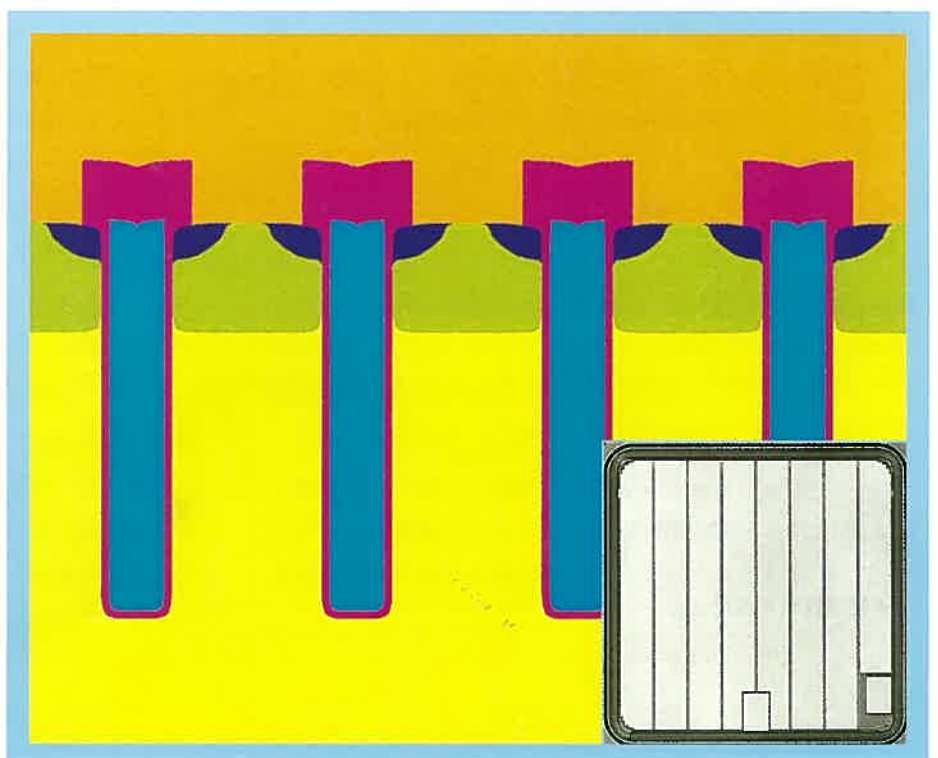
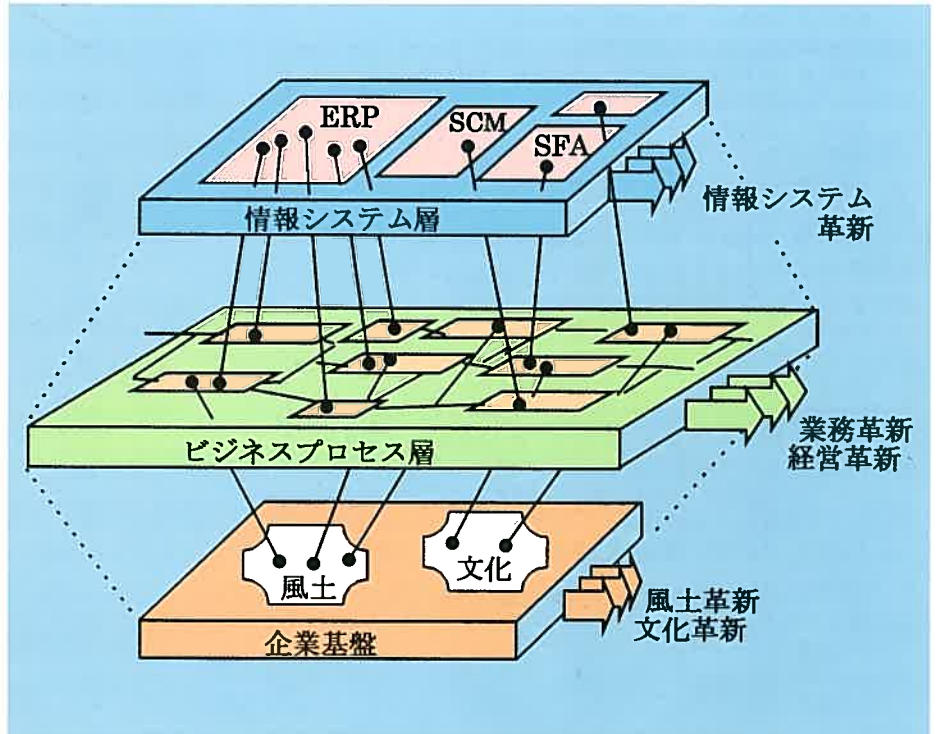
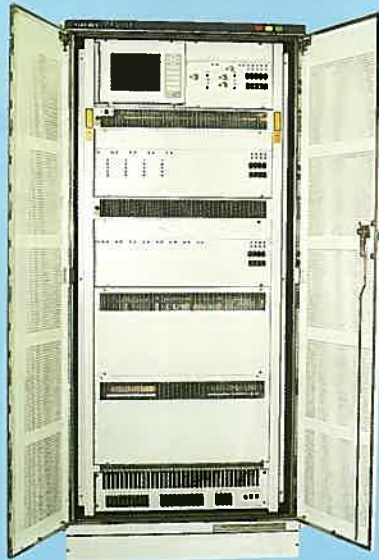
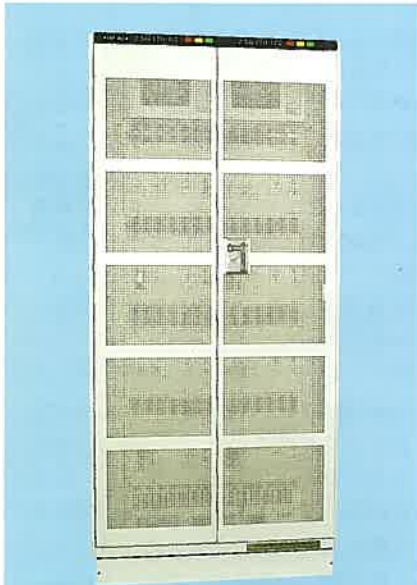


# MITSUBISHI

## 三菱電機技報 Vol.72 No.12

# '98 12

特集 “情報システム革新”  
“光海底ケーブルシステム”  
“パワーデバイス”



## 特集 “情報システム革新” “光海底ケーブルシステム” “パワーデバイス”

### 目次

#### 特集論文

##### 情報システム革新

企業の業績改善と革新的情報システム	1
小泉寿男	
情報システム革新の原点	2
大淵啓史・野村進二	
個産系生産管理システム革新事例	7
阿部 元・門脇浩二・橋本功衛・北條達也	
量産系生産管理システム革新事例	11
菊池正浩・藪下幹根・武藤秀吉・平河敏秋・池尻 宏	
海外システム革新事例	15
福味郁二・対馬寿世	
知財権統合情報システム“MIPAT”の革新事例	19
飯田俊之・熱田ミハル・亀 一夫・中川雅之・加藤嘉一・長山 馨	
販売システム革新事例	23
小坂直司・深堀秀一・吉田二郎・野村 裕・浦津多恵	
光海底ケーブルシステム	
世界をリーディングする国際光海底ケーブル	27
新納康彦	
光海底ケーブルシステムへの取組	28
北山忠善・手島邦夫	
光海底中継器及び海中分岐装置回路	32
仲川栄一・北垣俊一・熊安 敏・松下 究・本島邦明・十倉俊之	
2.5G 8波 波長多重光端局装置	36
下笠 清・水落隆司・尾崎陽二郎・武村伸之・大田 聡・溝口隆宏	
波長多重光海底ケーブルシステム用デバイス	41
本島邦明・久保和夫・渡辺弘光・金子進一・武本 彰・石村栄太郎	
パワーデバイス	
地球環境保護とパワーデバイス	47
原田耕介	
パワーデバイスの低ノイズ化の動向	48
山田富久	
1,200VトレンチIGBTモジュール	53
新井規由・田畑光晴・高橋英樹・平川 聡	
600V高耐圧接合分離技術によるPDP, 蛍光灯用HVIC	57
福永匡則・田中良和・吉村浩介・坂田浩司・折田昭一	
電気自動車用IPM	61
藤田 晃・吉田茂一・白澤敬昭・王丸武志	
高耐圧インテリジェントパワーモジュール	65
石井一史・木全政弘	
エアコン用アクティブフィルタIPM	69
大島征一・瀬尾 護・市村 徹・財前紀行・十河尚宏	

#### 特許と新案

「半導体装置」「光増幅装置」	74
「ゲートターンオフサイリスタの製造方法」	75

#### スポットライト

デジタル放送システム	46
1.3μm帯光ファイバ増幅器(PDFA)	(表3)
三菱電機技報72巻総目次	76

#### 表紙

##### 情報システムとビジネスプロセス (右上段)

ERPシステムの導入は、これが持っているビジネスプロセスをモデルとしてビジネスプロセスを革新し、これにより、経営革新・業務革新に結び付けることに意義が大きい。このようなビジネスプロセス革新は、それがよって立っている企業風土、組織文化の革新までも及んでくるものとなる。

##### 陸上波長多重光端局装置と光海底中継器 陸上波長多重光端局装置(写真左上段・中段)

波長多重技術により、最大20Gbps、12,000kmの伝送が可能である。

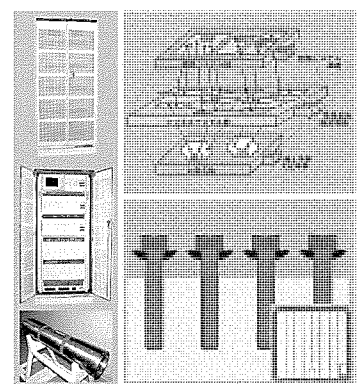
##### 光海底中継器(写真左下段)

大洋を横断するために、深度8,000mにも耐え得る構造となっている。最長12,000kmの大洋を20Gbps波長多重信号で伝送する性能を持っている。

三菱電機は、海底ケーブルシステムのトータルネットワーク機器サプライヤとして、今後の国際間ネットワーク整備に貢献していく。

##### 1,200VトレンチIGBTチップ(右下段)

“地球に優しい”を目指し、20%の低損失化を目指した1,200VトレンチIGBTチップとその断面をデバイスシミュレーションで表した。1μm幅で6~7μm深さのトレンチ(溝)にゲートを構成した。



## 企業の業績改善と革新的情報システム

昨今の企業を取り巻く経営環境の厳しさは長期化しており、製品競合力の強化、事業の選択と集中、グローバル化とともに、市場環境変化への俊敏な対応が求められている。総合電機メーカーにおいても、個別分野の製品力、事業力強化と各事業の独立性指向とともに、総合力をいかに発揮するかが重要課題と言える。

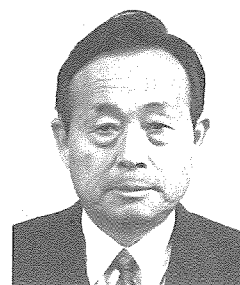
一方、情報技術の進展には目覚ましいものがある。各企業は、最新の情報技術を駆使した情報システムを構築し、経営活動のインフラとして業績改善に生かす努力に傾注しており、この成否は新たな企業格差を生む可能性を持つ。特に、製造業における製造・販売の活動を、一元化されたデータベースによって有機的に連携し、事業ユニットごとに受注から資材調達、生産、出荷までの一連プロセスをシームレスにカバーする情報システムが構築されれば、リードタイムの2分の1以下への短縮や、在庫の大幅圧縮などの革新的な業務改善が図れる基盤が出来上がる。

しかしながら、このような情報システムの構築には、従来長い開発期間とばく(莫)大な費用の発生が通常であった。最近、上記のような業務改善と革新的な情報システム構築に対して強力な武器として登場したのがERP(Enterprise Resource Planning: 経営資源計画)のコンセプトと手法であり、実際の情報システムを実現するソフトウェアがERPパッケージである。ERPのコンセプトは、米国のコンサルティング会社ガートナーグループが提唱したもので、企業の諸資源を有効に計画・管理し、受注から製造・出荷までの一連の基幹業務のプロセスを、会計を含めて支援する統合的情報システムである。既に欧米では5,000社以上の企業がERPを導入していると言われており、日本の企業でも急速に広まりつつあり、導入事例も数多く発表されている。

ERPは、情報システム部門のみの仕事ではなく、企業の

東京電機大学理工学部  
経営工学科

教授 小泉寿男



経営方針に基づく社内ユーザー部門の業務改善と情報システムの両輪の協調によって成否が決まる。情報システムの革新には、ERPパッケージによって事業ユニットごとに製・販一体の基幹系業務を構築することが基本であり、併せて部門の業務目的に対応して情報を加工し、意思決定のために活用する情報系システムの構築も必要である。さらに、ERPによって作られたデータをインターネット/イントラネットによって情報共有化し、社員一人一人が仕事の目標を明確に持ち、相互に必要な協同作業を行って創造的価値を生み出すような基盤作りも重要である。基幹系、情報系、インターネット/イントラネットを中心とした情報共有環境系の三つの系の融合は、企業内のコミュニケーションを活発化させ、価値創出の企業文化を醸成させる。

総合電機メーカーの強みは、それぞれの事業ユニットの強さが前提であるが、それとともに、複数の機種・システム、事業間の技術と事業戦略の融合にある。革新された情報システムは、これらの融合を効果的に支援し、新たな事業ユニットを創出する可能性を持つ。言わば、情報システムの革新が戦略的武器となり得る。企業の情報システム部門もその役割が変化していく時代がきている。企業内ユーザー部門からの要請に応じて、情報システムを計画・開発・運用・維持する伝統的なテクノロジーセンター的役割以外に、企業の経営企画を支援し、最新化した戦略的武器を用いたざん(斬)新たな業務改善案を事業部内へ提言する役割が求められている。

情報システムには、周到な計画と稼働実績から得られる課題のフィードバックが必ず(須)である。ERPのコンセプトに基づく革新的情報システムが数多く構築され、企業の業績改善への貢献実績が蓄積されていくことを期待する。

# 情報システム革新の原点

大淵啓史\*  
野村進二\*\*

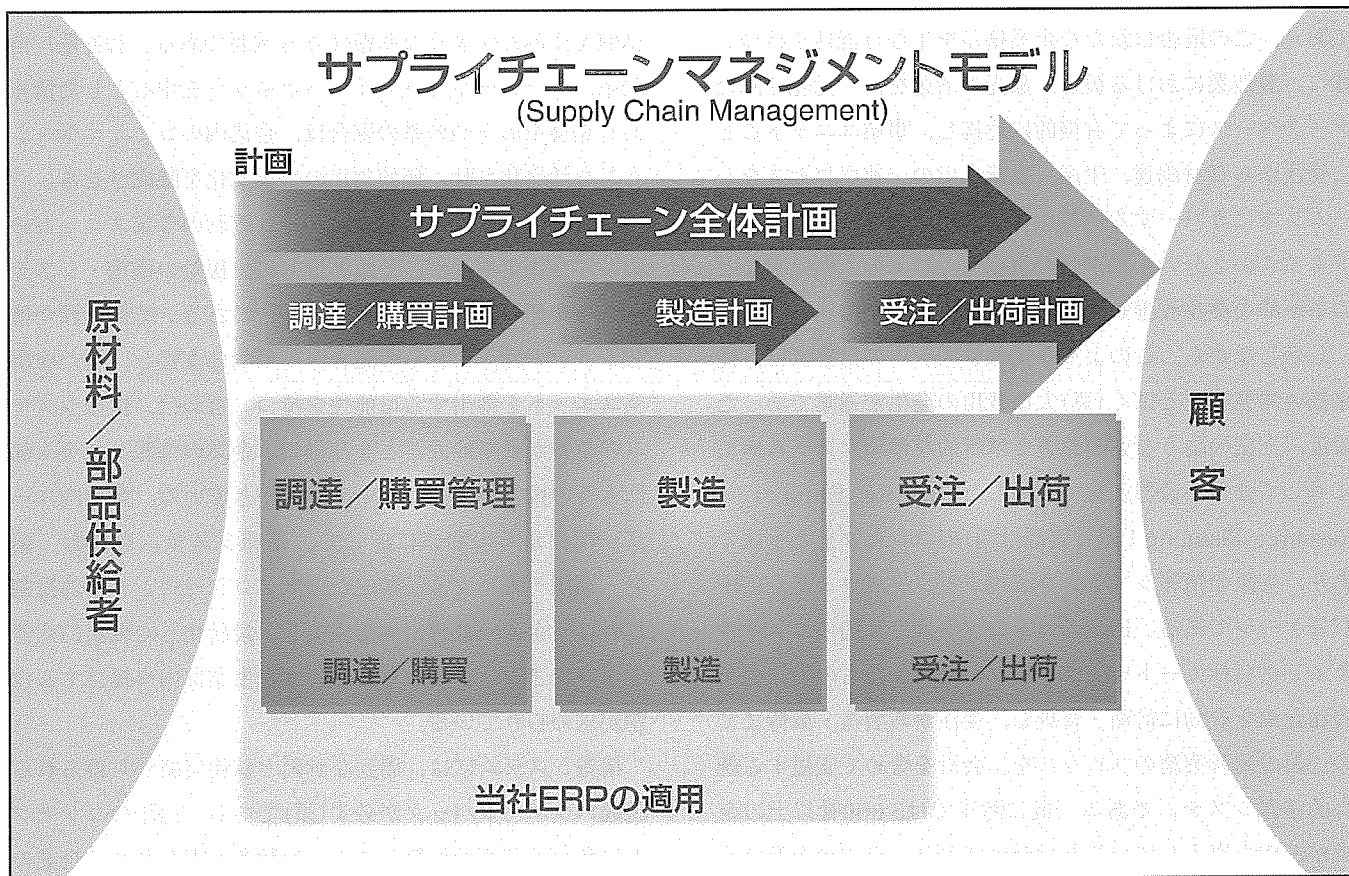
## 要旨

企業を取り巻く環境はますます厳しくなり、事業スピード、価格競争、納期などあらゆる面で優位性を保たなければこの競争に勝ち抜くことが難しい状況にある。その中で、各工場内だけの合理化活動も限界に近づいており、今後は、顧客と製造(工場)をいかに近づけるかがこの企業競争で勝ち抜くキーとなっている。

三菱電機は、情報システムを構成する各サブシステム及びデータベースの統合化とリアルタイム化を目指し、ERP(Enterprise Resource Planning)パッケージの活用を基本とした情報システム革新を1994年に開始した。その結果として、多数の国内・海外の工場、販社でのERPパッケージの導入を行ってきた。これにより、各工場全体でのリソースの最適化、経営データのリアルタイム化に大きく寄与してきた。

今後さらに、資材調達、製造、販売、物流、またこれらのプロセスに関係する関連会社を含めたサプライチェーン全体での最適化を目指した情報システム化に取り組んでいく必要がある。

ここ数年、同業他社では、抜本的な改革を行う上でのキーパーツに情報化装備を位置付け積極的に活動している状況にある。一方、情報システム化技術は昔のホスト中心型の利用技術から一転し、クライアント/サーバシステム利用技術、通信技術、インターネット/イントラネット利用技術などに急速に変化しつつあり、これらの先進技術を確実に取り込んでいく必要がある。この特集では、現在の情報システム革新状況を紹介するとともに、今後の情報システムの進むべき方向について述べる。



## サプライチェーンマネジメントによる全体最適化

ERPパッケージによるデータベースの統合化・リアルタイム化の次のステップとして、資材の調達、製造、受注/出荷、物流の各プロセス、及びこれらのプロセスに関係する関係会社も含めたサプライチェーン全体の最適化が、企業競争力強化のための最大のポイントとなっている。

## 1. ま え が き

近年のコンピュータのハードウェア、ソフトウェアの進歩は数年前に比較して驚くべきスピードで進展している。PCS(Punch Card System)が企業の中に取り入れられた1960年ごろ始ったIBM系計算機を中心としたメインフレームによる情報システムの進歩のスピードに比べ、そのスピードは驚くべきものがある。例えば、マイクロプロセッサの性能は5年で10倍の向上を続けており、この上で動作する各種のソフトウェアの発展も著しい。

これらをベースとしたUNIXやWindows NTサーバ、PCクライアントによるクライアント/サーバシステムでは、従来は成し遂げることでできなかった利用部門の使い方に比重を置いたシステムの定着化が確実に浸透しつつある。

また、これを支えているもう一つの技術は、LAN(Local Area Network)、WAN(Wide Area Network)、インターネットに代表される通信技術の発展である。

当社における情報化技術の流れを整理すると図1のようになり、それぞれの時代に対応した情報システムの構築を鋭意進めてきた。

しかし、企業を取り巻く経営環境は規制緩和、価格破壊などの影響でその厳しさを増しており、経営の意思決定の速度、経営環境の変化への素早い対応がますます要求されている。

図2に示すように、従来の情報システムでは、工場内の生産、仕掛り、在庫はデイリーで把握できても経営全体としての把握は依然として月次でしかできず、経営環境の変化に素早く対応できる情報システムとなっていなかった。また、従来型システムでは、部門・工場内の最適化システムを目指す、その開発規模の大きさ、開発の期間の長さ(2~3年)などにより、情報の一元化、製・販一体型システムという要素が欠けていた。また、情報システム費用も年々高額となっていた。すなわち、経営課題に対して十分な対応ができていなかったと言える。

このために、これら経営課題にこたえるため、最新の情

	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000年代
市場	揺らぐ(藍)期	高度成長期	成熟期 国際化	個性化・大競争	国際協調
生産管理	量指向	効率指向			
生産方式	少品種大量	多品種少量	フレキシブル生産		
生産計画	月間確定注文+間受注方式デイリー受注				
情報システム	事務のEDP化				
	トータルシステム化				
	オンライン化				
	オープン化				
	ネットワーク化				

図1. 当社における情報化技術の流れ

報化技術を駆使した根本的な情報システム再構築を'94年に開始することとなった。このときの主なねらいは下記のものであった。

- 受注から出荷までのターンアラウンドの短縮に効果が発揮できる製・販一体型の統合されたシステム構築
- 海外展開を前提としたグローバル展開が可能なシステム構築
- 最新情報技術の取り込みができるオープン環境下でのシステム構築

## 2. 情報システム革新への取組

上記を受けて、情報システムの革新への取組を開始した。世の中の最新情報技術を参考にしながら様々な検討を行った結果、基幹系情報システムの構築にはERPパッケージを全面的に活用し、この周りに統合されたデータを活用する情報系システムの構築を行うこと、パッケージの活用ができない領域に対しては統合CASEとオブジェクト指向技術を活用していくことの結論に達した。

### 2.1 ERPパッケージの活用

#### (1) ERPパッケージ活用の必然性

企業の各業務を横断し統合化する新しい情報システムの構築をこれまでのように手作りで行うことは不可能に近く、このようなシステムの構築には、統合化された業務アプリケーションを提供してくれるERPパッケージを利用することが必ず(須)となる。また、これによって下記のことが実現可能となる。

- パッケージの持っている最適なビジネスプロセス(ベストプラクティス)によるBPR(Business Process Reengineering)の推進
- 個別最適(工場内部門ごとに閉じた合理化を目的とした情報システム化)から全体最適への移行
- 最新情報化技術の素早い取り込み

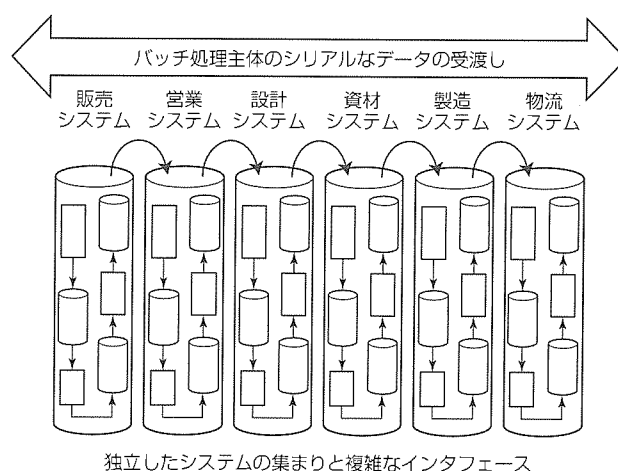


図2. 従来の情報システム例

- システム構築期間の短縮と構築費用の低減
- 組織の変更，機能の変更への柔軟な対応
- 国内外のシステムの統一化
- 海外(現地)での情報システム保守の容易化

’94年当時日本国内で発売されていたERPパッケージ約10社の説明書(カタログ)を取り寄せ，当社として取り扱うデータ量，処理量，情報化技術の取り込み状況などの面から3社に絞り，最終的に世界最大の販売実績と開発・保守体制が最も整っていたSAP社のR/3パッケージの選定を行った。その選定のポイントは下記のものである。

- 業務の統合化：調査したものの中では最も統合化が徹底していたこと。
- グローバル展開：多国籍対応であるとともに，端末からの指定で利用言語を切り換えることができること。
- 多機能：多数の業務，生産形態への対応が可能であること。
- スケーラビリティ：三層モデル(DBサーバ，アプリケーションサーバ，クライアント)構造によって高いスケーラビリティを持っていること。
- 開発環境：企業リポジトリの構築が可能であるとともに，生産性の高い開発環境を提供していること。

さらに，パッケージが提供する機能では不十分な場合には，そのほかに，オブジェクト指向技術や統合CASEによる手作りソフトウェアと組み合わせて対応する方向を選び，企業活動に必要な全体システム構築を提唱した。この新しいシステムのイメージを図3に示す。

### 2.2 オブジェクト指向ツールと統合CASEの選択

パッケージでは対応できない領域の業務に対してのオブジェクト指向ツールではVisual Works(開発言語はSmall Talk)，統合CASEの選択ではComposerの選択を行った。これにより，オブジェクト指向技術による部品化の推進，

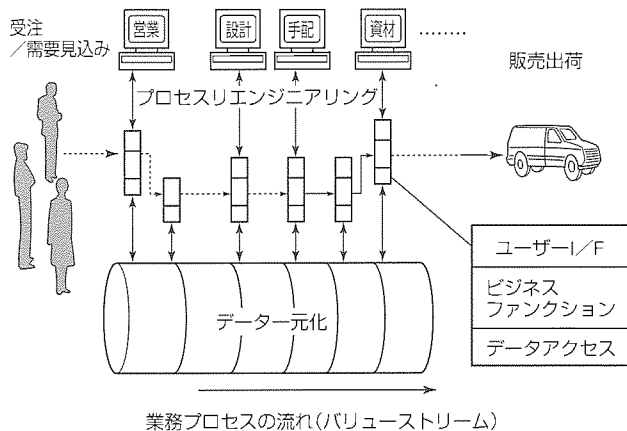


図3. 新情報システムのイメージ

機能のカプセル化による機能変更容易性をねらった。また，統合CASEの持つIE(Information Engineering)技術により，データモデルと一体化したプロセスの部品化を推進した。

### 2.3 目標とする情報システム

事業経営をする上で，受注(商談)時に納期・利益確定の見通しを明確とするシステムがあれば強力な武器となる。これを支えるのが製・販一体化されたシームレスな情報システムと言える。例えば，短納期受注した際のCPM(Critical Path Method)は何か，利益確保が難しい場合の原低項目は何か等の経営情報をリアルタイムに提供し，的確な経営判断につなげることを容易にかつ即支援することがポイントである。

## 3. 情報システム革新の展開

### 3.1 R/3適用の基本的考え方

R/3を適用するに当たって当社の基本方針を下記のように設定した。

- (1) ビジネスユニットタイプごとのテンプレートの開発とこれの横展開

当社は総合電機メーカーであるため，ビジネスユニット(Business Unit: BU)対応に生産方式が大別されており，個別のBUごとにERPパッケージの適用を行うと100BUのカスタマイズ作業が発生し，パッケージ適用のメリットを減少させる。このため，生産方式を表1に示すように七つに集約して情報システム化の幹を7種類準備し，工場特有の枝葉は個々のBUごとに対応する方式とした。この幹を当社ではテンプレートと呼んだ。

具体的には，テンプレートとは，それぞれの生産形態に対応しカスタマイズ(パラメータの設定)されたR/3パッケージそのものと，不足機能追加のために作成したアドオンプログラム及びドキュメントの集合体である。

また，テンプレートの開発に対しては，そのBUでの最初のプロジェクトをモデルプロジェクトとし，このプロジェクトの開発を通じて行う方式とした。テンプレートを開発するにはそれ相当の開発負荷と開発期間を必要とするが，いったんテンプレートが出来上がると横展開と呼んでこのテンプレートをベースにシステムの構築を行い，追加/変更は基本的にはその工場特有機能の取り込みのみとなり生

表1. BU一覧表

タイプ		名称	BU数
A	個産系	繰返し個別生産	2
B		個別設計個別生産	47
C	量産系	単一ライン	14
D		複数ラインメカ部品	9
E		複数ライン電子部品	8
F		季節製品系	14
G	装置系	装置系	6

産性が倍増すると考えた。

当社のBUの分類は表1のとおりである。

(2) 新設工場、海外工場、海外販社への適用

従来からの仕事のやり方にこだわる必要のない国内の新設工場、海外の工場、販売会社等には、極力新規の機能を追加することなくR/3の展開を行うことを基本方針とした。

(3) 開発支援体制

'94年に、従来全社一つの組織であった情報システム本部を発展的に解消し、各工場での情報システム部門と、本社機能としての情報システム技術センターに分離を行った。工場の情報システム部門は、システム構築よりも事業に密着した立場で情報システムをいかに活用していくかが主要な役割として設定された。

一方、情報システム技術センターは、先進情報技術の全社展開と、本社の情報システム部門という位置付けがなされた。そのため、先進情報技術の展開として下記の施策を展開した。

(a) オープンシステム開発センターの運営

情報システム技術センター内にサーバの設置を行い、R/3、統合CASE、オブジェクト指向ツールの開発環境の設置を行い、全社のシステム開発部門に対して開発環境の提供を行った。例えば各工場でR/3を活用したシステム開発を行う場合には、開発センターに申請を行うことにより、各工場のクライアントから直ちに利用可能とした。また、各工場での実稼働システムは各工場に稼働環境を用意するが、これらのオープンシステム環境の設定と運営環境の設定に対しても支援を行った。

(b) SWAT(Specialist With Advanced Tool)の派遣

各工場でR/3を活用したシステムを構築するに当たって、R/3のノウハウが重要な要件となる。情報システム技術センターでは、パッケージのカスタマイズの技術と運用ノウハウを持った要員の育成を行い、各工場でのシステム構築を支援する方式とした。R/3という特

別な技術を持ったSWATの派遣である。これを通じて、各工場の情報システム部門へのノウハウの展開も図った。

また、各工場から選出された情報システム要員を一時的に情報システム技術センターに転任させ、SWAT要員として育成した後に各工場へ戻す方策も行った。

3.2 開発方式

パッケージを活用することのもう一つの利点は、従来のホスト時代のウォータフォール型開発方式に対して、プロトタイピングの方式が採れることである。この開発方式を図4に示す。この図では、当初テンプレートをベースとしたプロトタイプを動作させ、利用者と開発者が協同でJAD(Joint Application Design)を行うことによってシステムの仕様を詰めていく方式を示している。これにより、従来よりもはるかに効率良くシステム仕様の決定を行うことが可能となった。また、実際に動作しているシステムをベースに仕様の打合せを行うことにより、ドキュメントベースのシステム仕様の打合せよりもより確実な仕様決定が可能となった。

4. ERPパッケージの適用効果と反省

4.1 ERPパッケージの展開状況とその効果

全BUのうち既に1/4以上にR/3の適用をしており、今年度中には約半分のBUに適用の見込みである。また社外についても、国内関係会社・海外関係会社を含め20社程度への展開が完了している。これらのシステムにおけるERPパッケージ活用の効果は下記のものである。

- 情報の一元管理による受注から出荷までのターンアラウンドの短縮
- 経営データのリアルタイム化による経営判断の迅速化
- 情報の精度向上(部品等の現物と情報の一致など)による製造間接人員の削減
- リードタイム短縮、製造負荷平準化による受注対応生産力の強化

4.2 テンプレートの適用による効果

表2に国内工場でのR/3のテンプレート適用による効果を示す。この表で分かるように、各プロジェクト共に従来のCOBOLの生産性に対して高い生産性を示しており、パッケージ適用の効果がでている。また、モデルプロジェクトでは、テンプレートの開発を行っているためにそれ相当の開発期間がかかっているが、このテンプレートの横展開では、開発期間短縮の効果がでている。この表において、①の情報機器工場は、当社として初めての生産タイプAのテンプレート開発で、16か月の期間を要している。しかしこれのAV機器工場への横展開では、7か月に短縮できているとともに生産性も向上している。また、①のテンプレートをベースとした生産タイプBのテンプレート開発は13

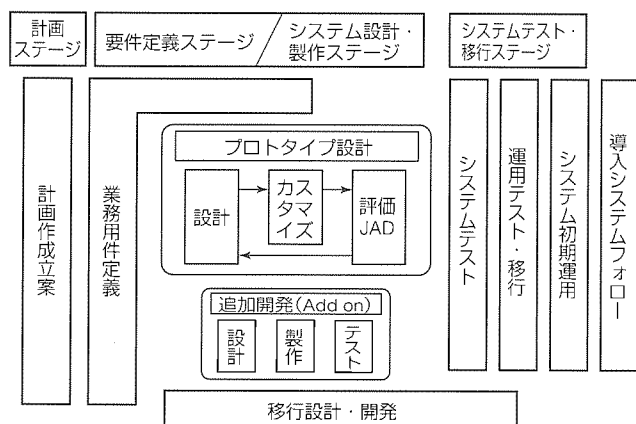


図4. パッケージをベースとしたJAD方式

表2. テンプレート適用の効果

生産形態 (業務)	開発区分	プロジェクト	開発期間	生産性(従来の COBOL比)
タイプB (営業)	モデル	産業システム製品 工場1	12か月	6倍
	横展開	産業システム製品 工場2	8か月	9倍
タイプA (生産管理)	モデル	①情報機器工場	16か月	4倍
	横展開	AV機器工場	7か月	32倍
タイプB (生産管理)	モデル/ 横展開	②産業システム製 品工場 資材	13か月	6倍
タイプC (生産管理)	モデル	③FA機器工場1	16か月	5倍
	横展開	FA機器工場2	6か月	15倍

か月に短縮している。次に③FA機器工場1では、開発期間に16か月を要しているが、これは初めてWindows NTをOSとして採用したシステムであり、Windows NT関連の障害によってシステムテスト期間が7か月にもわたったためである。しかし、これの横展開であるFA機器工場2では開発期間を6か月に短縮している。

#### 4.3 パッケージ適用の反省点

一方、パッケージ活用に対する当初計画に対する反省点は次のとおりである。

- ERPパッケージが持っているベストプラクティスの活用までに至らなかったこと。
- 海外販社・工場への支援が国内の支援ほど十分ではなかったこと。
- パッケージのバージョンアップは、それ相当の工数が必要とされるため、これを当初から計画に組み込んでおく必要があること。

#### 5. 今後の課題

激しく変化する経営環境、情報化技術に遅滞なく対応していくことが要求されているが、その中で、今後の課題は次のものである。

##### (1) インターネット/イントラネットの活用

(注) “SAP” “R/3”は、SAP Aktiengesellschaftの商標である。その他の会社名、製品名はそれぞれの登録商標又は商標である。

’94年以降急速に発展を遂げた情報化技術の一つにインターネット利用技術(WWW技術)がある。近年はこのWWW技術を中核とした各種情報サービスが続々と発表され、WWWを中心にすべての情報を公開し集約化する傾向にある。R/3で構築したシステムもインターネット/イントラネットによる情報共有/活用を早期に実現させる必要がある。

##### (2) SCM(Supply Chain Management)の実現

米国企業では、既に工場(企業)内のERPシステム化は完了し、受注オーダーをいち早く製作オーダーへつなげ、かつ製品の配送までも組み込んだ全体システム構築(SCM)の動きがある。当社も、早く工場内の情報システム革新を完了させ、SCM化を図り、情報システムを経営の武器にした事業活動へ転換することが急務である。

##### (3) 国内外システム統一化の推進

従来は、海外工場進出の際の情報システム化は、その都度各事業部又は工場が個々に対応してきた。今後、新しい利用技術を活用した情報システムの再構築に向けて、全体システムを考慮し、国内外システム統一化を図るとともに、海外(現地)での情報システム保守・運営の容易化、情報システムのメンテナンスビリティの向上を図ることが必要である。

#### 6. むすび

’90年代初め品質・価格で世界を制覇した日本製品が、ここにきて、米国の情報化技術に裏付けされたビジネス展開に押されている。これに対応するために、当社の情報システムは、ERPパッケージの活用を基本とした情報システム革新を開始し、各工場全体でのリソースの最適化、経営データのリアルタイム化に大きく寄与してきた。今後更に米国に遅れを取らぬよう、サプライチェーン全体の最適化を目指し、いち早くSCM化を実現しなければならない。この導入とともに、これらに素早く対応できるように情報システム要員の先鋭化を図ることが肝要と考える。



# 個産系生産管理システム革新事例

阿部 元\* 北條達也\*\*  
門脇浩二\*  
橋本功衛\*\*

## 要 旨

三菱電機の“情報システム革新”のモデルプロジェクトである“郡山製作所情報機システムBPRプロジェクト”は、1996年7月に稼働を開始した。

郡山製作所情報機部では、生産人員は増員せずに大幅な生産増を計画しており、SAP社のR/3のリアルタイム性を利用した工期短縮と計算機費用削減をねらって新システムの構築を行った。生産形態は個産系であり、これを支援する機能を持つR/3による開発を選択した。

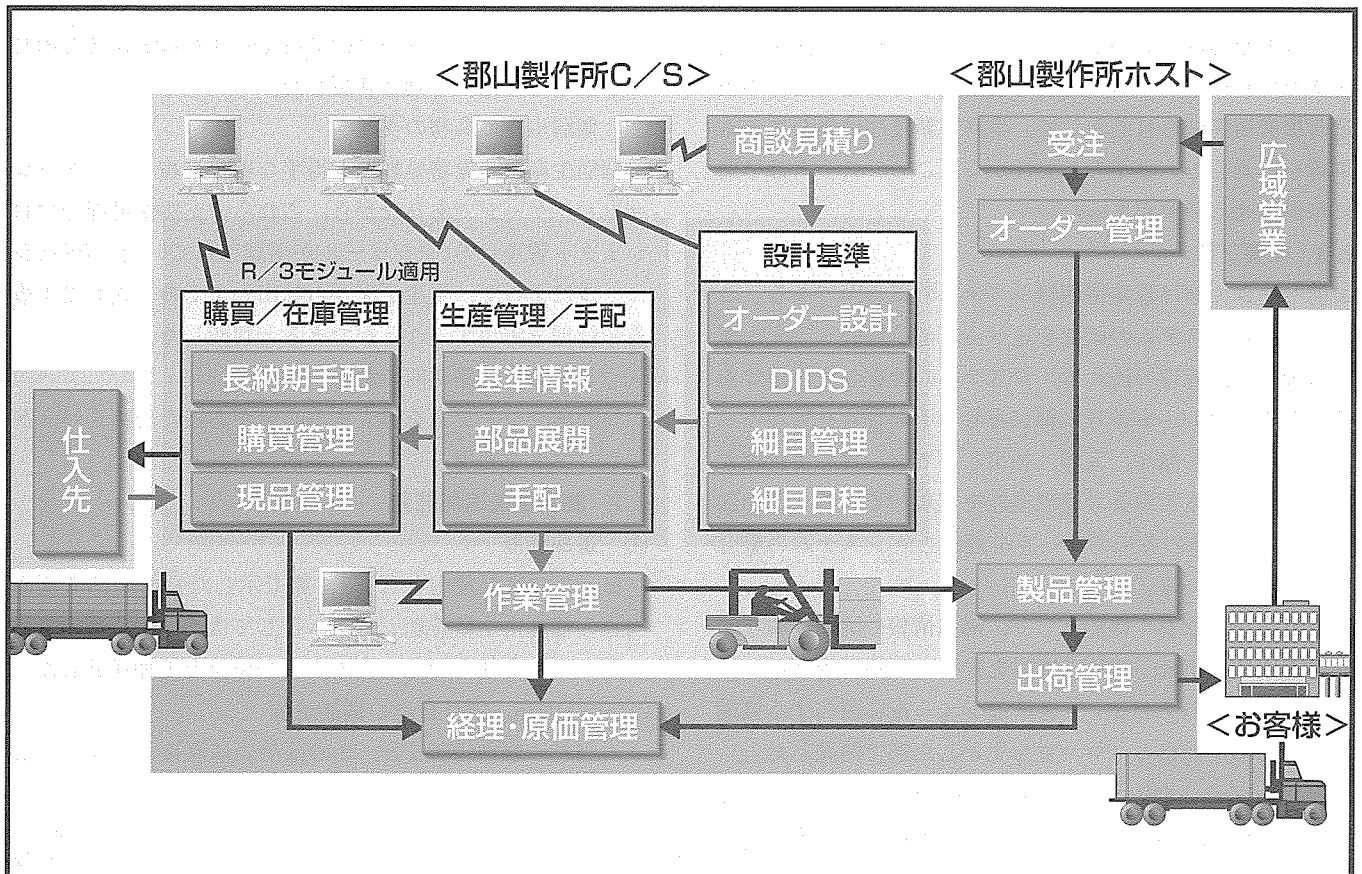
R/3の機能をコアとして生産管理/手配、購買/在庫管理のシステムを構築し、不足する設計基準情報管理(Direct Input Drawing System : DIDS)などの機能を追加開発した。機能追加に当たっては、画面統合、独自項目追加、外部システムインタフェース作成、帳票作成などのア

ドオン方式を採用した。

オープンシステム開発環境としてR/3を見た場合、ネットワークやDBなどの組合せが原因となるトラブルについては、R/3のベースがカバーするため、開発者が意識する必要はない。また、R/3の提供するリポジリーも開発環境としてはかなり強力であり、開発生産性の向上に有効である。さらに、パソコンへのデータのダウンロードも容易に実行できるため、表計算ソフトなどと連携させて情報を有効に活用できる。

計算機費用の削減や生産増への対応など、当初目標の効果がでている。本番環境稼働後のバージョンアップ、R/3が提供する情報系ツールの有効活用が今後の課題である。

(注) “SAP”“R/3”は、SAP Aktiengesellschaftの登録商標である。



## 郡山製作所情報機システム概念図

R/3のPS(プロジェクト管理)/PP(生産計画/管理)/MM(在庫/購買管理)のモジュールをコアとして利用して、生産管理/手配、購買/在庫管理のシステムを構築し、商談管理、設計基準、作業管理の各サブシステムを追加開発した。営業/經理についてはインタフェースシステムを開発して既存システムを活用した。

## 1. ま え が き

郡山製作所情報機システムBPRプロジェクト(以下“郡電プロジェクト”という。)は、当社の情報システム革新の個産系生産管理システムのモデルプロジェクトとして推進され、1996年7月に稼働開始した。情報システム革新を推進する上での全社的な方針として、SAP社のR/3の採用が決定していた。

本稿では、個産系生産管理システム構築において明らかになった、プロジェクト推進上考慮すべき事項、パッケージソフトの優位性、今後の課題などについて述べる。

## 2. プロジェクトの概要

### 2.1 郡山製作所の概況

郡山製作所(以下“郡電”という。)の生産機種は、監視用画像装置(カメラ、モニタ、画像伝送装置、コントローラなど)、テレビ会議システム、自動車用後方確認カメラ装置などである。今回システム化の対象とした郡電情報機の生産形態は、統合業務アプリケーションパッケージが不得手な“繰返し個別生産”タイプである。

### 2.2 プロジェクトの目的

プロジェクト開始当時、郡電では人員は増員せずに大幅な生産増を実現する必要があった。そのため、受注から出荷までのリードタイムの短縮と価格競争力強化のための製造間接費用削減を目的として、業務革新及び情報システム革新を計画した。事業の必要性から、このシステムは早期に稼働させる必要があった。

### 2.3 概要フロー

前ページの図は郡電情報機システムの概念図である。これに沿ってシステムの概要を述べる。部品展開～手配～購買管理～現品管理の流れは、システムの幹をなす部分である。ここでは、工事番号・細目番号・手配番号を管理キーに、生産手配～発注、入着、払出しまでを一貫して管理することができる工事番号管理機能を実現している。この部分はR/3標準の各モジュールを適用し、システムの整合性を維持している。

これらを取り巻く機能として、部品情報や図面情報などを管理するDIDS、細目表情報を管理する細目管理などを追加した。これらはR/3標準モジュールに該当する機能がないため、独自のノウハウを生かした形で開発した。

経理システムは、ホスト側の全社経理システムCAPITALを利用しているため、現品管理からデータをインタフェースする仕組みを用意している。

### 2.4 開発スケジュール

郡電プロジェクトは、'95年5月に着手し、'96年7月初旬からデータ移行及びユーザートレーニングを実施して、同7月下旬に稼働開始した。スケジュールの詳細は図1に

示すとおりである。

### 2.5 開発体制

郡電プロジェクトは、当社側11名、SAP社8名(ドイツ人技術者3名を含む。)、協力会社4名の計23名の体制で開発を行った。

### 2.6 映像情報システム統括部映像情報システム製造部への展開

映像情報システムセンター映像情報システム統括部映像情報システム製造部(以下“映シ製”という。)では、郡電情報機と同様の生産形態を採っているため、先に導入した郡電情報機システムをベースにしたシステム構築を行った。これによって短期間・低コストでのシステム構築を行うことができた。開発体制は計5名、導入までの期間は8か月である('96/9着手、'97/4稼働)。

## 3. R/3適用時の考慮点

### 3.1 R/3の選択理由

プロジェクトの目的を達成するための手段としてR/3を選択した主な理由について述べる。

#### (1) 情報のリアルタイム性

R/3では、統合化された品質の高いデータベースによって情報を共有し、その情報がリアルタイムに処理される。この点でプロジェクトの目的である受注から出荷までのリードタイム短縮に有効と判断した。

#### (2) 個別生産型業務の支援

個別生産型の業務処理が不得手な統合業務アプリケーションパッケージでありながら、これらの支援が可能なプロジェクト管理(PS)モジュールが用意されていた。PSモジュールによって、生産手配から払出しまでの一貫した工事番号管理を実現することができると判断した。

#### (3) システム構築期間の制約

短期間でシステムを導入する必要があったため、パッケージソフトを利用してシステム構築を行った。

### 3.2 独自機能追加開発

#### (1) 追加機能

R/3の選択理由として3.1節で示した長所がある反面、当社の個産系生産管理システムとしては不足する機能もあった。これを補うため、次のような機能を追加開発した。

#### (a) DIDS、細目管理の機能追加

当社の図面情報をR/3の部品表に直接入力すること

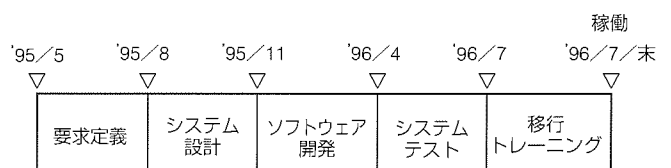


図1. 郡電プロジェクトのスケジュール

は困難であった。そこで、図面情報をそのままのイメージで入力できるDIDSの機能を追加し、作成された図面情報をR/3の部品表にインタフェースできるようにした。また、業務上細目の自動展開機能が必要であったため、細目管理機能を追加した。

#### (b) 工事番号・細目番号単位の部品展開

R/3では1レベルと末端までの二通りの部品展開しかできなかったが、二重手配を抑制する必要があったため、展開中、子細目の部品が現われた場合には展開をストップする機能を追加した。

#### (c) 工事番号・細目番号・手配連番による部品手配

工事番号・細目番号・手配連番ごとに所要を生成し、これに対して部品手配を行う機能を追加した。臨注品は工事番号にひも(紐)付けて臨倉品(臨注残品)の引き当て後に購買依頼を自動生成し、倉庫品は工事番号と関係なく定期的にMRPを実行することにより、部品ごとに所要と在庫のバランスを保つようにしている。

#### (d) 概算単価発注、受入れ単価訂正

R/3では、日本で一般的に行われている下請取引先以外に対する“概算単価発注”や“納入後の単価変更”に対応していなかったため、これらの機能を追加した。

### (2) アドオン方式

機能追加のほかに次のようなアドオンを行うことにより、当社で運用可能なシステムを実現した。

#### (a) 画面統合

R/3のオンライン画面は、機能や表示するデータ項目の種類によって複数の画面に分割されている。しかし、使用頻度の高い画面では業務的にできるだけ1画面で1処理を済ませるようにしたい、又は1画面で複数のデータを処理したいという要求が大きかったため、特別な業務処理用画面を用意して業務処理の効率化を図った。これらの統合画面に入力されたデータをR/3の標準テーブルに登録する場合には、後述するバッチインプットという技術を利用している。

#### (b) 独自項目追加

旧システムで使用しているデータ項目のうち必要不可欠でどうしてもR/3のデータベース上に保持できない項目については、次のような方法で独自項目として定義した。

##### (i) ユーザー定義項目

R/3には、ユーザーが自由に定義できる項目が、主要なテーブルにあらかじめ用意されている。追加項目が少数でありけた数も用意されている項目長の範囲内であるものについては、この方式を採用した。

##### (ii) 独自テーブル

標準テーブルにユーザー定義項目が用意されなかったり項目数が多い場合には、独自テーブルを定義

している。自由度は高いが独自項目を参照する業務処理については追加プログラムを作成している。また、独自テーブルを物理的に標準テーブルの追加項目として定義するAPPEND構造の機能も用意されている。

#### (c) 外部システムインタフェース

前述したとおり、経理システムは、既存のCAPITALを利用しているため、R/3からホストに対して計上データをインタフェースする仕組みを用意した。R/3側の独自プログラムでは、R/3標準の入出庫情報を参照して計上データを作成している。作成した計上データは、情報システム技術センターで開発したコード変換ツールによってEUCからEBCDICへのコード変換を行い、当社製異機種間連携ソフトを利用してホスト側に転送している。

#### (d) 帳票

R/3で用意されている多くの標準帳票や、R/3開発環境の開発言語ABAP/4のプログラミングの範囲で作成可能な帳票では、項目の配置、過不足、フォント、けい(罫)線などの点で要件を充足することができなかった。そのため、取引先との関係などからどうしても従来のフォームを踏襲しなければならない帳票で、罫線や特別なフォントを使用するものについては、SAP社から別途提供されているSAP scriptによって開発を行った。SAP scriptでは、多彩なフォント、罫線のほか、バーコードの印字が可能である。郡電では、バーコードを印字した帳票からデータをバーコードリーダーで読み込ませて、納入/検査報告の業務を行っている。

### 3.3 R/3のシステム開発上の優位点

#### (1) オープン環境としてのR/3

R/3では、ベースと呼ばれる部分でハードウェア、OS、DBMSなど各種プラットフォームの違いを吸収してくれる。動作保証する製品間の組合せについても、パターンを明示しているため、バージョンの食い違いによる問題も発生しにくい。また、アプリケーション開発の面からは、ベースレベルの開発を行う必要がないので、全くの手作りによるシステムと比較して品質が向上している。

#### (2) 開発環境としてのR/3

R/3では、使用するプログラムや画面情報、関連するデータ定義などすべてのデータは、リポジトリで一元的に管理されている。そのため、任意のデータ定義を参照している使用先プログラムオブジェクトや、プログラムの使用個所など、リファレンス情報を簡単に検索することができる。

また、開発したオブジェクトを開発環境から実機へ移行する場合など、異なるR/3システムやクライアントへのオブジェクトの移行をサポートする仕組みとして、移送システムが用意されている。移送システムは、整合性を保ち

ながら移行先の環境にオブジェクトをインポートすることができる。

運用・保守の面では、データベース保守作業をサポートするための豊富な機能が用意されている。システム導入後の運用段階では、データベース状態の監視、テーブルスペースの拡張や再編成などの保守業務が発生する。これらの作業は、使用しているデータベースのユーティリティ機能だけでは専門的な知識と熟練を要するが、R/3で提供されるSAPDBAと呼ばれるツール(OSレベルで実行するメニュー形式のプログラム)を使用して、複雑な保守作業をより簡単に行うことができる。また、R/3の標準機能にもデータベースの監視をビジュアルに支援してくれるツールが提供されている。これらの機能によって、複雑なデータベースの保守作業が簡単で安全確実にできる。

#### (3) バッチインプット

バッチインプットとは、ABAP/4のプログラミングによって、オンライン画面に対するデータ入力と同じ操作を行うことでデータベースを更新していく方式である。R/3の標準データベースは、それぞれが非常に密接に連携しあっているため、直接データベースを更新するのは整合性を保つ上で非常に危険である。そこで、R/3でデータ更新を自動化する手法として提供されているのがバッチインプットである。画面統合や独自テーブルの追加は、この機能を利用することによって安全に行うことができる。

#### (4) R/3の情報活用

様々な検索機能(標準の機能だけでなく、独自の仕様で開発したプログラムも可能)で抽出した情報を、簡単にパソコンのテキストファイルにダウンロードすることができる。ダウンロードした情報は、Excelなどのパソコン上のツールによって、ユーザーが自由に加工して利用することができる。R/3によってシステムを構築する際、これらの機能を利用することで開発コストを抑制することができる。

また、SAP社が提供するリモートファンクションコールアプリケーションインタフェース(RFC-API)によってR/3と外部プログラムを連携することができる。個産系生産管理システムでは、R/3とExcelを連携させた機能として、電子メールとExcelからの発注残情報抽出リクエスト、回答納期更新リクエストにより、納期フォローと回答納期更新の業務処理を取引先との電子的なやり取りで実現するための枠組みを提供している。

### 3.4 システム構築時の発生課題

#### (1) 性能

当初部品情報の独自項目については、品目マスタの“分類”機能を利用して開発を進めていたが、分類を使うと十分なパフォーマンスが得られないことが判明した。そこで、分類の利用をやめて、部品情報追加項目用の独自テーブルを新設することにした。これによって、既に作成されていた部品情報の独自項目を参照するロジックが含まれているプログラムのすべてを改修することになった。

次に、一部のオンライン処理でバッチインプットや独自テーブル更新、帳票制御などの処理を行う必要があり、その結果、満足できるパフォーマンスが得られなくなってしまった。そこで、オンラインではリクエストのみを受け付けるようにして、コアとなる処理はバックグラウンドジョブとして処理させることにした。これによって見掛け上の性能を向上させ、実用に耐えるパフォーマンスを確保することができた。

#### (2) 適用バージョン

郡電システムでは、システム構築の過程でR/3環境を二度バージョンアップしなければならなかった。特に二度目は、稼働開始予定の一か月前に、品質面の問題から当時使用していた3.0Bを3.0Cへバージョンアップしてほしい旨SAP社から申し入れがあったため、急きょ(遽)バージョンアップを余儀なくされた。これによって、3.0Cに対応するためのプログラム改修を行わなければならなかった。また、既にシステムテストが完了していた機能について、再度テストを行う二度手間が発生した。

## 4. むすび

郡電プロジェクトの効果として、旧システムと比較してEDP費用削減を図ることができたこと、また、生産体制を増強することなく計画どおりの生産高アップを実現できたことが挙げられる。

個産系生産管理システムの今後の課題は、第一に、R/3は継続的にバージョンアップを行うため適切な時期に新バージョンへのバージョンアップを実施する必要がある。

第二に、R/3標準情報系の活用に関して、単なる情報検索にとどまらず、必要なアクションを導き出すためのデータ、又は分析のノウハウを蓄積し、個産系生産管理システムの品ぞろえの一つとして提供できるようにすることである。

# 量産系生産管理システム革新事例

菊池正浩\* 平河敏秋\*  
 藪下幹根\*\* 池尻 宏\*  
 武藤秀吉\*\*

## 要 旨

三菱電機名古屋製作所では、顧客要求への対応力向上を目指し、需要変動への即応力強化、総合リードタイム短縮による柔軟な生産体制を強化中である。そのためには情報システムの革新が必ず(須)であり、1995年から強力に推進中である。

中でもNCシステム部生産管理システムは当社量産系生産管理システムのモデルでもあり、同所では、当該システムを基に他製造部へ積極的な横展開を行っている。

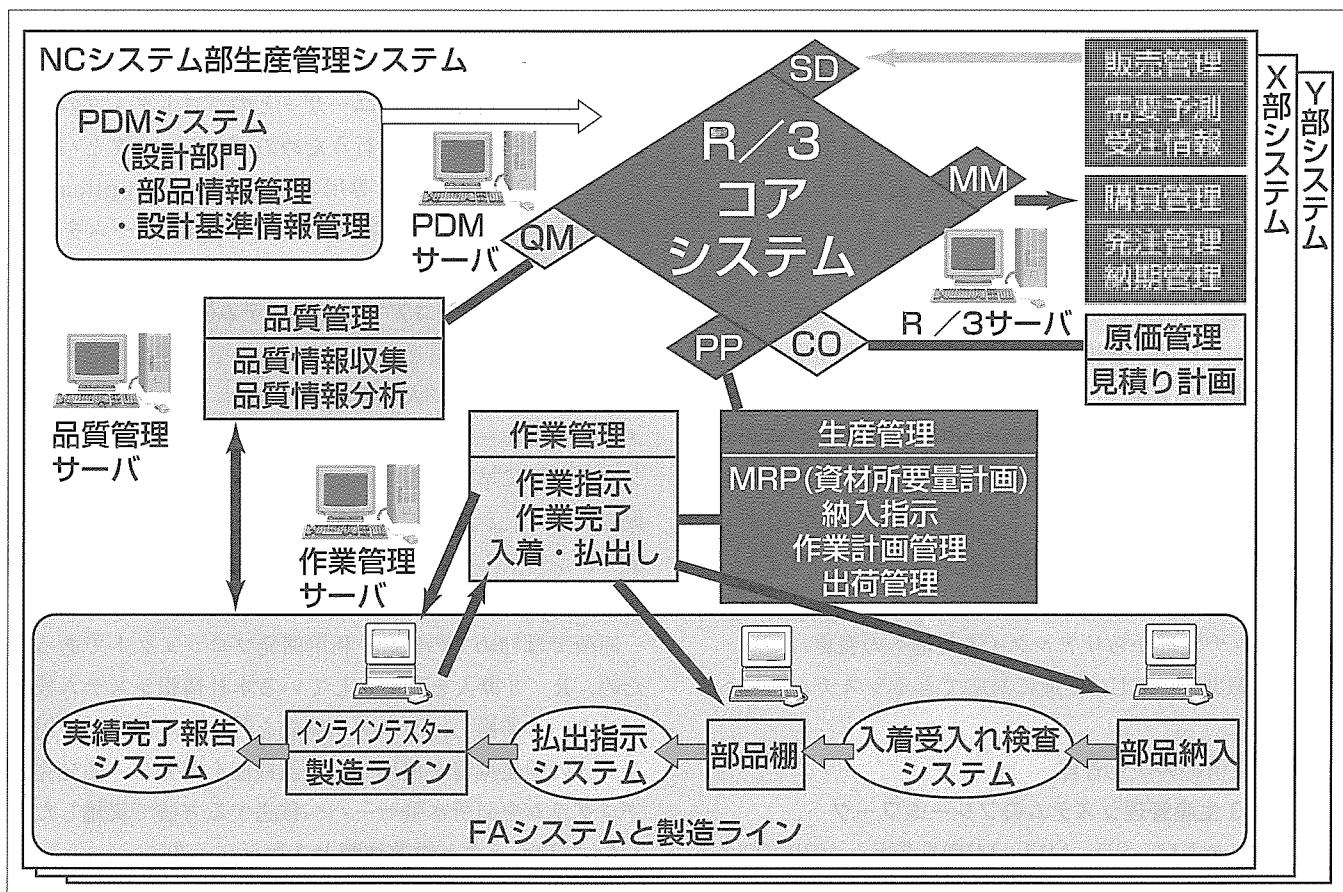
情報システム革新のポイントは、受注から出荷に至る情報処理リードタイムの短縮化、そのための情報統合化とリアルタイム処理機能の強化、EUC(End User Computing)推進による経営情報活用機能強化である。それらを支える先進的なオープンシステムは、統合業務パッケージソフト

ウェアであるSAP社のR/3をWindows NT環境下で利用しながら、上流のPDM(製品情報管理)システム、下流の作業管理システムと連携して構築され、'97年3月から稼働を開始した。

稼働に至るまでには、発展途上中であったWindows NTの成熟度の問題、それに関連したR/3の完成度の問題、業務システムとしての追加機能強化、生産手配データ処理性能改善など数々の問題が発生したが、困難の末に解決することができた。

本稿では、当該システム構築内容を基に、当社量産系生産管理システムの革新事例を詳細に述べる。

(注) "SAP" "R/3" は、SAP Aktiengesellschaftの登録商標である。  
 "Windows NT" は、米国Microsoft Corp.の登録商標である。  
 その他、会社名及び製品名はそれぞれの登録商標又は商標である。



## 量産系生産管理システム構成

R/3のSD(販売管理)/MM(在庫/購買管理)/PP(生産管理)の各モジュールをコアとし、設計基準情報を管理するPDMシステム、製品製造のためのFA(Factory Automation)/製造ライン用作業管理システムと連動した量産系生産管理システムを構築した。上図はNCシステム部の例であり、最も色の濃い部分にR/3を利用した。

## 1. ま え が き

名古屋製作所は、情報システム化・グローバル化の波を受けているFA業界の顧客に対し、FAシステム、メカトロニクス機器製品等の幅広い事業分野をサポートしている当社の中核事業所である。

同所では、顧客指向推進、事業のグローバル化、組織間の連携強化など経営体質強化のため、情報インフラ整備と情報システム革新が必要であった。

情報システム面では、各機種ごとに独自の生産管理システムが構築されていた。しかし、1995年に当社のグローバルスタンダードシステムとしてSAP社のR/3システムが選択されたことにより、同所でもNCシステム部を対象に導入を決め、R/3を生産管理コアシステムとして位置付け、情報システム革新計画を開始した。

革新は、R/3によるシステム構築と各部門間の情報のシームレスな流れの構築を目指した。同時に、NCシステム部生産管理システムは、当社量産系生産管理システムのモデルと位置付けられ、量産系生産管理システムテンプレート開発も目的の一つとされた。

## 2. 新システム概要

### 2.1 NCシステム部生産管理システム改革のねらい

NCシステム部では、工作機械・製造装置メーカー、所内FAシステム製造部門に数値制御装置等を供給しており、生産管理システム改革のねらいは次のとおりであった。

- (1) 顧客対応力の強化
  - (a) 顧客の需要変動への迅速な対応
  - (b) 受注から出荷に至る総合リードタイムの短縮
  - (c) 進ちょく(捗)情報共有化による回答納期精度の向上
- (2) 生産体質の改善
  - (a) 機種拡大、プロダクトミックスに対応するシステム
  - (b) 間接業務効率化、受注から出荷までのシームレスな生産体制の確立
  - (c) 日程計画と欠品予測の精度向上による納期遵守
- (3) 情報システムの改革
  - (a) バッチ処理からリアルタイム処理への変更
  - (b) 情報共有、EUC促進に対応できるシステム環境へ移行
  - (c) 生産情報の一元管理

### 2.2 R/3生産管理システムのフレームワーク

このシステムは、SD、MM、MRPを核としたPP等の各モジュールからなるR/3をコアシステムとしている。さらに、PDMシステムから部品情報と設計情報を、営業システムから工事情報を受けている。一方、R/3生産管理システムで作成した資材発注情報は、同所共通の資材システムへ送られている。

### 2.3 間接業務方式の転換

新システム導入により、情報の電子化とペーパーレス化が進み、それを利用したEUCの実現が可能になった。

#### (1) 情報処理方式の変更による工程間接業務の変化

工程間接業務は、従来のバッチ一括処理による帳票確認作業から、顧客要求にタイムリーかつ迅速に対応可能なオンライン中心の生産管理の仕組みに変革された。

生産工程管理担当業務では、週次で手作業であった部品手配・調達フォロー業務が日次になり、効率が向上した。

#### (2) 営業→設計→工作各部門間の情報伝達方式の変化

営業部門の工事命令情報及び設計部門の出図情報は、電子化され、迅速にペーパーレスで工作部門へ伝わり、組織間の滞留がなくなり、情報共有化のインフラも整備できた。

#### (3) 汎用OAツールの利用による帳票レス化

ユーザーは、R/3データベースから必要情報を抽出したテキストデータをMicrosoft社のAccessを利用してオンラインで照会し、必要な場合のみ印刷する仕組みとした。

## 3. 情報システム開発方式の変革

### 3.1 プロトタイプ開発方式への変革

従来のシステム開発方式はウォーターフォール型(仕様作成→開発→テスト)で長期間にわたったが、今回は短期間での完了をねらい、プロトタイプ型開発スタイルに転換した。開発環境として、ユーザーとのプロトタイプの確認、仕様レビューを効率良く行うためのプロジェクトとパソコンテレビ会議を設置した専用のJAD(Joint Application Design:ユーザーと協調のシステム設計)ルームを設け、早期仕様確定による開発期間の短縮を図った。

### 3.2 ユーザー部門コアマンのシステム開発への参画

ユーザー部門要員2名をプロジェクトに専念させるため、情報システム部門に人事異動を行った。これによって開発メンバーとユーザーとの意志の疎通が図れ、プロトタイプの検証に早く入ることが可能となり、追加機能検討を促進できた。システム稼働後、当該メンバーは元の部門へ戻り、システム改善と定着化活動を実施している。

### 3.3 情報システム技術センターとの協力

同所では初めてのR/3利用開発プロジェクトであったため、R/3導入を専門としている本社情報システム技術センターも参画し、システム開発を行った。開発は、同センターの開発環境を使用して追加機能を開発し、開発完了プログラムを同所本番サーバへ移送する方法で実施した。

### 3.4 プロジェクト推進体制とスケジュール

#### (1) プロジェクト推進体制

プロジェクトチームは、名古屋製作所NCシステム部部長がリーダーで、同所情報システム部門(人事異動者含む)の8名、本社情報システム技術センターの8名、計16名をコアメンバーとした総勢25名で構成された。

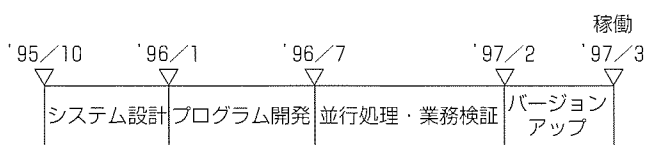


図1. 開発スケジュール

(2) スケジュール

システムは、設計4か月、プログラム開発6か月、並行処理／業務検証6か月、バージョンアップ1か月の合計17か月で導入された。業務検証(並行処理)に長期間かかったが、予想外のWindows NTトラブルと性能問題によるもので、プログラム開発自体は比較的短期間であった。

4. 新システム実現のための考慮点

4.1 新システムの前提条件

新システム導入に当たり、下記的前提条件に対応することが必要であった。

(1) 柔軟な生産手配システム

これまでのMRP処理は、性能面の問題等から週次処理であったために、受注情報の変更等が発生しても迅速に生産手配指示を変えることが難しく、それらの設計変更・手配変更等に対し柔軟な生産手配システムが求められた。

(2) Windows NTの採用

各機種のシステムは、クライアント／サーバシステムに順次移行されてきている。これに伴い、コストパフォーマンスが良いWindows NTサーバの採用が条件付けられた。

(3) 既存利用コードの継続(部品コード)

同所では部品コードは32けたで統一されているが、R/3標準では18けたである。部品コードを18けたに変更すると既存の図面及び設計・製造基準情報の修正に膨大な工数が必要で、かつ業務に対する影響も大きいため、変更は困難であった。結局、R/3標準に対してモディフィケーションし、品目コードのけた数を35けたに拡張した。

4.2 R/3の採用理由

R/3が採用された理由は数多くあるものの、以下のような長所が高く評価された。

(1) リアルタイム性

R/3の各業務アプリケーションは統合化されており、ある業務で発生した変化に関連する業務データはすべてリアルタイムに自動更新される。例えば、販売管理で発生した受注情報の変更は直ちに需要管理データを更新し、その後のMRPはこれに基づいて新手配作成と既存手配更新・削除を行う。このシステムのリアルタイム性によって需要変動への即応能力が強化される。

(2) 当社要求に耐え得るMRP機能

従来は部品展開を中心とした狭義のMRPシステムであった。しかしR/3では、詳細日程計画や発注など時点時

点の在庫を考慮した高精度の計画が可能なMRPが提供されている。また、リジェネレーション方式だけでなく、性能を考慮したネットチェンジ方式の処理も可能である。

(3) シミュレーションMRP

これまでは、半年先までの受注予測データに基づき、部品展開で必要数量を求め、担当が在庫や発注残を考慮して長納期部品の手配を行っていた。しかし新システムでは、実MRPと同様な機能を持つシミュレーションMRPが可能となり、より精度の高い手配が可能になった。

(4) 優れたオープンシステム開発環境

R/3はオープンシステムとして主要なハードウェア、OS、RDBMSに対応している。また、リポジトリを核とする統合化された開発環境を持ち、独自機能を効率良く追加可能である。

4.3 追加開発要件

R/3標準アプリケーションに対して、SAP社の協力により、当社要求の特殊機能を盛り込んだ。また、R/3標準での制約の拡張、不足機能補完、外部システムとのインタフェース、オンライン処理の自動化等のためにR/3の開発言語ABAP/4でプログラムを追加開発した。

(1) R/3標準品目コード拡張モディフィケーション

品目コードのドメイン定義で項目長を18けたから35けたに拡張した。ドメイン変更によるけた数拡張はSAP社による“品目コード拡張モディフィケーションキット”で対応できたが、プログラムにけた数がハードコーディングされている箇所については個々に対応が必要となった。

けた数拡張によって内部的なメモリID利用プログラムの一部がABAP/4の制限に抵触し、MRP処理に異常が発生した。これはSAP社の協力によって対応した。

(2) PDMシステムとの連動

生産管理システムの構築と同時に、PDMシステムも構築した。PDMシステムで登録/変更されたデータをインタフェースファイルとして生産管理システム側で受け、R/3の品目マスタ、部品表を自動更新するようにした。

(3) 所要量計画・手配処理の納入指示機能

計画ベースの部品所要情報から手配情報を作り、発注データ作成をR/3で行う。その後の製造ライン組立日程に対応して部品納入を指示する機能をR/3上で開発した。

(4) バッチ処理対応自動処理機能

R/3ではオンラインで一つ一つの処理を行うのが基本である。しかし、実際には日々大量のデータ処理が必要で、このままでは膨大な人手を必要とした。そこで、R/3のバッチインプットでデータを自動入力し、さらに外部のスケジューラを利用し、バッチ処理を自動化している。

(5) 外部システムとのインタフェース機能

外部システムへはR/3のデータベース内容をプログラムによってテキストファイルに出力し、転送している。逆

に入力は、テキストファイルをバッチインプットを用い、R/3標準アプリケーションに取り込んでいる。

#### (6) 不要データ削除機能

R/3では、一つの処理を実行すると多数のデータが作成される。例えば、製造指図を登録すると15以上のテーブルにデータが発生する。さらに、同所では使用していない機能のデータも作られる。このため、データ増加が著しく、不要データを常に削除する必要があった。R/3は標準機能としてデータ削除機能を持つが同所で採用したバージョンでは製造指図データ削除機能が不足していたため、SAP社と協力してデータ削除方式を確立した。

#### 4.4 システム構築時の発生課題

##### (1) Windows NTの安定性

レジストリ領域が破壊され、システムクラッシュを引き起こした。また、OSカーネルのバグにより、バッチインプット処理中のR/3プロセスが度々異常終了した。原因はOSの一部機能が日本語に対応していないためで、R/3カーネルに対するパッチによって障害を回避した。

OS及びR/3カーネルの問題でシステムが頻繁にハングアップする事態が多発し、R/3のバージョンアップが導入直前に必要となり、多大な工数がかかったが実施した。

##### (2) MRP処理性能改善

詳細日程計画、能力負荷計画を伴うMRP処理をリジェネレーション方式で実行すると、本来数時間以内で終了すべき処理が90時間経過しても終了しなかった。

SQLトレース、プログラムの解析、データベースフラグメンテーションの調査等を行い、テーブルインデックスの付与、データベースの再編成のチューニングを実施した。さらに、SAP社の協力で関連するプログラムを修正した。これらにより、実運用に耐えられる処理時間となった。

##### (3) バッチインプット処理性能改善

作業管理システムから受け取った払出しデータ等をR/3に反映させるために、毎日数千件のデータをバッチインプットしている。これらの処理では、データ1件当たり10秒以上必要とするものがあった。

様々な対策を採ったが、最終的には、処理の多重化と高性能のサーバに変えてデータ1件当たり2～3秒で処理できるように対処した。

##### (4) システムテストの難しさ

システムテストを厳密に行うために、既存システムとの並行テストを実施した。R/3でMRP等の処理を実行し、テーブルからデータを抜き出し、帳票を作成して検証した。データの抜き出しには一般に公開されていないR/3のデータベース構造の解析等が必要となった。

R/3のカスタマイズとマスタの設定が複雑多岐にわたり、関連チェックが難しく、そのことが更に検証を難しく

したが、ユーザーとの密接な協力の結果として収束できた。

また、本番システムと同量のデータを使ったことにより、少量データでは発生しなかったハードウェア、Windows NT、R/3のトラブルが重なり、トラブル原因の切り分けに手間取り、並行テストに予想以上の期間をとられた。

## 5. 効果と課題

### 5.1 効果

新システム導入によって次の効果を実現できた。

#### (1) 情報一元化

部品情報・設計情報とのリアルタイムなリンク等、営業、設計、工作各部門間の情報がシームレスに一元化されることによって情報の精度と鮮度が向上した。

#### (2) リードタイム短縮

工事管理業務を工作部門に一元化・集約化することによって総合工期を36%短縮した。

#### (3) 受注対応生産力強化

リードタイム短縮、ロット生産化に伴う製造負荷平準化によって受注変動対応力が強化された。

#### (4) 他製造部への横展開時のシステム構築期間短縮

今回のシステムをテンプレートとして他製造部のシステム構築に利用することで7か月で導入できた。

### 5.2 今後の課題と対応策

#### (1) 他製造部に対する更なるシステム横展開

現在、複数製造部の生産管理システムの構築を行っている。これらに対してより迅速なビジネス経営を支援するシステムを短期間で構築することが最大の課題である。

これには、システムテンプレートの整備、導入ノウハウの早期整備と有効活用によって対応する予定である。

#### (2) システムグレードアップへの迅速な対応

インターネットとの連携、ワークフロー等、先端技術を利用したシステムグレードアップをR/3のバージョンアップを含めて迅速に継続的に行うことが今後も必要である。これには、R/3新バージョン情報の継続収集、ユーザーの新要求事項等を勘案して対応する予定である。

## 6. むすび

同所では、情報インフラ整備面で間接業務担当に一人1台のパソコンを設置し、構内ネットワーク接続を実施した。また、NCシステム部では、情報統合化とリアルタイム処理機能の強化、EUC推進による経営情報活用機能強化を実現できた。同時に量産系生産管理システムテンプレートも基礎となるものが作られ、今後の所内情報システム革新計画に道を開くことができた。さらに、これらによって同所の技術情報、進捗情報等をインターネット上に公開することが可能となり、顧客サービスを向上することができた。



# 海外システム革新事例

福味郁二\*  
対馬寿世\*

## 要 旨

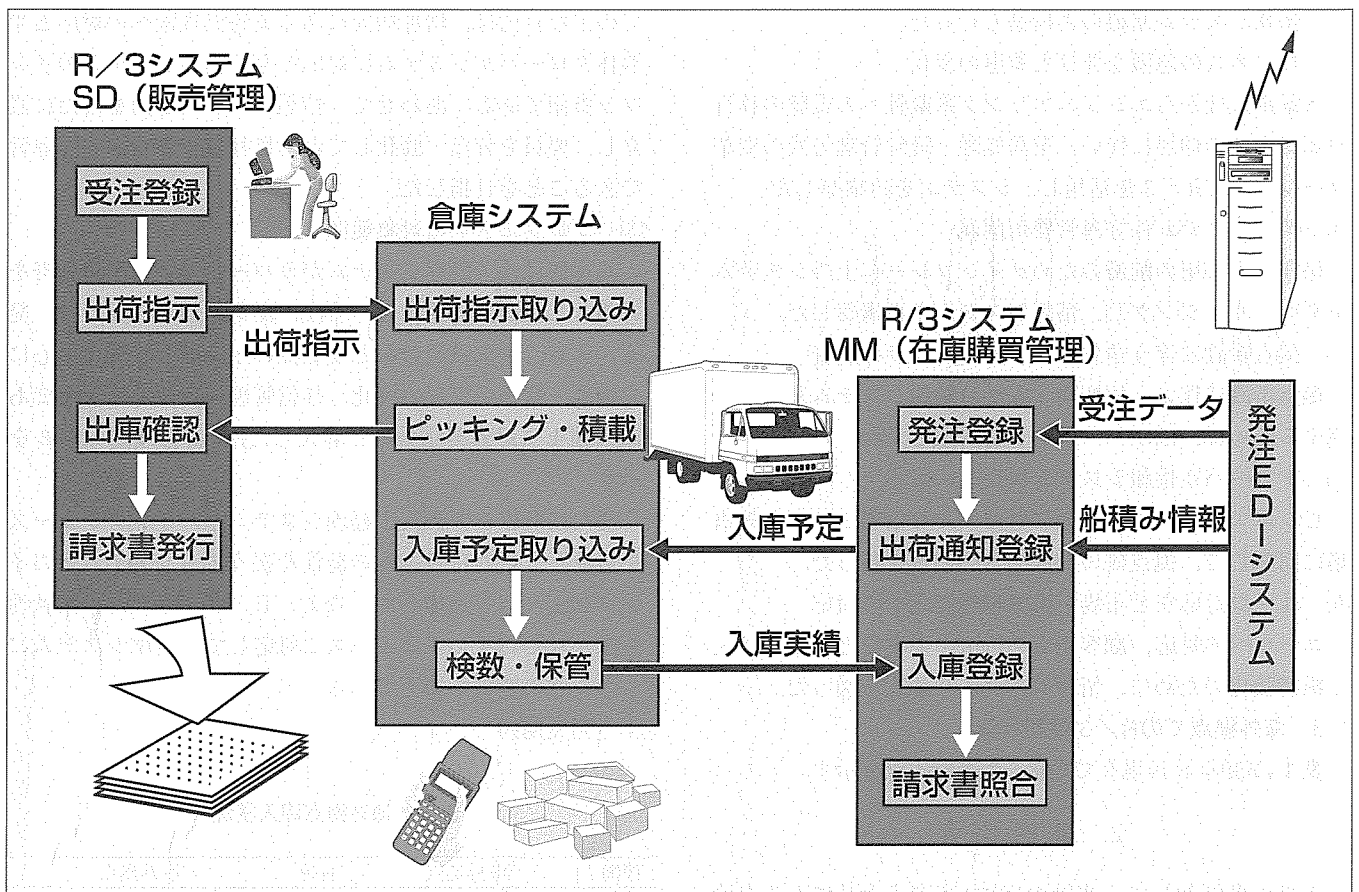
三菱電機の海外拠点の最近の情報システム構築の背景には、合併、新設、業務量の増大、業態の変化、市場への対応、2000年問題、費用削減等があり多岐にわたっている。

海外の事例として紹介する台湾の販売会社では、半導体の取扱量急増への対策、グローバルな情報システム構築のための基盤整備を目的に、情報システム再構築プロジェクトを1995年10月に立ち上げた。受発注オーダー管理、売掛金・買掛金管理、与信管理の新規導入、また、日本への発注を扱うEDI(Electronic Data Interchange)システムとのインタフェースを追加して、'96年9月に新システムを稼

働させた。

中国語繁体字の印字、統一發票番号の採番といった台湾で必ず(須)とされる要件とR/3提供機能の間でギャップがあり、これらの問題は、台湾におけるR/3導入の先駆的な事例であるこのプロジェクトの中で解決した。また、現地要員の育成・確保、先行事例の成果の利用方法、データ移行に関する課題に対処しながらプロジェクトを推進していった。他の事例を含め多くの経験から、海外案件ではシステム化の範囲、保守・運営方法等の検討が重要であると言える。

(注) "SAP" "R/3" は、SAP Aktiengesellschaftの登録商標である。



## 受発注業務フローと各システムの役割

受発注業務フローとしては、R/3システムで受注登録・出荷指示を行い、倉庫システムでピッキングを行った後、R/3システムで出庫確認と請求書発行を行うという流れとなっている。一方、発注業務では、EDIシステムに発注データを入力・送信し、確定したオーダーがR/3システムに登録される。船積み情報も、R/3システムに出荷通知として登録され、倉庫システムに入庫予定データとして送られる。倉庫システムから送られた入庫実績データによってR/3システムで入庫登録が行われた後、請求書照合を行う。

1. ま え が き

1.1 海外拠点での情報システム革新の背景

当社はビジネスユニットを軸にして事業を推進してきており、情報通信システムに関しても、ビジネスユニットごとのグローバルな情報通信システムの整備を指向している。当社の国際化は、販売拠点の設立に始まり、製造拠点の設立、ファイナンス拠点、購買拠点と続き、最近では設計・開発拠点の設立にまで至っており、これらの拠点間及び日本の事業所との間をシームレスにつなぐグローバルな情報通信システムが必要となってきた。そして、拠点情報システムはグローバル情報通信システムの重要な一構成要素であることから、SAP社のR/3を中核にして整備を進めてきている。

1.2 情報システムプロジェクトの背景

拠点情報システム整備の展開方法としては、拠点側の情報システム刷新ニーズが発生したときにその機会をとらえて行ってきており、最近の事例として下記のものがある。

(1) 合併に伴う情報システムの統合

複数拠点の再編統合に伴い、異なるカルチャーや業務処理方式を持つ会社の業務統合のツールとしてR/3を活用し、情報システム基盤の再構築も行った。

(2) ビジネスの急激な伸びと業態の変化

家電系販社からエンジニアリング系販社への業態の移行やビジネスの伸展に伴い、業務処理・経営管理方式の変革ツールとしてR/3を活用し、システムを再構築した。

(3) 情報システム保守運営費用削減

保守運営費用の削減のためメインフレーム上のシステムをダウンサイジングし、情報システムを再構築した。

(4) 拠点新設に伴う情報システムインフラの整備

拠点新設に伴い、短期間・安価に情報システム基盤を構築するために、ERPパッケージを活用した。

(5) グローバル情報システム構築への対応

ビジネスユニットごとのグローバルな情報システムの構築に同期して、拠点側のシステムの刷新を行った。

(6) ユーロ対応など市場・事業環境変化への対応

ユーロへの対応、顧客からのEDIの要求など、市場参入と維持強化のために、情報システムの強化を図った。

1.3 海外拠点でのR/3展開状況

表1に'98年8月現在でのR/3適用状況を示す。

2. 事例紹介

海外の事例として、当社の100%出資子会社である台湾の販売会社Mitsubishi Electric Taiwanの例を説明する。この会社はFA、家電、冷熱などの製品を取り扱っているが半導体の売上げ比率が最も大きく、情報システム革新も

半導体ビジネスにかかわるシステムを中心に展開してきた。

2.1 第1導入フェーズ

(1) 背景と導入手順

当時、この会社の半導体の売上げは順調に増加しており、さらに、新設される半導体製造会社の生産開始に伴い、取扱高が急増することが予想されていた。一方、日本側では、半導体事業としてグローバルな情報システムの開発計画を進めており、海外拠点のパイロットモデルとして台湾を選択しようとしていた。

このような背景の下で、老朽化した既存の半導体事業部システムの強化では対応できないと判断し、新たなプラットフォームとしてR/3を採用し、半導体事業部に特化して新システムを導入することとなった。導入手順としては、台湾ローカル処理とグローバル処理に分けることとした。すなわち、第1導入フェーズでは、ローカル処理を中心にR/3の標準機能を前提として既存システムの機能を実現することとし、R/3では機能的にカバーできない部分が少なくないグローバル処理機能を第2導入フェーズ以降で追加していく段階導入方式を採用した。

(2) 目的

前述した背景から分かるとおり、第1導入フェーズとしての主な目的は、増加傾向にある業務処理量への対応と半導体グローバルシステムに対応できる情報システムのインフラ整備である。あわせて、情報システム部門を新たに設立し、要員を育成・強化して台湾側社員主体で保守・運営できることを目指した。

(3) プロジェクトの対象範囲

基本的には、既存システムがカバーしている業務分野を対象とした。具体的には、受注、出荷、請求・売上げ、発注、入庫、請求書照合など受発注のオーダー管理を中心に、売掛金・買掛金管理の強化、与信管理の新規導入などである。図1に対象業務分野と導入したR/3のモジュールを示す。

また、倉庫システム、経理システムとのインタフェースを更新し、新たに日本への発注を扱うEDIシステムとのインタフェースを追加した。なお、R/3システムの柔軟性を生かした新インタフェースに対応して、倉庫システムにもかなりの変更を加えている。

(4) 開発期間

表1. 海外拠点導入状況

稼働	海外拠点	稼働	海外拠点
'95/8	豪州販売会社	'96/11	中国製造会社
'96/1	シンガポール販売会社	'97/7	米国製造会社
'96/4	アイルランド販売会社	'97/10	シンガポール資材調達拠点
'96/7	米国販売会社	'97/11	米国製造販売会社
'96/9	台湾販売会社	'98/1	欧州販売会社
'96/10	独製造会社	'98/5	米国販売会社

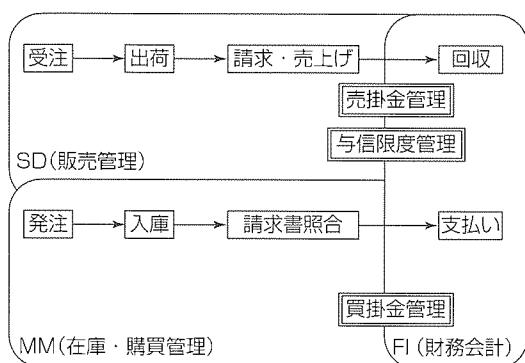


図1. 対象業務分野と導入したR/3のモジュール

具体的なプロジェクトの検討を'95年10月に開始し、'96年1月にR/3を現地にインストールして本格的な開発をスタートした。その後、詳細業務設計、プロトタイプングによるシステム設定内容の確定、帳票及び他のシステムとのインターフェース設計を4か月で完了した。引き続き、プログラム開発、システムテスト、データ移行、トレーニングを経て、新システムは'96年9月に稼働開始した。

(5) 開発要員

参考までにプロジェクトにフルタイムで参加した開発要員数を表2に示す。このほかにもタスクフォース的に日本側から要員を送り込んだが、この表では除外している。システムエンジニアについては、開発作業そのものに必要な人数以上を確保した。その理由は、システム開発完了後の改善、保守、運営を台湾側のみで行えるように現地側要員の習熟期間を十分確保するためであった。

(6) 追加開発項目

このプロジェクトは、台湾におけるR/3導入の先駆的な事例の一つであった。原則として、モディフィケーションは行わず、帳票及び関連システムとのインターフェース以外はいわゆるアドオンも実施しないという方針を貫いた。しかしながら、台湾では必須とされる機能でありながら導入したR/3バージョン2.2Eでは提供されていないものがあり、次のような機能拡張又は手法によってギャップの解消を図った。

(a) 中国語(繁体字)の印字

台湾で使用している文字である繁体字はR/3バージョン2.2Eではサポートされていない。そこで英語版を導入して、会社名称、住所などは中国語で登録することとした。画面表示上は一切問題がなかったが、印刷すると文字化け、位置ずれが起きることが判明した。取引先などに渡す一部の伝票類では中国語表記が必須であるので、いろいろと試行錯誤を繰り返した結果、プログラミングの仕方を工夫することにより、問題を回避する方法を発見して対処した。

(b) 統一発票の採番

台湾では統一発票と呼ばれる請求書を発行して客先に

表2. 開発要員数

担 当	開発要員数
プロジェクト管理者	1
システムエンジニア	7
プログラマ	4
テクニカルエンジニア	1
合 計	13

提出することが義務づけられており、種々細かな規則が定められている。多くの項目については、システム設定又は運用で対処できたが、問題点が1点残った。税務当局から割り振られた採番枠の中で連番を振って請求書番号がユニーク

になるように採番し、その番号を請求書に表示することが必要とされたが、標準のR/3機能だけでは実現する方法がなかった。また、請求書発行時に会計伝票が自動生成されるが、その会計伝票がどの請求書に対応しているか分かるようにしたいとの要望もあった。この二つの要件を満たすために、機能拡張を行うことによって対処した。

(7) システム構築時の課題と対処方法

(a) 要員の育成・確保

プロジェクトを推進していく上での最大の課題は、要員の育成と確保であった。当時、台湾にはSAP社の拠点がなく、台湾でR/3のトレーニングを受講できなかった。また、台湾では、一部の外資系企業がR/3導入プロジェクトを開始したばかりで、R/3の経験とスキルを持つ技術者はほとんどいなかった。

この状況に対処するために、確保した要員を国外へ送ってR/3のトレーニングを受講させ、必要に応じて日本から各分野のエキスパートを送り込み、スキルトランスファを行うといった対応策を採った。

(b) テンプレート

第1導入フェーズでは、別の海外拠点のR/3導入プロジェクトの成果物をテンプレートとして活用しようとした。実際のところ、追加開発項目である日本とのEDIに関する事項や様式、サンプルとしてのドキュメントは有効であった。

しかしながら、業務設計やシステム設定を行う上では期待ほどには効果を発揮させることができなかった。テンプレートとしての成熟度、活用する側の要員のスキル、提供側の支援体制などを考慮した上でテンプレートの活用方法や範囲を調整していった。

(c) データ移行

移行データの不足・不正から初期運用に混乱を招いた先行事例があることから、データ移行に関しては計画段階から十分に時間をかけ準備して、かなり円滑に終了することができた。しかしながら、移行準備期間中に次のような課題に遭遇している。

一つは、インターフェースをとる関連システム側でも予想以上のデータ切換えが必要とされたことである。特に結合度の高い倉庫システムとR/3システムの間では品目・取引先マスタや在庫データの整合性を確保する必要

があった。移行データの二重インプットを回避し、各システム間での整合性をチェックするために、少なからぬプログラムを作成することによって対処した。

2点目は、旧半導体事業部システムからのデータ抽出である。まずは、システムを構築したベンダーからプログラムを確保できないという問題に直面し、次に、データ抽出に数時間かかるという問題が発生し、最後に、不正なデータが多く混在することが判明した。最終的には、入念なテストときめ細かな移行データスケジュールを作成し、何とか問題をクリアすることができた。

3点目は、データ移行を考慮せずに設計された帳票があったことである。作業が多少増えることになったが、データ移行方法を工夫し、帳票設計を一部手直しすることによって対処した。

4点目は、移行データのチェック時間である。関連業務を止めて最終的な移行データ作業を行う時間としては、休日を含め3日しか確保できなかった。見積りの結果、旧システムからのデータ抽出及びチェック元となる帳票の出力を完了するのに2日半かかると予想された。このため、移行データのチェックを効率的に行える工夫が必要とされ、具体的には、新たにプログラムを作成しR/3側から旧システムの帳票とほぼ同じものを出力してチェック時間を短縮した。

(8) 成果

(a) 新システムの効果

第1導入フェーズは、情報システム基盤整備を目的とし、業務効率改善という観点では明確な定量指標を掲げなかったが、下記のような効果を上げた。

- 入出庫指示業務の効率改善(従来の約2倍を処理)
- システムによる与信管理の実現(出荷を自動ブロック)
- 管理帳票の精度向上,リアルタイム化
- EDIシステムとのリンクによる注文書の自動登録

(b) 半導体グローバルシステム仕様対応へのつなぎ

第1導入フェーズで情報システム基盤を確立したことにより、第2導入フェーズとして'97年9月に半導体ビジネスのグローバル対応機能の導入を果たした。

2.2 半導体部門以外へのR/3システム展開

全社経営情報の把握を強化するために、まず、経理システムを'97年2月に導入した。引き続き、部門別システムを徐々にR/3システムで統合するため事業部門ごとにR/3の導入を進めてきており、現在までに2部門に導入を完了し、残りの部門について導入を進めているところである。システム導入の流れを図2に示す。

3. む す び

海外プロジェクトの経験から、海外プロジェクト全般に

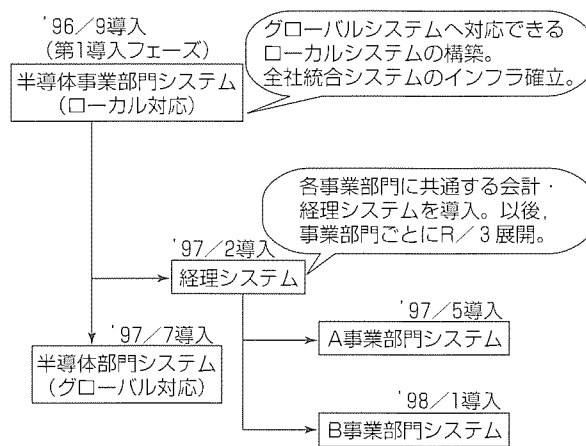


図2. システム導入の流れ

かかわる考慮事項を列挙する。

(1) 商流, 物流, 業務の確定

グローバルスタンダードな考え方をベースにしつつ、その国特有な事項、商習慣に関する考慮が必要である。

(2) 情報システム化対象業務の見極め

拠点の規模や社員の能力に対して過大な開発費、過剰な仕様となるケースがあり、情報システム化の対象範囲、優先順位付けに関する指針が必要である。

(3) 開発/保守・運営要員の確保

小規模拠点では、情報システム要員がないケースがあるなど、情報システム構築後の開発/保守・運営要員の確保に関してあらかじめ対策をたてておく必要がある。

(4) 日本のサポート範囲/体制

日本側がどのようなサポートを行うのか、また、中期的なサポート体制(コミュニケーションの問題を含む。)をどう維持していくのかに関する事前検討が必要である。

(5) 付帯設備(建屋, 電源, 管路他)

アジアにおいては、ハードウェアの導入段階で、工事ミス、手配漏れ、納期遅れ等で、計画どおりに作業が進まないケースが多く、業者とコミュニケーションを十分とるとともに、スケジュールに余裕を持たせる必要がある。

(6) 現地語環境の構築(特にプリンタ環境)

情報システムとして現地語をサポートするケースで、システム開発途上でプリンタ関連の障害や不具合が散見されるので、前倒しでの本番環境でのテストが重要である。

(7) コミュニケーションのツールとしての言語

英語圏以外で現地の利用部門、情報システム部門、ハード/ソフトベンダー等と何語でコミュニケーションをとるか、通訳を介するかを事前に決めておく必要がある。通訳を介するケースでも、日本語や現地語ではなく、英語を媒介にした方がコミュニケーションがスムーズにいくケースも多い。

# 知財権統合情報システム “MIPAT”の革新事例

飯田俊之\* 中川雅之\*\*  
熱田ミハル\* 加藤嘉一\*\*  
亀 一夫\*\* 長山 馨\*\*\*

## 要 旨

知的財産権(以下“知財権”という。)部門のBPR(Business Process Reengineering)と合わせて、組織運用の最大効率化と、最終的には高品質の知財権獲得の支援を目的とした知財権統合情報システム(Mitsubishi Integrated Patent System: MIPAT<sup>(注1)</sup>)を構築した。

このシステムは以下のサブシステムで構成されている。

### (1) 知財権情報管理システム“MIPAT/MP”

三菱電機の知財権活動の全社基幹システムとして、工業所有権における発明/考案/創作の創出から工業所有権の消滅までのすべての社内業務及び権利取得のための特許庁への手続きをサポートする。

### (2) 知財権文書管理システム“MIPAT/FP”

当社の知財権活動において入手/作成/編集する文書を電子ファイリング化して、登録時に付与された属性を検索条件にして該当文書の表示/印刷/取り出しを行う。

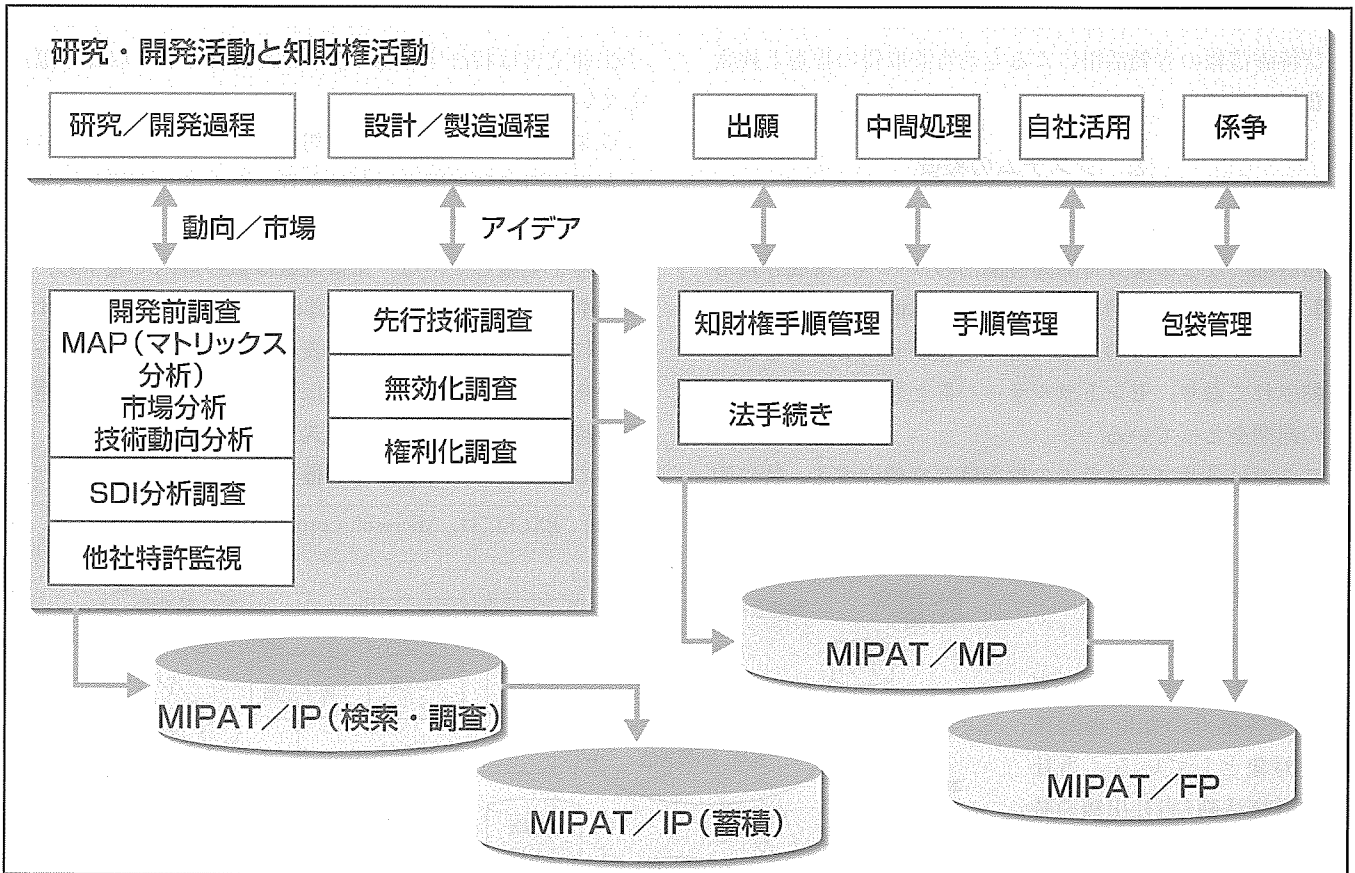
### (3) 技術情報検索システム“MIPAT/IP”

他社が既に出願又は権利化している特許情報を調査する機能と、検索した他社特許情報に対して各種の付加情報を蓄積する機能、及び特許庁からの特許公開公報・特許公告公報を電子データで購入し所要分類・技術分野の公報のみを各研究所・事業所ごとに自動配信する機能を持つ。

情報システムの革新に当たっては、データ中心システム設計、徹底した部品化アプローチなどの各種の設計技法を駆使して、開発の生産性向上と品質向上を図った。

既上記システムを完成させ、運用開始を行い、効果を上げている。現在、知財部門のユーザーのみならず全社の技術者を対象とするために、各サブシステムのWeb化が急務となっている(MIPAT/IPはWeb化済み)。また、セキュリティの強化を図りながらネットワークを強化して各システム間の一層の連結強化を図り、業務の効率を向上させることが今後の課題である。

(注1) “MIPAT”は、三菱電機株の登録商標である。



## 知財権業務におけるMIPATの位置付け

知財権関係の業務の流れと、システムとの関係を示している。各サブシステムは、知財権活動の各局面において、その業務支援を行っている。また、それらのデータは有機的に結合している。

1. ま え が き

1995年から特許庁がペーパーレス計画をスタートさせたのに合わせ、従来から利用していた出願管理システム、出願システム及び紙で保管していた出願後の処理文書を統合化してペーパーレス化を図ることでデスクトップ環境を整理し、特許出願と維持管理の業務効率化を推進してきた。

'98年度にはこれらのイントラネット利用による当社の知財部門へのクライアント/サーバシステムの導入が完了した。

システムは、三つのサブシステム及びこれらの三つのサブシステムを有機的に結び付けるために、発明部門、各事業部門及び各特許事務所との書類の配送と認許管理を行うグループウェアで構成されている。

三つのサブシステムのねらいと目標は次のとおりである。

(1) 知財権情報管理システム“MIPAT/MP”

工業所有権(特許, 実用新案, 意匠, 商標)の業務改革と現行システム(メインフレーム上で稼働)のダウンサイジング化による費用削減

(2) 知財権文書管理システム“MIPAT/FP”

知財権業務にかかわる書類の電子ファイリング化と検索の効率化による生産性向上

(3) 技術情報検索システム“MIPAT/IP”

特許庁公開の特許情報を社内へ取り込み、技術検索及び特許情報の有効活用による有効特許取得の推進と検索費用の削減

2. システムの概要

システムは、全社が共用するセントラルサーバ群と、本社知財部門及び事業分野別知財部門のサーバで構成される(図1)。本社知財部門及び事業分野別知財部門のサーバには、各サブシステムの自部門用の情報がサブセットとして格納されており、セントラルサーバ群と非同期処理でデータの同期をとっている<sup>(1)</sup>。

ここでは各サブシステムの機能概要を紹介する。特に開発研究部門の全技術者を対象に開発されたMIPAT/IPについては、開発の背景、特長などを併せて説明する。

2.1 MIPAT/MP

MIPAT/MPは、主に本社及び各拠点の知財権関係者を対象としている。当社の知財権活動(当社出願の特許/実用新案/意匠/商標)における発明/考案/創作の創出から権利の消滅までの社内業務及び対特許庁へ

の手続き)全般を支援するための全社規模の基幹系システムである。工程進ちょく(捗)/期限管理/履歴/経過/調査などの情報を管理する。

本社組織に集中していた知財部門を発明・特許などを実際に創出する技術部門に近づけるために、各事業部門に分散再配置したのに合わせて、従来メインフレーム上で稼働していたシステムの機能を見直した上で、クライアント/サーバ方式にダウンサイジングしたものである。

データ入力方法は、画面からの入力のほかに、表計算ソフト(EXCEL<sup>(注2)</sup>)で作成したデータから定型フォーマットに変換したテキストデータの一括入力機能を持たせて業務の効率化を図った。またデータ出力に関しても、定型フォーマットによる出力のほかに、任意の項目を任意の検索式で絞り込み、EXCELに出力する非定型検索機能を提供し、ユーザー部門でのデータ活用の促進を図った。

2.2 MIPAT/FP

MIPAT/FPも主に本社及び各拠点の知財権関係者を対象としている。当社の知財権活動において入手/発生/編集する書類(紙, テキスト, 図等)を電子化して格納・管理するシステムである。特許庁が推進しているペーパーレス計画に対応して、第一次版として'90年12月1日以降の国内特許案件すべての文章(紙文書約100万枚, 特許庁へ出願した約12万文書相当)について、紙書類は複数枚の紙を一つにまとめたマルチTIFF形式のイメージファイルとし、電子出願文書は特許庁仕様のJIS形式文書として収録し運用している。

システム利用時は、利用部門からの申請によってシステム運用部門で利用端末の登録を行った上で、利用レベルを定義して、参照可能な文書範囲や機能に対してセキュリティ管理を実施している。文書検索は数秒以内で完了し、マルチTIFF形式のイメージ文書は、1ページ目を受信すると直にクライアント側の画面表示を行うとともに、サーバ側から残りのページデータを伝送していくことで、利用者側の待ち時間を最小にする方式を採用している。

このシステムにより、知財権業務で発生する書類のペー

(注2) “EXCEL”は、Microsoft Corp.の登録商標である。

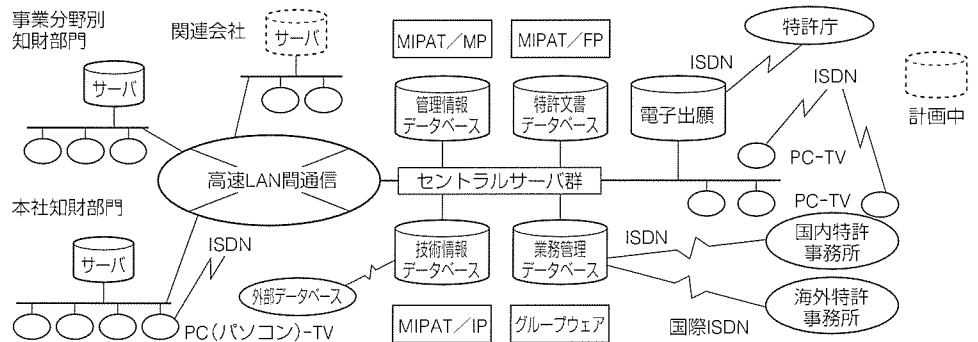


図1. 知財権統合情報システム概念

パレス化を図ると同時に、文書の再利用化及び保管場所の削減を図ることが可能となった。

第二次版として、'90年12月1日以前の案件の書類(紙、マイクロフィルム等)についても順次登録しており、流通過程での紙文書の完全廃棄を達成する計画である。

また当初、国内出願分については電子出願した書類の保管・管理を主目的としていたが、特許庁の新電子出願システムへの移行により、今までのような電子出願専用端末を利用するのではなく、パソコンでの出願が可能となった。また、手続き書類も、今までのJIS文書形式ではなく、HTML文書形式で作成することが可能となった。このため、現在社内での手続きをパソコン出願システム対応にするために変更中である。また文書の管理だけでなく、登録した文書の再利用を重視する方向で、システムの更新を計画している。

### 2.3 MIPAT/IP

これまでの二つのサブシステムが主に知財部門を対象に開発されたのに対して、MIPAT/IPは研究・開発部門を対象にして開発された(図2)。

#### (1) システム開発の背景とねらい

開発技術者が製品を開発する場合には、開発する製品の市場調査を行い、似た発想による他社製品がないか、開発している各技術要素を持った他社製品がないか、既に存在する複数の技術を組み合わせると同じ開発の発想にならないか、他人又は自分が特許・権利を侵害していないか、といったように他社の先行技術を調査する必要がある。

従来、これらの調査結果は、メモ書きし、印刷物として知財部門などで管理していた。そのために、開発技術者の記憶に頼って技術開発を行っていたり、技術者の世代交代によってすべての調査結果を把握・継承することができず、調査に非常に多くの時間がかかっていた。

MIPAT/IPは、関心のある特許をデ

ータベースに電子化して登録し検索する手段を提供することにより、適切な抽出管理ができ侵害防止策の役割を果たせるように開発された。

#### (2) システムの開発方針

- (a) Web技術を利用することによって全開発技術者が利用でき、どのような端末からも検索できるようにした。
- (b) 平成5年(1993年)から、印刷されたものに代わり発行されている全CD-ROM公報をデータベース化し、検索閲覧・特許閲覧として社内技術者が自由に利用できる構成とした。
- (c) CD-ROM公報発行以前の期間や審査/審判の経過を調査できるように、(財)日本特許情報機構が提供している国内唯一の特許データベースであるPATOLISを採用し、Web技術を通じて検索できる環境とした。
- (d) 特許調査の結果のフォローアップができ、訴訟タイミングを図れるように、特許の審査/審判経過が変化した場合に変化情報を配信できるようにした。
- (e) 調査した結果を蓄積でき技術者が自分の評価を記録できるように、部門サーバに付加情報データベースが作成できるようにした。また、特許戦略設定から他社侵害回避までの調査のまとめデータにより、印刷物の保管ではできない再抽出を可能とした。
- (f) 付加情報の蓄積場所として分散型の部門サーバを設けたことで、LANによる高速アクセスが可能であり、部門外からのアクセスに対するセキュリティを確保した。

#### (3) MIPAT/IPの機能と特色

##### (a) 特許マップ作成機能

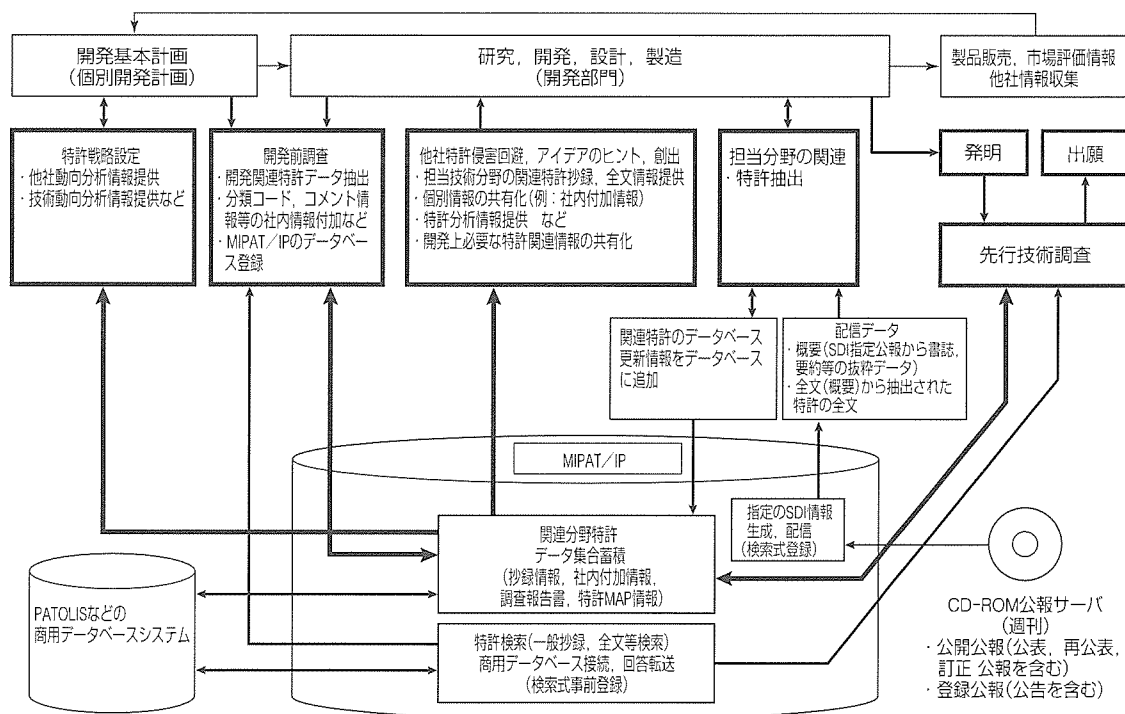


図2. MIPAT/IPシステム概念

公開された特許(公開された技術の独占権として)を調査して、付加情報を作成整理し、技術の種類による分類や同一分野の製造会社別に分類又は出願年代順等に分類することにより、市場の動向と分析を行い、他人の権利を侵害しない技術を利用して製品を設計する。MIPAT/IPでは、分類表表示と対応する要約文の表示又は公報全文を表示させることが可能である。

(b) 先行技術調査機能

付加情報データとして複数の評価を付与することが可能で、検索抽出も可能である。

(c) 特許回覧機能

発行されるごとに必要な技術分野の公報を技術者に回覧し、開発技術者がメモ情報の書き込みができる。

(d) ウォッチング機能

特に注目すべき特許を登録しておき、審査・審判など経過情報を自動更新できる。

### 3. 情報システム革新のアプローチ

前述のとおり、このシステム開発時には市販のパッケージソフトに最適なものが見当たらなかったために、独自開発を行った。その際、データ中心システム設計(DOA)、高速システム開発手法(RAD)、統合CASEツール、徹底した部品化アプローチ、ユーザー共同設計開発(JAD)などの各種の設計技法を駆使して、システム開発の生産性向上と品質向上を図った。

ここでは特に、MIPAT/MP開発時に行ったデータ中心システム設計について説明する<sup>(1)</sup>。

(1) データ中心システム設計による完全正規化データモデルの実現

データ面からのアプローチとして、MIPAT/MPでは徹底したデータ中心のアプローチを行い、データベースの完全正規化を図った。これにより、下記のことが達成された。

- テーブルの冗長性の排除
- システム開発の生産性・保守性の向上
- データ精度の向上

一方、従来システムから数十万件に及ぶデータ移行を行う際にデータベースの完全正規化を保つために、以下を検討する必要があった。

- (a) データベース構造が大きく異なる従来システムと新システム間の整合性の確保
- (b) 従来システム内に存在する不正データの処理

上記(a)に対処するため、テーブルごとに新旧項目対応表を作り、項目単位で編集ルールを定め、移行プログラムを

(注3) “Composer”は、㈱ケンウッドの登録商標で、同社からスターリング・ソフトウェア・テクノロジー㈱がコンピュータソフトウェア及びそれに関する文書について使用許諾を受けています。

作成した。(b)に関しては、機械的に処理できるものは移行処理の前でデータクリーンのプログラムを流して対応し、それ以外の不正データに関してはユーザー協力の下で修正を行いデータ移行を完成させた。

また一般的に、データベースの正規化を行うとテーブル数が増加するため、検索レスポンスの低下、ユーザーの操作性の低下などが起こる。このシステムでは特定項目に対するインデックスの付与、OSのパラメータの変更等のチューニングを行い、結果として一般的なクライアント/サーバシステムと同等のレスポンスを実現した。また、ユーザーに対しては、使用頻度の高いデータをまとめた検索用テーブルを提供することによってEUCの促進を図った。なお、検索用のテーブルは、DBMSのトリガー機能を活用して更新用データベースから自動生成している。

(2) データモデル一体のプロセスモデルの作成と統合CASEツールの採用

プロセス面からのアプローチとして、正規化されたデータモデルと一体化したプロセスの部品化を行った。データベースに対するトランザクション発生時にデータベースの整合性を完全に維持するためには、データモデルと一体となったプロセスの部品が必要であったために、IE(Information Engineering)のプロセス分析技法、及び統合化CASEツール“Composer”<sup>(注3)</sup>を採用した。このような部品化アプローチにより、開発と保守の生産性向上を図ることができた。またこのシステムは、統合化CASEツールを使った当社初の大規模クライアント/サーバシステムとなった。

### 4. む す び

知財権業務の生産性向上を図るため、3サブシステム及びグループウェアの運用を行い、各々効果を上げている。

今後はこれらの連携を一層強化し、知財部門従事者だけでなく全社員が情報を共有し活用できるように、次のような点を強化していく予定である。

- MIPAT/MP, FPのWWW化
- 地上系の通信回線のアップ(ATM化)とともに、衛星通信を利用した大量データ送信時のスピードアップ化
- 提供するデータの見せ方を改良し、エンドユーザーにとってより効率の良い検索方法の提供

また、三菱電機だけではなく関連会社の知財権業務も強化するためにMIPATシステムの提供を計画中である。

### 参 考 文 献

(1) 高橋正夫, 赤岩和治, 井上悦次, 小野幸彦, 関 昌弘, 南原 剛: 知財権統合情報システム(MIPAT), 情報処理, 39, No. 3, 252~257 (1998)



# 販売システム革新事例

小坂直司\* 野村 裕\*\*\*  
 深堀秀一\*\* 浦津多恵\*\*\*  
 吉田二郎\*\*\*

## 要 旨

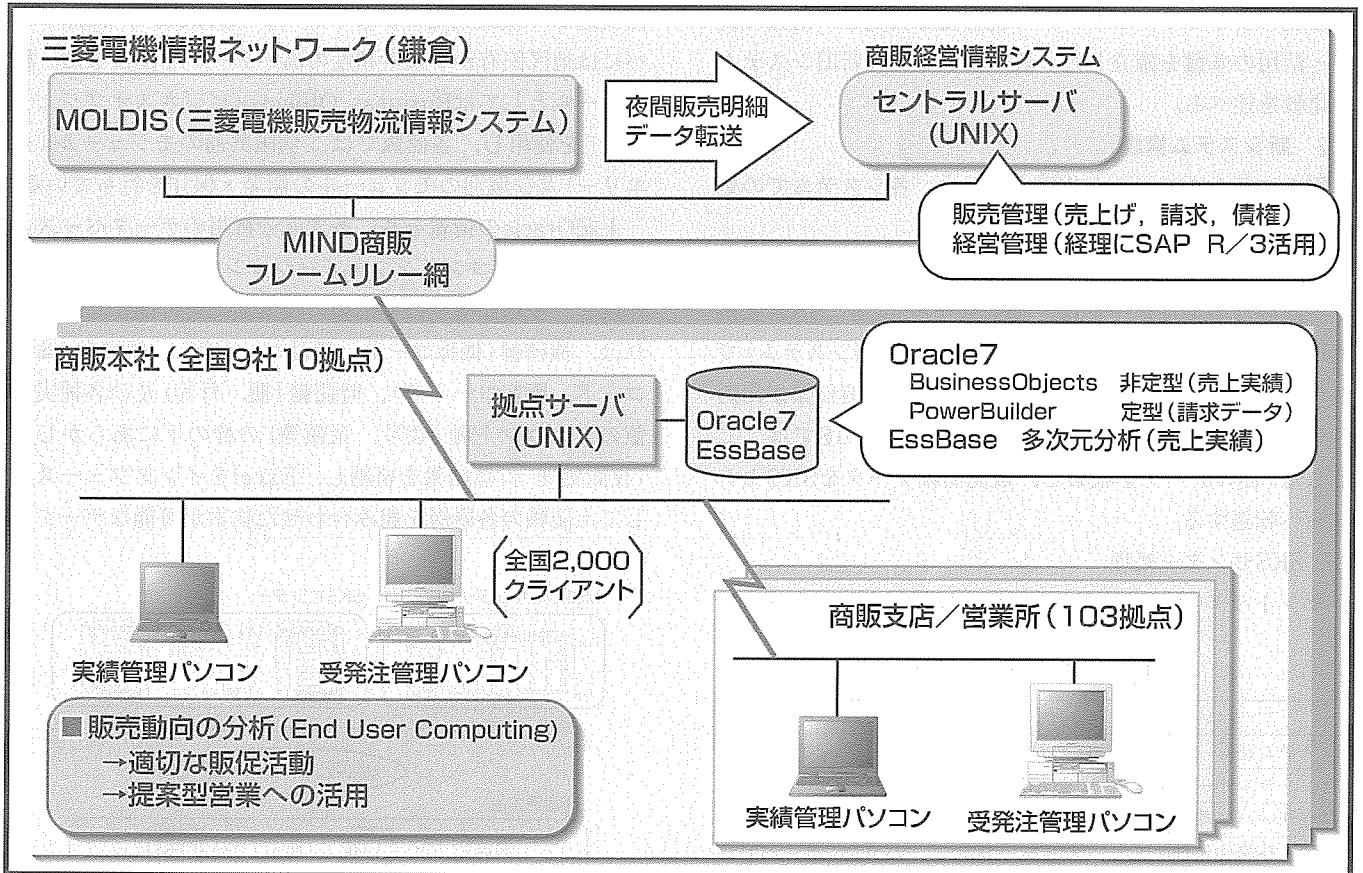
三菱電機は、家電製品販売会社である三菱電機商品販売会社(ライフネットワーク、ライフテック8社、略称：商販)の情報システム(販売管理、経営管理)をクライアント/サーバシステムで再構築した。このシステムは、汎用機やオフィスコンピュータで稼働していたシステムを、セントラルサーバ(UNIX 2台)及び拠点サーバ(全国拠点UNIX10台)で再構築し、これらサーバをフレームリレー網上に配置した統合管理システムである。1996年10月に稼働開始した。

新システム構築の目的は、情報システムの費用削減と高度情報システム基盤整備であり、年間約10億(社外費用)の削減を行うとともに、クライアント/サーバのオープンな環境の下で各種の情報活用によって業務改革を行うことである。新システムの機能面から見た特長として①販売実績検索として非定型検索Business Objects(Oracle)、多次

元分析のEssbaseの利用、②経理システムでの、SAP R/3を利用したリアルタイムシステムの実現、③従来からの処理についてはシステムの資産(COBOL)のコンバートによる利用、④全国1センター10拠点のサーバ上の処理の統合管理、が挙げられる。

新システムは、稼働後約2年を経過している。この間、システムの安定稼働とともに、更なる業務改革として出荷注残履歴検索/FAXイメージ取り込み等、オープンな情報インフラを活用したシステムを稼働させ、商品販売会社の経営に貢献している。

(注) "Business Objects"はBusiness Objectsの、"Essbase"はArbor Softwareの、"Oracle7"はOracle Corp.の、"PowerBuilder"は米国Powersoft Corp.の、"SAP" "R/3"はSAP Aktiengesellschaftの登録商標です。その他の会社名、製品名はそれぞれの登録商標又は商標です。



## 新商品販売会社システム概念図

セントラルサーバでは、夜間MOLDISから転送された販売明細データを基に販売管理(売上げ、在庫、請求、回収)処理及び経営管理(経理、人事、給与)処理を行う。拠点サーバでは、セントラルサーバからの販売実績を基に実績検索用データ更新処理を行う。これら基幹業務処理、検索データ業務処理、MOLDIS発注処理を同一ネットワーク上に配置した統合管理システムである。

1. ま え が き

三菱電機商品販売会社(以下“商販”という。)の経営情報システム(以下“SKS”という。)は、1987年三菱電機の全国標準システムとして統一され、汎用機とオフィスコンピュータ(以下“オフコン”という。)を利用したシステムとして運営されてきた。このシステムの再構築を、'94年4月から、三菱電機販路計画部、営業情報システム部、全国商品販売会社(ライフネットワーク、ライフテック8社)及び三菱電機情報ネットワーク社(以下“MIND”という。)で開始した。'96年10月、UNIX機とパソコンを利用した大規模クライアント/サーバ方式の新システムを稼働させ、情報システム費用の削減及び高度情報システムの基盤を確立した。

2. 商品販売会社情報システム改革概要

2.1 新旧システムの比較

全国7計算センターで稼働していたシステムを新システムでは1センターに集約し、運営コストの削減及び情報の一元管理を図った。また、汎用機とオフコンをUNIXサーバとパソコン(クライアント約2,000台)に一新し、商販各事業所のLAN化と高速フレームリレー網を利用したLAN間接続によってネットワークの統合化を実現し、情報の共有・活用の基盤を確立した。表1及び下記に新旧システムの比較を述べる。

2.2 新システム構成

図1に新システムの全体構成を示す。各システムでの処理の概要は下記のとおりである。

(1) MOLDISセンター処理

各商販での発注データは、通信サーバ(NT:SNA変換処理)を経由し、MOLDIS(三菱電機物流情報システム)で処理される。この結果、配送センターには出荷伝票が出力され、家電製品が客先へ届けられる。MOLDISでは、こうした1日のデータを収集し、販売明細データをSKSセンターへ転送する。

(2) SKSセンター処理

セントラルサーバ(サーバ2台で同期をとって処理)で

表1. 新旧システム比較

	旧システム	新システム
システム運営	7計算センター	SKSセンター集約
セントラルサーバ処理	汎用機8台	UNIXサーバ2台
拠点サーバ処理	オフコン10台	UNIXサーバ10台
MOLDIS発注処理	オフコン100台	パソコンサーバ31台
ネットワーク	専用線+パケット網	MIND FR網+INS回線
検索ツール	オフコンツール(E-DUET)	BusinessObjects Essbase+Excel
帳票	帳票出力(66万頁)	電子データが主

は販売/経営管理の処理を行い、日次の販売実績更新データを各拠点サーバ(10拠点)へ向けて振り分け/伝送する。

(3) 各拠点サーバ処理

拠点サーバは、実績検索用の各種データベースを更新する。SKSセンターでは、これらの処理を全国商品販売会社9社の標準システムとして運営している。

3. 新システム構築のポイント

各種ミドルウェアを活用して新システムを構築した。以下、構築のポイントについて述べる。

3.1 集中管理によるシステム運営

バッチ処理自動走行のツールとしてCA-UNICENTER(日本コンピュータアソシエイツ社)を採用し、MIND監視サーバからフレームリレー上の各サーバのJOBの集中管理を行っている。対象は、販売経営管理処理(鎌倉)のセントラルサーバ2台、実績検索データ更新(商販本社)の拠点サーバ10台である。各サーバ間の伝送処理にはFOAS(三菱電機)を使用し、UNICENTER下で制御している。

3.2 実績検索方式の技術革新

旧システムでは、各種実績資料を帳票及びオフコンのEUCで提供していた。新システムでは、原則として帳票を廃止し、電子データで提供し、セントラルサーバには全国共通かつ検索頻度の少ないデータ(Oracle)、拠点サーバには地区固有かつ検索頻度の高いデータを配置した。検索ツールとしてはBusiness Objects(ビジネスオブジェクト社)を使用し、各商販では、全国共通のモジュール(クエリー)及び個別のモジュールの開発・保守を行っている。

上記Oracleの情報を基に多次元分析用のデータベース/Essbase(ビーコンインフォメーションテクノロジー社)を作成し、多様な切り口で情報の検索加工を可能にした。これは、機種軸(機種コード、製品コード等)、組織軸(商販コード、顧客コード等)、時間軸(期、月等)及び各種実績値のアカウント軸(数量、金額等)の枠の下にあらかじめ(夜間処理)計算結果を格納し、Excelをインタフェースとして上記軸の各階層を組み合わせた検索が可能なデータウ

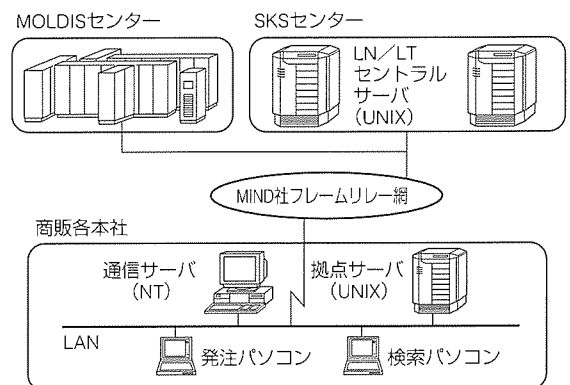


図1. 全体システムの構成

表2. 検索ツール一覧

ツール	処理	業務	使用者
Oracle + BusinessObjects	非定型	売上実績 / 在庫管理など	営業
Oracle + PowerBuilder	定型	請求データ	営業 / 経理
Essbase + Excel	定型 / 多次元分析	売上実績	スタッフ 経営幹部

エアハウス型データベースである(表2)。

### 3.3 SAP R/3の活用

従来オフコンと汎用機で分散処理していた経理システムを、R/3の財務会計(FI)の機能に置き換えて利用している。また、管理会計(CO) / 固定資産管理(AM)を利用した新サービスを追加した。各種帳票は、R/3標準言語のABAP/4でプログラムをアドオンすることによって旧システムとのサービスレベルを維持した。

R/3の導入によってリアルタイムな経理伝票入力を可能とし、これに基づく決算資料の速報化は仮決算処理(仮決算処理を行うため経理バッチ処理を行って決算資料作成)を排除し、決算期間の1週間の短縮を実現した。

SKSのデータ(仕入データやリポートデータ等)は、セントラルサーバ内の処理でC-PIC経由(アプリケーションインタフェース)によるバッチインプット方式で直接取り込み、各種伝票入力の負荷を軽減させた。

### 3.4 現行資産の活用(コンバージョン)

旧システムの資産を活用し開発費用を削減するために、付加価値が上がらないサブシステムは旧システムのCOBOLソースをコンバートした。旧システムでは、12サブシステム2,100本、944Kラインであったが、帳票出力を検索に、経理をSAP R/3で行ったことにより、1,800本、830Kラインに削減しコンバートした。変換作業は、下記手順で行った。

- (1) ソースのEBCDIC→ASCII変換
- (2) 文法の違いを吸収するためのソース自動変換アプリケーションの作成と処理
- (3) コード体系の違いによるマニュアル修正

### 3.5 請求書直送化による業務改善

旧システムでは、請求書については“客先向け請求書”“営業控え”“経理控え”用として3部複写の専用シートに出力し、商販で請求書送付作業(営業マンの持参又は郵送)を行ってきた。これを下記の形態に変更して省力化及び迅速化を行った。

#### (1) 客先向け請求書

セントラルサーバ(UNIX)で作成した請求書データをMOLDIS経由で印刷業者(共同印刷)へデータ提供し、請求書出力～郵便局持ち込みまでの一連作業について業務委託を行うとともに、客先直送を実現した。この方式により、

従来の請求書出力後の手修正の余地がなくなり、事前の完全なリポート登録等の業務が確立した。

#### (2) 営業控え

セントラルサーバから該当商販の請求書関連データを各拠点サーバへ伝送し(2か月分)、データベースの構築を行った。データベースからの検索出力についてはPower Builder(パワーソフト社)を採用し、客先からのあらゆる問合せに即座に対応できるよう各種パターンの検索条件指定を可能としている。検索結果については請求書レイアウトのイメージをそのまま一画面に表示した。この検索システムにおいて、万一の請求書の紛失や遅延といった障害に備え、上記PowerBuilderからCrystal\_Repoet(エージーテック社)を起動させ、請求書を再発行(印刷業者使用の専用紙/A4カット紙)する機能を作成した。

#### (3) 経理控え

請求書の経理控え用に、印刷業者へ提供しているデータと同じデータを使用し、月次でCD-ROMを作成して商販へ提供している。また、大量に出力する在庫資産一覧、マスター一覧、リポート一覧も帳票からCD-ROMに切り換えた。商販では、このROMを保管するとともに、快速サーチャー(インテック社)を使用し、出力帳票イメージでデータ検索が可能である。以上、請求書関連処理に特化した効果は下記のとおりである。

- 商販(人手)による請求書送付作業(営業マンの持参又は郵送)の軽減
- ペーパーレスの実現 / 帳票保管スペースの削減
- 客先問合せ及び障害時の対応迅速化

### 3.6 データ収集の自動化

旧システムでは、各種登録票を計算センターでパンチ入力していたが、新システムでは、ユーザーがクライアントから入力したデータを自動収集し、セントラルサーバで日次に更新し、結果を各拠点に分配する方式に切り換えた。クライアントからの登録は、下記2種の方式で実現した。

#### (1) PowerBuilderによる登録(11種)

顧客マスタ、リポートデータ登録等関連マスタが多くかつ重要なデータについては、PowerBuilderでユーザーインタフェースを構築し、各種マスタデータベース(Oracle)と整合性をチェックして登録データの品質を向上させた。

#### (2) Excelによる登録(64種)

各種パラメータなど単純なデータの登録は、Excel(各登録シートを提供)で構築した。開発は、登録シートとマクロの作成でできるため非常に軽く、登録対象データの拡大にも短期間で対応できている。

## 4. クライアント/サーバシステムの拡張

新システム稼働後、このシステムのプラットフォームを活用したシステム開発を行った。特に商販受注業務の効率化

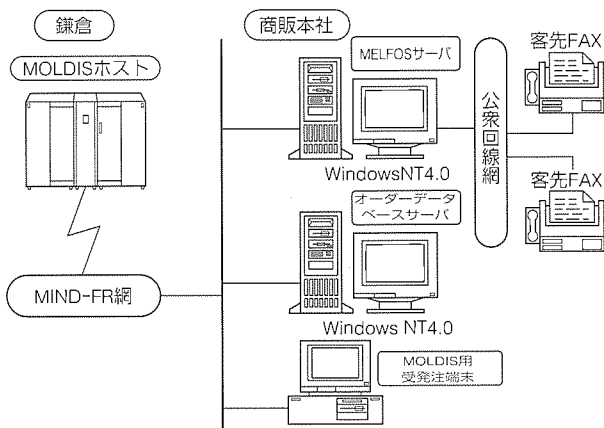


図2. 受注業務効率化システム

のためにMOLDIS出荷／注残履歴を蓄積し検索データを提供するシステム（オーダーデータベースシステム）、FAXによる受注及び回答業務の効率化を図ったFAX受注連動システムを紹介する（図2）。

(1) オーダーデータベースシステム

新システムでは、受発注業務をオフコンからクライアント／サーバシステムに切り換えた。稼働時は、発注の履歴を紙で担当者が管理し、各種問合せ、納期／オーダー管理を行っていた。これらの情報をデータベース（Oracle）に蓄積し、オンライン検索による対応を実現した。このシステムは、'97年10月稼働開始し全国の商販に展開した。開発言語はVisualBasic（Microsoft社）を使用した。

(2) FAX受注システム

従来からあるFAX OCRシステム（自動受発注回答システム）に加え、自動デジタル変換できない自社発注伝票を使用する客先向けのFAX受注システムを開発した（ライフネットワーク社の受注の約30%が対象）。

このシステムは、FAX受信システム（MELFOSサーバ：三菱電機製）で受信したイメージ情報とデジタル変換された客先FAX No.（電話番号）から自動編集した発注データを画面で確認した後に発注を行い、その処理結果をFAXで自動回答する。これにより、FAX受注業務及びフォロー業務を25%程度軽減した。

5. 大規模ビジネスシステム開発のポイント

このシステムは、全国のサーバとクライアントをネットワークで結合し統合管理する大規模システムであるが、以下システム開発及び運営におけるポイントを述べる。

5.1 ソフトウェアのバージョン対応

このシステム開発時は、パソコンのOSが、Windows3.1からWindows95への切換え時期と重なった。このため、当初開発の終了したものと及びミドルウェアを再度Win-

(注) 本稿中にある製品名（会社名）は、それぞれ各社の登録商標である。

dows95上で稼働確認した。現在も、各種アップグレードに迫られており、予想以上に費用及び期間がかかっているのが現状である。

5.2 他システムとのデータ授受

商販を取り巻く各社（量販店、代理店、関連会社）のビジネスシステムは汎用機とオフコンが現在も主流である。このため、外部とのデータのインターフェース（商販から各社への請求データ、他システムとのデータ授受）については、すべてMOLDIS経由（印刷業者への提供データ作成、MT作成、EDI、データ伝送）で行った。

5.3 計算センターの処理集約

全国7計算センターで運営していたため、地区独自の処理及び運営を行っていた。このため、全国の独自処理及び運営形態（各種締め運営日程）をすべて洗い出して整理／統合した。これら地区独自の運営を整理／統合できたのは、商販間の業務形態を調整する部門があったからと考える。

6. 開発費用及び効果

6.1 定量効果

旧システムは全国7計算センターでSKSを運営していたが、新システムでは各種サーバの統合管理を行った。この統合により、約10億円弱／年間の情報システム費用の削減を実現した。

6.2 定性効果

定性効果としては、下記のとおりである。

- オープンなシステムによる情報システムの拡張性
- 帳票主体から電子データ主体による業務効率改善（例：紙の量を2/3削減）
- SAP R/3導入によるリアルタイムシステムの実現
- 決算日程の5日ないし11日の短縮
- メール（CCMail：Lotus）の導入による情報インフラ整備

7. むすび

現在、商販のネットワークと三菱電機住宅環境事業企業集団のネットワークを連携させ製造-販売部門間の情報共有のプロジェクト（LEDISプロジェクト）が進行中である。

新システムで蓄積した情報を製作所へ提供するとともに、現在、製作所-商販間で行っている情報交換を体系化し電子データでの情報共有を目指している。

今後もこの情報インフラを活用したシステム開発を継続し商販経営に寄与する所存である。

参考文献

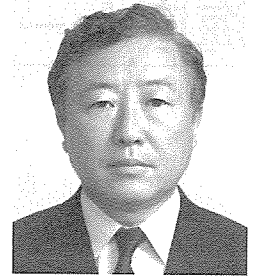
- (1) 日経情報ストラテジー：1997年8月号 ニュース（営業支援C/S型システム）

## 世界をリーディングする国際光海底ケーブル

低速モルス信号を送る電信用海底ケーブルがドーバ海峡に敷設されて150年、同軸ケーブルを用いた電話用海底ケーブル(TAT-1)が大西洋を横断して40年、光ファイバによるデジタル光海底ケーブル(TPC-3)が太平洋を横断して10年が経過した。来る西暦2000年には、海底ケーブル1条当たり640Gbpsの大容量データ通信光海底ケーブルが世界を結ぶ。

大洋を横断する長距離海底ケーブル技術はイギリスの電信用海底ケーブルから始まり、ポリエチレン絶縁体と真空管増幅器の発明によって電話用同軸海底ケーブルがアメリカのベル研究所で開発された。太平洋を横断したTPC-1、TPC-2はいずれもベル研究所の開発したシステムであった。その後、KDD研究所、ベル研究所は12年にわたる光ファイバ海底ケーブルの研究を共同で進め、TPC-3が完成した。TPC-4、TPC-5はKDD研究所とベル研究所の共同開発によるシステムである。

情報通信は、過去10年間に技術革新、規制緩和、競争導入によって著しく変化し、21世紀に向けて更に激化する状況にある。国際間光海底ケーブルは技術開発によって過去10年の間に1回線当たりのコストは約100分の1以下と大幅に下がり、衛星通信と海底ケーブルの長年の論争に終止符が打たれた。海底ケーブルはデータ通信ネットワークの主要となり、衛星通信は移動通信が主体となった。



ケイディディ海底  
ケーブルシステム株式会社  
代表取締役社長

工学博士 新納康彦

全世界的に急速に普及したインターネットをより高品質で高信頼なシステムに改良するため、次世代インターネットの研究開発が活発に進められており、21世紀には、既存電話網は高度なデータ通信網へ置き換えられるであろう。この作業は既に始まっており、グローバルなデータ通信ネットワークが世界的に完備するには10年から20年の長年月を要するであろう。

ケイディディ海底ケーブルシステム株式会社(KDD-SCS)は、去る9月2日、パリのルーブル美術館でTAT-14の供給契約書に調印を行った。TAT-14は世界最大容量の光海底ケーブルシステムで、国際競争入札の結果、日本の技術力が認められ、三菱電機の光海底中継器、光端局とともに我が国の光海底ケーブルシステム技術は世界的にトップレベルとなった。長距離光海底ケーブルシステムは、高度な光ファイバ伝送技術、高度な信頼性技術、特有の海洋技術の集大成であり、これにチャレンジすることは研究者、技術者の夢でもある。将来システムとして既にテレビットシステムの研究が開始されている。世界に先駆けて技術ブレークスルーを実現することが急務であり、このためには独創的なアイデアが要求されている。

21世紀へ向けてより高度なグローバルデータ通信ネットワークを構築するため、世界の光海底ケーブル技術をリーディングすることは我々に与えられた使命である。

# 光海底ケーブルシステムへの取組

北山忠善\*  
手島邦夫\*\*

## 1. ま え が き

世界的に、光海底ケーブルシステムの建設が活発に行われている。国際電話需要の増大に加え、人々の生活に浸透しているインターネットの急速な普及により、国際回線の需給関係にひっ(逼)迫を来すと予想されているため、活発な光海底ケーブル建設が行われている<sup>(1)</sup>。インターネット回線需要は、電話需要に比較して安くて大容量の回線を要求する。大容量で経済的な回線を提供できるようになった技術的要因は、光ファイバ増幅中継方式の実用化である<sup>(2)</sup>。

光ファイバ増幅器は光信号を電気信号に変換することなく光信号のまま増幅できるため、伝送速度によらず中継できることと、光増幅中継器は少ない部品で構成できることから海底ケーブルシステムの高信頼度化・経済化が図れる。光ファイバ増幅器を用いた光海底中継器を多中継することにより、10,000kmにわたり高品質のデジタル信号を伝送することができる。光ファイバ増幅器は複数の波長の光信号を一括増幅できる潜在能力を持っている。1本の光ファイバに複数の波長の信号を多重化して伝送する波長多重(Wavelength Division Multiplex: WDM)伝送システムに光ファイバ増幅器を用いた光海底中継器を適用すると、高速エレクトロニクスデバイスの開発を待つことなく超大容量の光海底ケーブルが実現できる<sup>(3)(4)</sup>。波長多重方式による海底ケーブルシステムでは、海中分岐装置に波長分岐挿入機能を備えることにより、通過する信号と分岐挿入される信号を同じファイバに波長多重し経済化することもできる<sup>(5)</sup>。波長多重方式海中分岐装置は、アジアから中近東経由で欧州へ至るルートのように、海中分岐箇所が多いシステムに適している。

三菱電機技報は、光通信の特集号<sup>(6)</sup>を発行してから4年を経て再度進展著しい光海底ケーブルシステムの小特集号を組むことになった。この小特集では、当社のWDM光海底ケーブルシステムへの取組を概観するとともに、最近の成果である光海底中継器、海中分岐装置回路、陸上光端局装置、当社で開発したWDM光海底ケーブルシステム用デバイスについて述べる。本稿では、WDM伝送方式光海底ケーブルシステムの市場動向、技術動向、当社の取組及び将来展望について述べる。

## 2. 光海底ケーブルシステムへの取組と成果

### 2.1 光海底ケーブルの市場動向

光海底ケーブルは、従来、国際間の電話需要の増大に対応して各国通信事業者の間で計画・建設・利用されてきた。東西冷戦終結後、ビジネスのグローバル化に伴う企業の通信網整備による専用線需要の増大、インターネットの普及による非電話系サービスの急増などによって国際通信回線の需要が急激に増大していること等から、近年、海底ケーブルシステムの建設が活発である<sup>(1)</sup>。国際的な通信分野の自由化によって新国際通信会社が登場し、競争力確保のためにケーブルを保有しようとしていること、投資目的のプライベートケーブルの登場も光海底ケーブル建設を活発化させている一因となっている。

10年前に比較して2000年には太平洋の国際回線容量は1,000倍になろうとしている。大容量で低コストな国際通信回線は、従来の電話サービスやインターネット提供サービスにとどまらず、新しい国際通信サービスを生むことになると期待される。

### 2.2 光海底ケーブルの技術動向

図1に光海底ケーブルの伝送容量の拡大と技術の変遷を示す。1992年までは、光信号を電気信号に変換しパルスを増幅再生した後に再び光信号に変換して送出する光再生中継方式の海底ケーブルシステムであった。

1990年代半ばには、光増幅中継器方式が主流となり、伝送容量は1ファイバ当たり5Gbpsであった。光ファイバ増幅器の励起LD(Laser Diode)としては、高い信頼度を達成した波長1.48 $\mu$ mの半導体LDが用いられた。光中継器の性能を引き出すため、送信光信号の偏波を一様にスクランブルする偏波スクランブラも用いられた。光ファイバは、波長によって光パルスの伝搬速度がわずかに異なる特性(分散)を持っている。光ファイバとしては1.55 $\mu$ m帯で分散の小さい分散シフトファイバを用いるが、10,000kmの伝送となると累積する分散は無視できない。5Gbpsの光パルスが累積した分散によって途中で大きな波形ひずみを生じないように、分散を打ち消す分散補償ファイバを挿入しながら分散値管理を行っている。

'98年には波長多重技術によって8波多重した光海底ケーブルシステムが導入されようとしている。1波長当たりの伝送容量は2.5Gbpsであるが、1ファイバ当たりの伝送容量は20Gbpsである。システム長9,000kmのシステムでは、利得等化、非線形抑圧、及び分散等化が重要である<sup>(7)</sup>。8波長を一括増幅するために、光ファイバ増幅器は、光フィルタなどを用いて利得を全増幅帯域にわたって等しくす

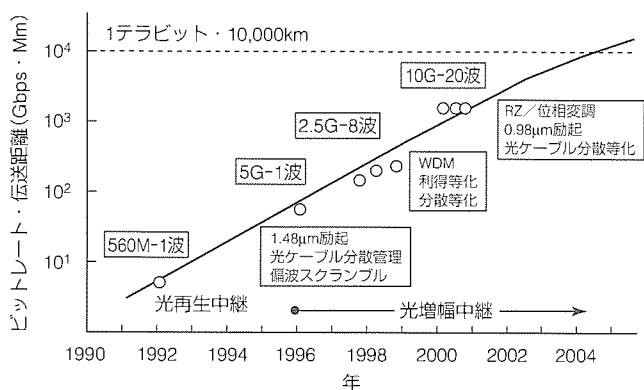


図1. 光海底ケーブルにおける伝送容量の拡大と技術変遷

る利得等化が行われる。伝送用光ファイバとして、零分散波長を通常の分散シフトファイバより長波長側にシフトするとともにモードフィールド径を大きくした光ファイバを用いることにより、4波長混合等の非線形効果を抑圧している。累積する分散は全波長に対して光ケーブル中で分散管理することはできないので、陸上光端局設備において波長ごとに分散を補償する。伝送距離をさらに12,000kmに伸ばすには陸上端局設備の送信側と受信側で波長ごとに分散等化管理を行うこと、伝送ケーブル中に利得等化残補償器を挿入することによって12,000kmまで伝送できることが示されている<sup>(8)</sup>。1波長当たりの容量を10Gbpsとし20波長波長多重することによって1ファイバ当たり200Gbpsとする超大容量の光海底ケーブルシステムが将来ケーブルに向けて検討されている<sup>(9)</sup>。200Gbpsシステムでは、低雑音光ファイバ増幅器、送信側位相変調、分散スロープ補償が重要である。低雑音増幅器の実現には波長0.98μmの励起LDを用いる。波長0.98μmのLDの高信頼度化が重要となる。1波長当たりの10Gbpsの伝送容量を実現するには光ファイバ中を伝搬する光パルスがはずまないように光ケーブル途中で各波長ごとに分散等化を行うとともに、送信側ではRZパルス変換等の波形処理を行い、光ファイバ伝送路中での符号間干渉と非線形効果による波形ひずみ制御を行うことによって9,064kmの伝送に成功している。

さらに将来の目標として、1ファイバ当たり1Tbps (10<sup>12</sup>bps)10,000km伝送の実現性が指摘されている<sup>(10)</sup>。

### 2.3 光海底ケーブルシステムへの当社の取組

従来の光再生方式中継器では、各方式ごとに最高速の電子デバイス開発が要求された。光ファイバ増幅中継器の登場によって超高速電子デバイスの開発が不要になるとともに、光ファイバ増幅器の持つ広帯域性から光ファイバ増幅方式は一代にとどまらず今後主流の方式となると考えられ、国際電信電話<sup>(株)</sup>及びケイディディ海底ケーブルシステム<sup>(株)</sup>(KDDグループ)の開発に参画することとなった。キーコンポーネントである励起用半導体LDや中継器制御ICについては、長期寿命試験を

実施し高信頼度化を図った。

光増幅中継方式光海底ケーブルシステムが商用化された後、更に大容量化を図るためWDM光海底ケーブルシステムの開発に参画した。図2にKDDグループのWDM光海底ケーブルシステムネットワーク構成例を示す。

光中継器用1.48μm励起LDについては、新たにひずみ多重量子井戸構造によって高効率化を図ったLD<sup>(11)(12)</sup>を用いた。海底機材として重要な圧力きょう(筐)体の開発も行った。波長多重伝送方式が採用されるに至り電子デバイスの速度上昇が緩和されること、波長数分の装置数量規模が見込めることから波長多重方式の陸上設備開発にも参画することとなった<sup>(13)</sup>。波長多重陸上設備の開発においては、装置の小型化・経済化が特に重要と考えデバイスの集積化を積極的に行った。特に、変調器集積化LDの開発及びそのWDMソースとしての整備を行った<sup>(14)(15)</sup>。

光海底ケーブルシステムでは、ネットワークに接続された装置の監視、制御によって障害発生時にも高信頼で高品質な回線を多くの人手を介さずに効率的にまた迅速に提供するオペレーションシステムが重要になる。オペレーションシステムは、全局内設備の詳細監視情報の収集及び各種設定制御を行うNEOS(Network Element Operation System)と各装置の集約警報を収集する局内監視装置からなる。NEOSは、多重化された各波長の回線や装置の監視を行い、故障時には上位のネットワークオペレーション装置及び保守者に通知する。陸上光端局設備はNEOSと監視制御情報をやり取りするが、波長多重システムでは、陸上端局設備は複数の設備に分散していることや監視制御箇所及び障害探索が重要である。我々は、ネットワーク装置とネットワーク制御装置のインターフェースを国際標準として整備されつつあるTMN(Telecommunication Management Network)Q3インターフェースに準拠させることによって大規模システムにも耐え得るように開発した<sup>(16)</sup>。

### 3. 将来展望

光海底ケーブルの伝送容量は100Gbps/ファイバから更にテラビット(10<sup>12</sup>bps)/ファイバへ大容量化していくものと思われる。海底ケーブルシステムとしての大容量化は、1波長当たりのビットレートの上昇、波長数の上昇の組合せで実現されると思われる。ビットレートの上昇には、光変調デバイスとして電界吸収型光変調器集積型LDの高速化も重要である<sup>(17)</sup>。光ファイバ心線数の増加も考えられるが、中継器内の光増幅器への給電電流又は電源設備の電圧を上げる必要がある。大容量化には光増幅中継器の低雑音化が重要である<sup>(18)</sup>。波長0.98μmの励起LDは海底システムでの使用に耐える高信頼度化が重要であり当社でも開発を進めている<sup>(19)</sup>。

ケーブルの大容量化が進むと、ループ状に形成された冗

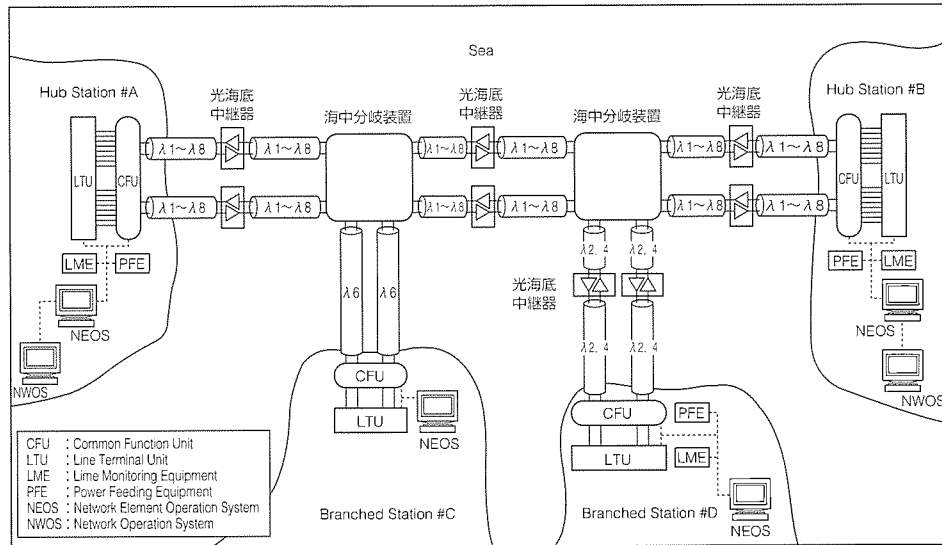


図2. 光海底ケーブルシステム構成例

長化回線容量も大容量となる。システムの経済化のためには、異なるケーブル間で回線障害時に回線を提供しあうことも予想される<sup>(20)</sup>。光海底ケーブルに障害が発生したときネットワークを保護するネットワークプロテクション装置も、容量の増大に伴い光レベルでスイッチングする方式も検討されるであろう<sup>(21)(22)</sup>。

光デバイスの高度化とネットワーク制御技術の高度化が今後ますます重要になってくるものと思われる。当社も、長く積み上げてきた光半導体技術を今後ますます磨きつつコンピュータ技術を導入したネットワーク制御技術を高めて、市場の期待にこたえていく所存である。

#### 4. む す び

当社の海底ケーブルシステムへの取組は光ファイバ増幅器が実用化されるときに始まり、WDM時代に陸上端局設備を含めたトータルなシステム機器を提供できるようになってきた。

この間、KDDグループ各社(国際電信電話株, ケイティディ海底ケーブルシステム株, 株KDD研究所)から多くのご指導を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

光海底ケーブルシステムは供給面でも競争が激化しているが、当社は21世紀へ向けて光海底ケーブルシステム市場に役立つシステムを提供していきたいと考えている。

#### 参 考 文 献

- (1) 梶島隆富: 急伸する国際トラフィック新ケーブル事業が目白押し, 日経コミュニケーション152~157 (1998-9-21)
- (2) 山本 周: 光ファイバ・アンプ中継方式による世界最長・大洋横断ギガビット光伝送実験に成功, KDDテクニカルジャーナル, No.10 (1992)

- (3) Taga, H.: Long Distance Transmission Experiments using the WDM Technology, IEEE J.of Lightwave Technol., LT-14, 1287~1298 (1996)
- (4) Bergano, N.S., Davidson, C.R.: Wavelength Division Multiplexing in Long-Haul Transmission Systems, IEEE J.of Lightwave Technol., LT-14, 1299~1308 (1996)
- (5) Goto, K., Wakabayashi, H.: OS-W WDM Submarine Cable System, Conference Proceedings of Suboptic '97, California, USA, 505~512 (1997)
- (6) 伊東克能: 三菱電機における光通信システムの歩み, 三菱電機技報, 68, No.6, 494~499 (1994)
- (7) Otani, T., Kawazawa, T., Goto, K., Takeda, N., Akiba, S.: 16 Channel 2.5Gbit/s WDM Transmission Experiment Over 9000km by using Gain Equalized Amplifier Repeaters, Electron.Lett.33, No.4, 309~310 (1997)
- (8) 釣谷剛宏, 大谷朋広, 川澤俊夫, 後藤光司: OS-W方式による長距離波長多重光伝送, 信学技報, OCS 97-83 (1997)
- (9) 多賀秀徳, 武田憲幸, 枝川 登, 鈴木正敏, 今井 薫, 山本 周, 秋葉重幸: 周期的分散スローブ補償を用いた10.66Gbps20波長多重9064km伝送実験, 信学通信ソサイエティ大会, B-10-108 (1998)
- (10) Mousavi Madani, F., 菊池和朗: 1Tb/s-10,000km WDM光伝送システムの可能性, 1998年信学ソサイエティ大会, B-10-102 (1998)
- (11) 西村隆司, 松本啓資, 石村榮太郎, 中島康雄, 竹見政義, 木村達也, 一色邦彦, 相賀正夫: 全MOCVD成長による1.48μm帯高出力レーザの開発, 平成5年秋季応物理学術講演会, 29-K-9 (1993)



- (12) Matsushima, Y., Tatekura, K. : Reliability of Optical Components for OS-W : WDM Optical Submarine Cable System, Conference Proceedings of Suboptic '97, California, USA, 145~151 (1997)
- (13) Shibano, E., Goto, K., Tanaka, H., Kawazawa, T., Ando, N., Otani, T. : Terminal Equipment for OS-W WDM Submarine Cable, Conference Proceedings of Suboptic'97, California, USA, 129~136 (1997)
- (14) 水落隆司, 下村健吉, 大浦崇靖, 松下 究, 北山忠善, 芝野栄一, 松田准二 : EA変調器集積LDを用いたWDM用光送受信器, 1997年信学総全大, B-10-206 (1997)
- (15) Ishimura, E., Miyazaki, Y., Matsumoto, K., Takiguchi, T., Suzuki, D., Takagi, K., Higuchi, H. : Small Chirp and Wide Bandwidth Integrated Modulator-laser at Zero Offset-bias Operation, ECOC'97 (1997)
- (16) 下笠 清, 木嶋孝文, 水落隆司, 尾崎陽二郎, 大田聡, 武村伸之, 溝口隆宏 : 2.5G 8波 波長多重光端局装置, 三菱電機技報, 72, No.12, (1998)
- (17) 水落隆司, 清水克宏, 石田和行, 加治屋 哲, 宮崎泰典, 松下 究, 北山忠善, 田中英明 : EA変調器集積LDを用いた海底WDM用 5 GbpsRZ光送信器, 1998年信学会ソサイエティ大会, B-10-170 (1998)
- (18) Akiba, S., Yamamoto, S. : WDM Undersea Cable Network Technology for 100Gb/s and Beyond, Conference Proceedings of Suboptic'97, California, USA, 448~456 (1997)
- (19) Yamamura, S., Shigihara, K., Kawasaki, K., Nagai, Y., Miyashita, M., Takemoto, A., Higuchi, H. : Highly Reliable 0.98 $\mu$ m Laser Diodes with a Window Structure Fabricated by Si-ion Implantation., OECC'98, 16D2-4, 546~547 (1989)
- (20) Runge, P.K. : Long Term Directions for Undersea Lightwave Network Technologies, Suboptic'97, California, USA, 433~437 (1997)
- (21) Kabashima, T., Wakabayashi, H., Yamamoto, H., Yamazaki, Y., Tanaka, M., Goto, K., Shimatani, Y., Niuro, Y. : JIH : The Japan Information Highway, Conference Proceedings of Suboptic '97, California, USA, 253~258 (1997)
- (22) Yamamoto, S. : Economic Aspect of Optical Submarine Cable Systems with New Technology, Conference Proceedings of Suboptic'97, California, USA, 73~79 (1997)



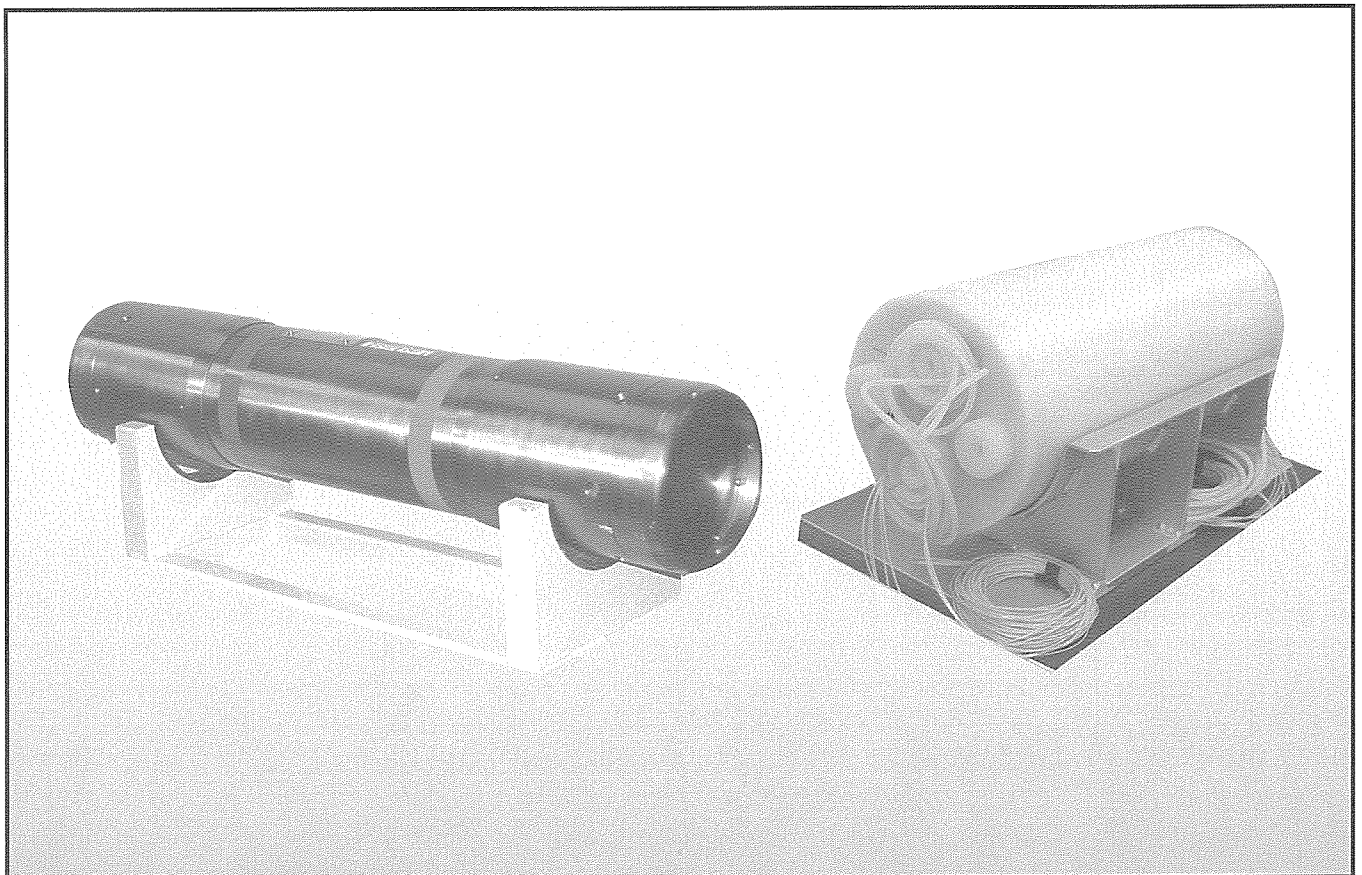
# 光海底中継器及び海中分岐装置回路

仲川栄一\* 松下 究\*\*  
北垣俊一\* 本島邦明\*\*  
熊安 敏\* 十倉俊之\*\*

## 要 旨

国際間通信の容量増大に対応するため、光波長多重方式を採用した光海底ケーブルシステムの開発を行った。超長距離伝送後の波長多重信号品質を確保するために、光海底中継器に利得波長特性を補償する利得等化素子を用い、光信号波長帯域での増幅利得を平坦(坦)化した。幹線ケー

ブルから分岐陸揚げ局にケーブルを海中分岐する装置として、光海底中継器の給電経路の切換え機能と特定波長の光信号を分岐するために、光波長分岐/挿入機能を備えた海中分岐装置回路も開発した。



## 光海底中継器及び海中分岐装置回路

・光海底中継器(左)と海中分岐装置回路(右)を示す。光海底中継器は、最大深度8,000mの高水圧に耐えるきょう(筐)体内に光ファイバ増幅方式による光海底中継器回路を内蔵している。海中分岐装置回路は、給電経路切換え機能と光波長分岐/挿入機能を持っている。光海底中継器と海中分岐装置回路は、25年間の運用に耐えられるように高信頼度が図られている。

## 1. ま え が き

光ファイバ増幅器は、装置構成が簡易で部品点数が少なく、信号変調速度がギガビットを超える高速領域では再生中継器に比較して格段の小型化、低消費電力、高信頼化が実現できる。また、光ファイバ増幅器を使用した光海底中継器は、出力飽和領域で使用すると、伝送ケーブルの損失変動や前段光海底中継器の故障による入力変動が生じて、多段中継後の出力を回復する。

近年の急激な国際間通信需要の増大に対応するため、1本の光ファイバで異なる光波長を持つ複数の光信号を同時に伝送する光波長多重方式が適用されている<sup>(1)</sup>。

特定の光波長信号のみを分岐/挿入する機能を持つ海中分岐装置回路<sup>(2)</sup>についても開発した。

## 2. 波長多重光海底中継器

### 2.1 光海底ケーブルシステム

図1に光海底ケーブルシステムのシステム構成を示す。両端の伝送端局間に伝送距離に対応した台数の光中継器が直列接続される。途中で分岐陸揚げ局に分岐する場合には、海中分岐装置回路による海底ケーブルの分岐を行う。

### 2.2 光波長多重への対応

光海底中継器は、2波長以上の光信号が同時にEDF(エルビウムドープファイバ)に入力された場合にも、すべての光信号を一括増幅する。光ファイバ増幅器の各信号波長の出力は、利得波長特性によってレベル偏差を生じる。伝送距離6,000km以上の伝送システムにおいては200台程度の光海底中継器が直列接続されるため、各光海底中継器の利得波長特性が累積され、受信端局において波長ごとの信号対雑音比に大きな差を生じる。すべての信号波長において同等の伝送品質を得るには、信号波長帯域における利得波長特性を平坦にすることが重要である。光海底中継器では、個々の光海底中継器の利得波長特性を1伝送区間分の

伝送ケーブルの損失波長特性と逆特性に設定することで、1伝送区間の波長特性を平坦にする。光海底中継器の損失波長特性の調整は利得等化素子を用いて行った。

### 2.3 装置構成

光海底中継器は、圧力筐体と中継器回路で構成される。圧力筐体は最大深度8,000mの水圧に耐え、耐腐食性に優れたベリリウム銅合金で構成されている。圧力筐体は、上り/下り一对のファイバで構成されるサブシステムを最大4サブシステムまで収容できる。図2に光海底中継器の圧力筐体と中継器回路との関係を示す。光海底中継器への給電は陸上局から直流給電され、光海底中継器内の電源回路を通じて各サブシステムに供給されている。光海底中継器では、直流給電により、設置場所によっては、中継器回路内部と圧力筐体間に高電圧差が生じるため耐高電圧設計がなされている。

図3に光海底中継器のサブシステム構成を示す。光海底中継器は、EDF、励起LD(Laser Diode)モジュールと駆動制御回路、波長多重(Wavelength Division Multiplex: WDM)カプラ、光アイソレータ、光カブラ及び利得等化素子で構成される出力回路で構成されている。励起LDモジュールではひずみ量子井戸構造を持つLDを使用しており、高効率で高信頼性を持っている<sup>(3)</sup>。出力カプラ回路

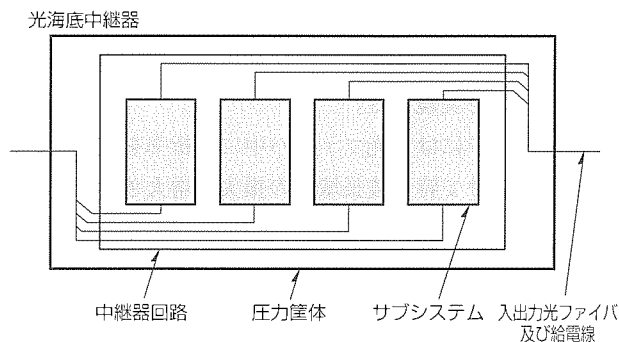


図2. 光海底中継器の圧力筐体と中継器回路の関係

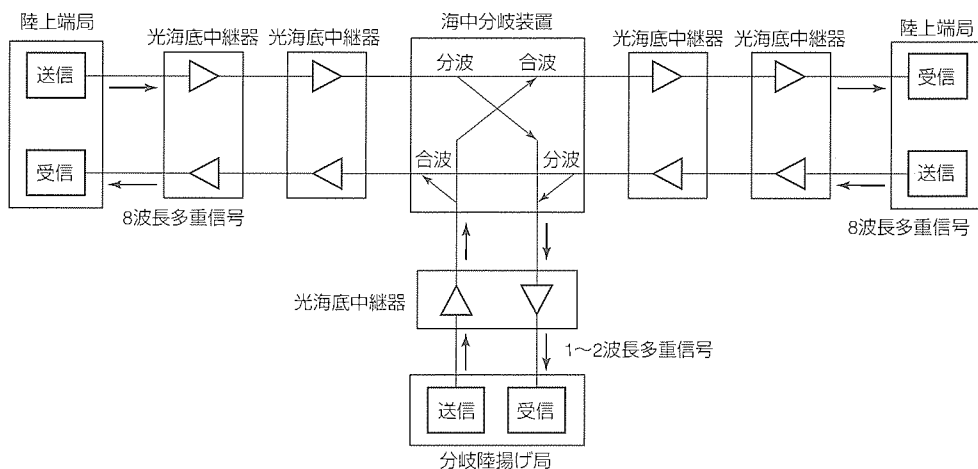


図1. 光海底ケーブルシステムの構成

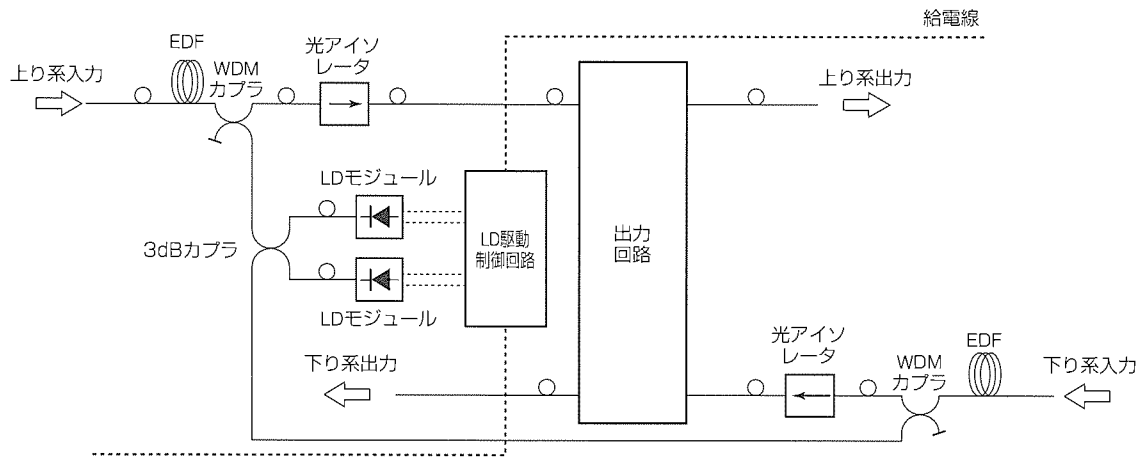


図3. 波長多重光海底中継器のサブシステム構成

は伝送ケーブルの状態監視に使用する。

光海底中継器の利得は、システム長、伝送信号速度、伝送信号波長多重数などにより、海底ケーブルシステムごとに最適値に設定される。

2.4 光波長多重増幅特性

光海底中継器では、利得等化素子を挿入して光中継器出力の波長特性を伝送ケーブル損失の波長特性と逆特性とすることにより、1伝送区間(光海底中継器+伝送ケーブル)における光信号波長特性を平坦化する。EDFAの利得波長偏差とWDMカプラの損失波長特性を利得等化素子の損失波長特性によって調整して、伝送ケーブル損失の波長特性の逆特性を実現する。

利得等化素子には、光ファイバ中に屈折率を変化させた回折格子を設けて特定波長域での損失を増大させたファイバグレーティング形を用いた<sup>(4)</sup>。

図4に、8波長多重信号に対する光中継器出力特性例を示す。光海底中継器の所望の特性は、伝送ケーブルの損失特性と逆特性である。図に示した各波長の出力偏差は、伝送ケーブルの損失特性の逆特性に対して0.1dB以内と良好である。

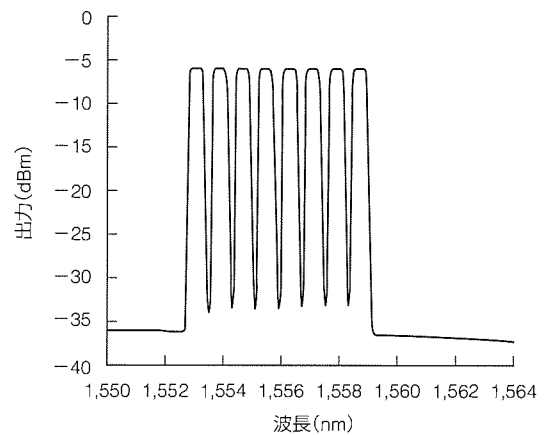
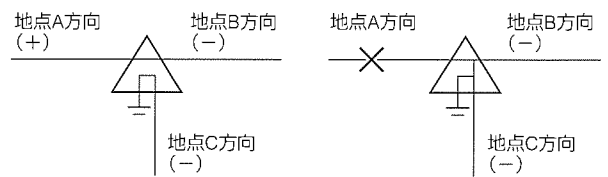
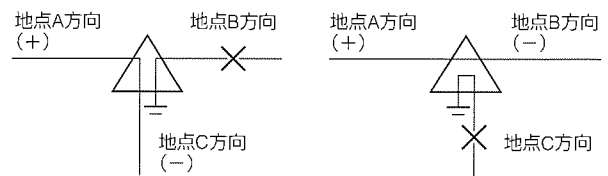


図4. 8波長多重信号に対する光中継器出力特性例



(a) 通常時の給電経路 (b) 地点A方向障害時の給電経路



(c) 地点B方向障害時の給電経路 (d) 地点C方向障害時の給電経路

図5. 海中分岐装置回路の給電切換え構成

3. 海中分岐装置回路

光海底ケーブルシステムにおいて両端の伝送端局に加えて分岐陸揚げ局との伝送を実施する場合に、海中で海底ケーブルを分岐する海中分岐装置回路が用いられる。海中分岐装置回路は、陸上からの給電経路を切り換える機能と、光信号を分岐陸揚げ局に分岐する機能を持っている。

図5に海中分岐装置回路の給電切換え構成を示す。通常運用時には図の(a)の構成で給電経路を形成するが、海底ケーブル断線障害時には図の(b)~(d)の構成で断線区間以外の区間への給電経路を形成することができる。

光波長多重システムでは、分岐陸揚げ局を含む複数の伝送端局間の伝送を、信号波長ごとに分けることが可能であ

る。3地点間の伝送を例にとると、地点A-地点B間は6波長を使用し、地点A-地点C間及び地点B-地点C間は2波長を使用することで、地点Cの伝送端局装置は必要な伝送容

量に対応した設備規模とすることができ、経済的なシステム構築と伝送容量の有効利用ができる。今回開発した光波長多重方式対応の海中分岐装置回路では、幹線ケーブルで8波長多重された光信号から2波長程度を分岐陸揚げ局方向に分波し、分岐陸揚げ局からの同一波長信号を幹線ケーブルに合波する機能を持っている。

#### 4. む す び

光波長多重方式対応の光海底中継器と海中分岐装置回路について述べた。この装置は、光波長多重方式を用いる海底ケーブルシステムに順次適用されている。今後も、更なる波長多重数の増加に対応する光中継器を開発する予定である。

なお、光海底中継器及び海中分岐装置回路の開発と実用化に際して多大なご指導を賜りました国際電信電話(株)、ケイティディ海底ケーブルシステム(株)、(株)KDD研究所の関係各位に感謝の意を表する次第です。

#### 参 考 文 献

- (1) Goto,K., Wakabayashi,H., Yamamoto,S., Akiba,S., Tatekura,K., Yamamoto,H. : OS-W WDM Submarine Cable System, Conference Proceedings SubOptic'97, WS-A, 505~512 (1997)
- (2) Kawazawa,T., Norimatsu,N., Shibano,E., Goto,K., Wakabayashi,H., Asakawa,K., Kojima,J., Nishikawa,H., Furusawa,K., Yamamoto,H. : OS-W Branching Unit for Application to WDM Submarine Cable Network, Conference Proceedings SubOptic'97, TH1-B, 678~683 (1997)
- (3) 西村隆司, 松本啓資, 石村栄太郎, 中島泰雄, 竹見政義, 木村達也, 一色邦彦, 相賀正夫 : 全MOCVD成長による1.48 $\mu$ m帯高出力レーザの開発, 平成5年秋期応用物理学会学術講演会, 29-K-9 (1993)
- (4) Wada,A., Shima,K., Sasaki,H., Matsumoto,R., Tanaka,N., Suzuki,F., Yamauchi,R. : Fiber-Based Optical Components for Submarine Systems, Conference Proceedings SubOptic'97, TH-1 687~690 (1997)

## 2.5G 8波 波長多重光端局装置

下笠 清\* 武村伸之\*  
 水落隆司\* 大田 聡\*  
 尾崎陽二郎\* 溝口隆宏\*

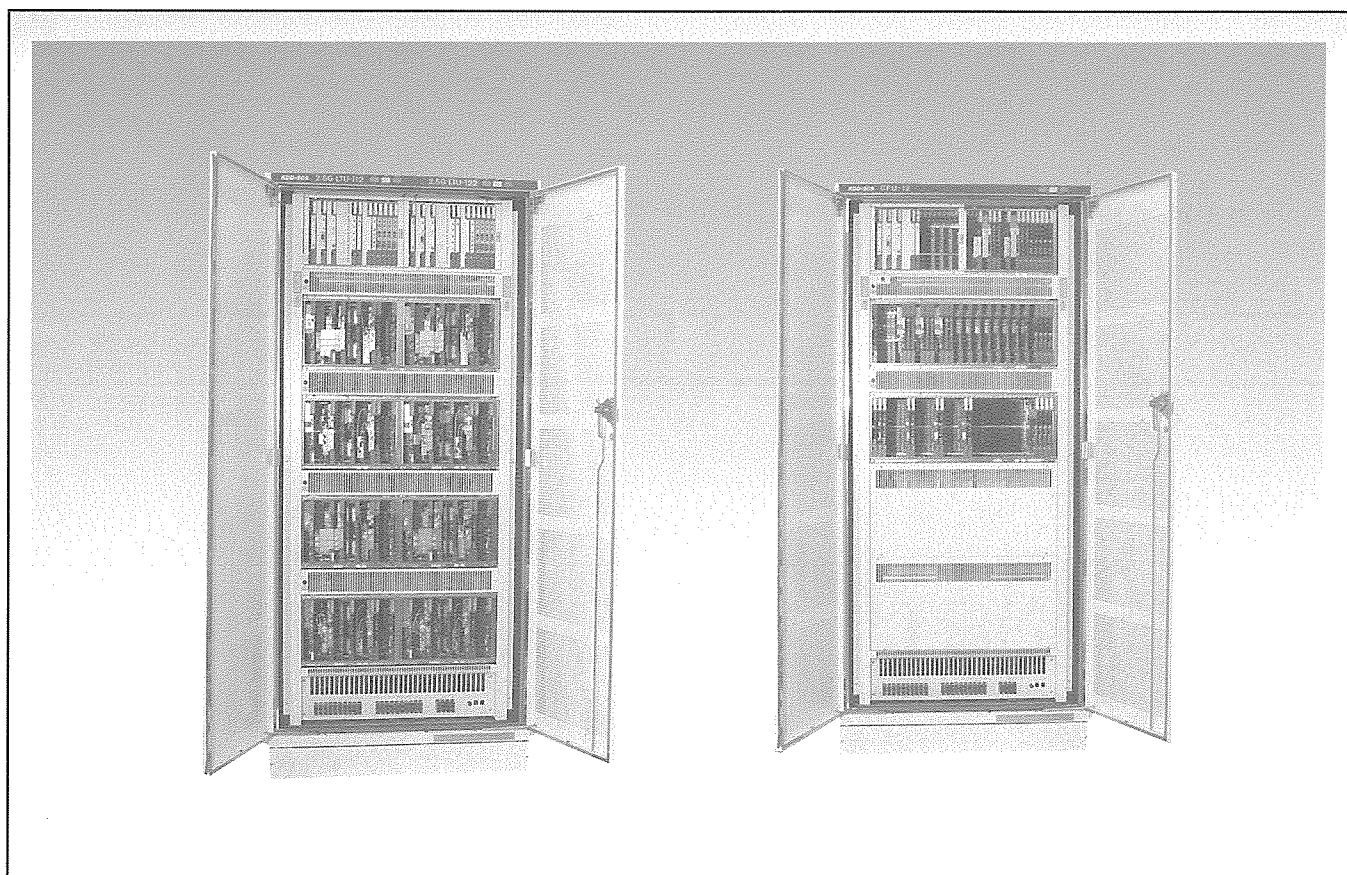
### 要 旨

近年、インターネットの爆発的普及とともに、国内及び国際間データ回線トラフィックが急伸している。トラフィック急伸の需要に対応するバックボーンネットワークには、経済性に優れかつ大容量伝送を実現する波長多重伝送方式(Wavelength Division Multiplex: WDM)が注目されている。

三菱電機(株)では、海底ケーブルシステム用として、最大伝送容量20Gbpsに対応した波長多重光伝送端局装置を開発した。20Gbpsの容量は、光ファイバ伝送路に2.5Gbpsの

伝送容量を持つ光伝送チャンネルを異なる波長で最大8多重することによって実現している。

本稿では、製品の構成・特長について述べるとともに、小型化・コスト低減・信頼性向上を図るために適用した光通信技術、誤り訂正技術、冗長構成技術、保守運用性を高めるためのOA&M(Operation Administration and Maintenance)技術について述べる。また、この製品及び海底ケーブルシステムに適用する波長多重技術の今後の展望についても述べる。



### 波長多重光端局装置(LTU/CFU)

波長多重光端局装置は、NPE装置など陸上装置とインタフェースし、誤り訂正、1波長ごとの光送受信を実現するLTUと、光伝送分散補償と波長多重/分離を実現するCFUで構成される。LTUは、1架当たり2波長分の処理が可能で、冗長構成機能も備えている。

1. ま え が き

インターネットの急激な普及に伴い、経済的で大容量通信が可能な光海底ケーブルシステムを利用した国際間通信の需要が急速に高まってきている。現在、光海底ケーブルシステムでは、1.55 $\mu\text{m}$ 帯の光源を一波長使用し、光ファイバ増幅器を用いた光海底中継器によって長距離伝送を行っている。更なる大容量化を実現するため、波長を少しずつずらして複数の光信号を同時に伝送する波長多重方式が注目されている。

WDM海底ケーブルシステム用光端局装置は陸上設備として、各波長に対応した光信号に変換する2.5G光伝送端局装置(Line Terminal Unit : LTU)と複数の光信号を合分波して海底ケーブルへの送信/受信を行う波長多重分離装置(Common Function Unit : CFU)の開発を行った。

本稿では、これらの装置の概要、主要技術について紹介する。

2. システム概要

2.1 システム構成

陸上端局設備が設置される海底ケーブル陸揚げ局のシステム構成例について説明する。システム構成例を図1に示す。

陸揚げ局ではWEST, EASTの双方向からそれぞれ1~4ファイバペアが陸揚げされる。陸上設備は、光信号を終端する光端局装置のほかに、ケーブル障害時に迂回路を構成するネットワークプロテクション機能を持つNPE (Network Protection

Equipment), 海底ケーブルを通して中継器へ直流電源を供給する電源供給装置(Power Feeding Equipment : PFE), 海底ケーブルの回線監視を行う線路監視装置 (Line Monitoring Equipment : LME) 及びこれら陸上設備の装置監視を行う局内監視装置, NEOS (Network Element Operation System) 等で構成される<sup>(1)</sup>。さらに光端局装置はLTUとCFUで構成され, LTU及びCFUを用いて1ファイバペアに対し最大8波長の光信号を多重分離することが可能である。

2.2 装置概要

図2に光端局装置の構成例を示す。

LTUでは、超長距離伝送を実現するため、STM-16信号に誤り訂正用のリードソロモン符号を付加し、狭線幅でチャープ特性の優れた外部変調器付きLD (Laser Diode) 素子

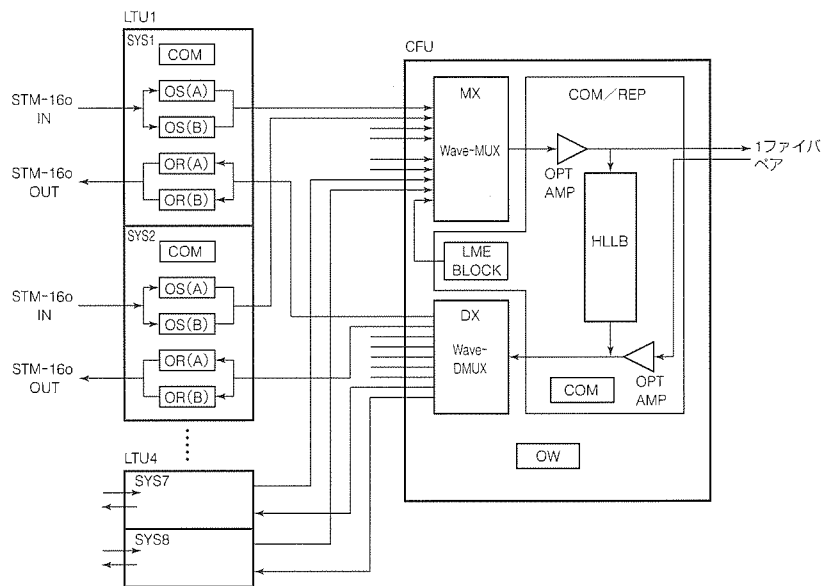


図2. 光端局装置構成例

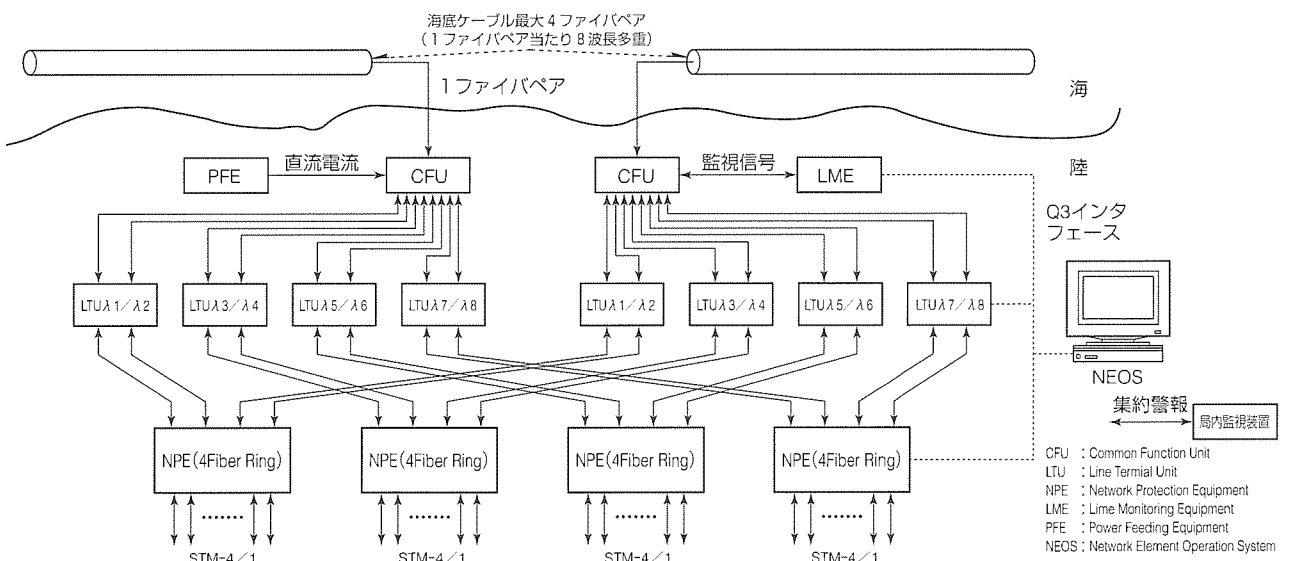


図1. 海底ケーブルシステム陸揚げ局構成例

を用いている。装置の小型化・低消費電力化を図り、自然空冷による1架2波長実装(冗長構成あり)を実現している。

CFUでは、LTUからの光信号を最大8波まで多重分離が可能ないように、利得平坦(坦)特性の優れた一括光ファイバ増幅器、波長分離特性の良好なファイバグレーティング、各波長に対して分散補償を施す分散補償ファイバ等を実装している。この装置では、多重分離部に受動素子を採用し、ポンプLDを冗長化することで装置の高信頼度を図り、1架当たり1ファイバペアを収容している。

### 3. 2.5G光伝送端局装置(LTU)

LTUは、局内STM-16の光信号に対し、FEC符号化を施した後、2.7G光信号へ変換又はその逆変換を行う。

#### 3.1 装置構成

LTUの構成図を図3に示す。LTUは、1波長当たり二つの光送信部(OS部)、二つの光受信部(OR部)及び共通部(COM部)で構成される。2対のOS部、OR部を冗長化し信頼性を向上させるとともに、1架に2波長分収納し省スペース化を実現している。

##### (1) OS部

OS部では、STM-16光信号を電気信号に変換し、リードソロモン符号による誤り訂正ビットが付加されたFECフレームを生成する。FECフレーム化された2.7Gbpsの電気信号は、電界吸収型光変調器集積化半導体レーザモジュール(EA/LD)によって光信号に変換後、光ファイバ増幅器によって増幅され、CFUへ送出される。FECフレーム処理回路は、LSI化することにより、低消費電力化・省スペース化を図った。

##### (2) OR部

CFUで分波された2.7Gbps光信号は、OR入力部の光ファイバ増幅器によって光レベルを補償した後に電気信号に変換される。変換された電気信号は、FECによって誤り訂正が行われ、STM-16光信号に変換される。

##### (3) COM部

COM部は、装置内監視制御部、外部インタフェース部、冗長切換え制御部で構成される。装置内監視制御部では、装置内部で検出した警報の収集/処理のほか、エラーカウントしきい値などの設定を行う。外部インタフェース部は、従来から広く使用されている局内監視装置インタフェース(地気接点)とともにTMN準拠のQ3インタフェースを装備している。また、装置前面に液晶パネルを備え、保守性を更に向上させている。冗長切換え制御部では、COM部内

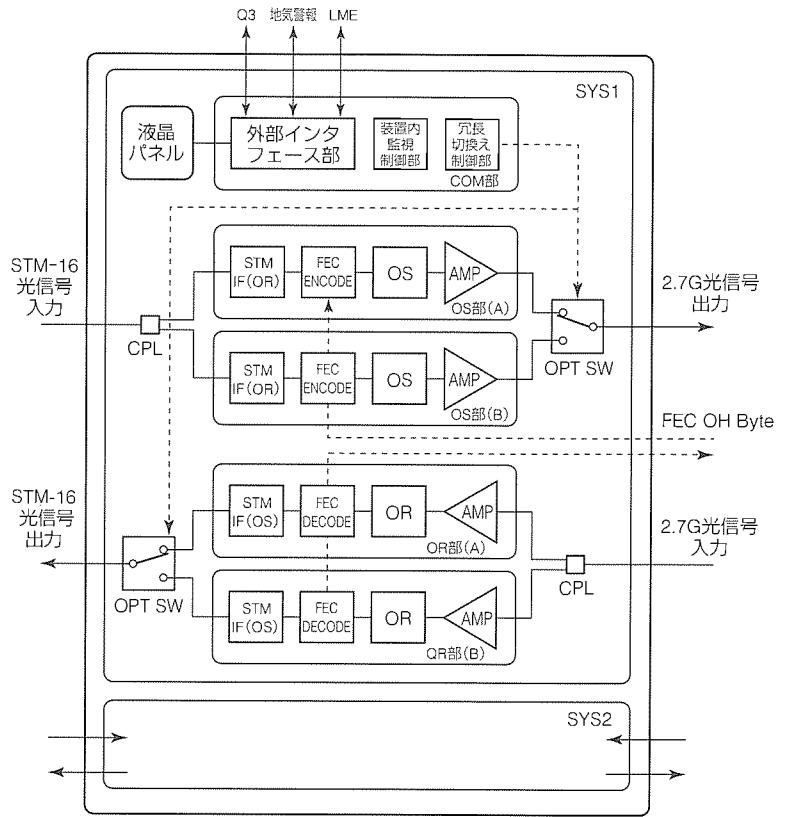


図3. LTUの構成図

の光スイッチによってOS, OR部の切換えを行う。

#### 3.2 主要技術

##### (1) 光インタフェース

小型・低消費電力化を実現するため、8波の光源/変調器としてEA/LDモジュールを採用した。量子井戸吸収層のバンドギャップ最適化と半絶縁性InP層によるLDとEAの高アイソレーション化により、 $\alpha$ パラメータとして1を下回る低チャープ特性を実現した。OS/OR対向のQ値として24dB以上を実現した<sup>(2)</sup>。この光インタフェースを用い、9,240km伝送後にも19.7dBのQ値が得られることが実証されている<sup>(3)</sup>。

##### (2) 誤り訂正機能(Forward Error Correction)

誤り訂正符号にリードソロモン符号を採用し、SNマージンを5dB以上拡大した。

##### (3) 高信頼性

この装置は、OS, OR部の完全二重化と電源部の冗長化によって、高い信頼性を確保している。

##### (4) 小型化・低消費電力化

FECフレーム処理回路のLSI化、EA/LDモジュールの開発によって装置の小型化・低消費電力化を図り、1架に2波長の実装(冗長系を含む)を自然空冷で実現した。

### 4. 波長多重分離装置(CFU)

CFUは、LTUからの複数の2.7Gbps光信号を波長ごとに多重し、海底ケーブル側に出力する。一方、海底ケーブル



側からの波長多重化された2.67Gbps光信号は、SMF (Single Mode Fiber)による分散補償と光ファイバ増幅器による損失補償を行った後、波長ごとに分波され、LTUへ出力する。

#### 4.1 装置構成

CFUの構成図を図4に示す。CFUは、合波部、陸上中継器部、分波/分散補償ファイバ部、LME OS部で構成される。

##### (1) 合波部

合波部は、LTUから最大8本の2.7Gbps光信号を光カプラによって合波する。LME OS部からのLME光信号を合波する機能も持っている。

合波された波長多重信号光はモニタが可能である。

##### (2) 陸上中継器部

陸上中継器部は、合波部で多重化された波長多重信号光を一括して増幅する送信光ファイバ増幅器と、海底ケーブル側からの信号を一括して増幅する受信光ファイバ増幅器を備えている。また、中継器と中継区間のケーブルのレベル変化を陸揚げ局から監視するための光ループバック機能も備えている。

##### (3) 分波/分散補償ファイバ部

分波/分散補償ファイバ部は、FGとサーキュレータ(方向性結合器)を用いて波長多重信号光を一波ごとに分波している。また、分散等化ファイバで各波長ごとに分散補償を行う。

##### (4) LME OS部

LMEからの線路監視信号を光信号に変換して送出する。

#### 4.2 主要技術

##### (1) 多重光一括増幅技術

光ファイバ増幅器は、利得のピーク波長を中心に利得傾斜を持つため、広帯域にわたって利得平坦な特性を持つアルミニウム共添加型EDFの光ファイバ増幅器を採用した。さらに、計算機のシミュレーションによる多段接続された光ファイバ増幅器の最適設計技術を確立し、アンプ単体だけでなく、装置全体の特性の最適化を行った。併せて、プローブ光を利用した簡易で高精度な光ファイバ増幅器の評価技術も開発した<sup>(4)</sup>。

##### (2) 分波方法

FGとサーキュレータを用いたことにより、フィルタと比較して狭帯域な特性を実現できたため、良好なクロスト

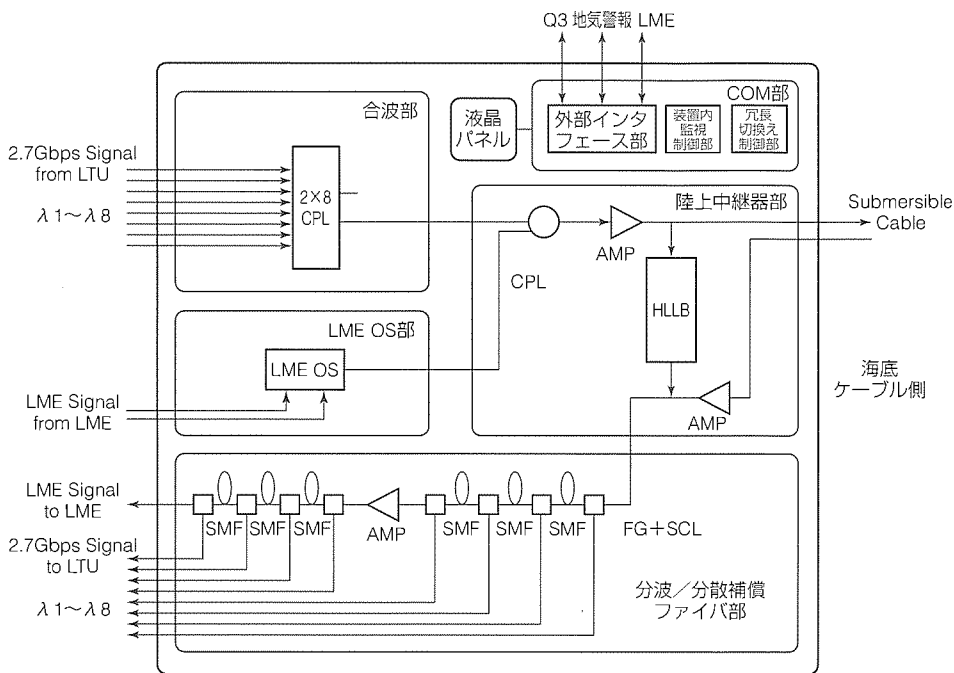


図4. CFUの構成図

ーク特性を得た。

##### (3) 分散補償

分波/分散補償ファイバ部は、FGとサーキュレータ及び分散等化ファイバが直列に多段接続され、長波長側から順次ドロップする構成のため、各波長に対して最適な分散補償を行うことが可能となった<sup>(5)</sup>。

##### (4) 冗長構成

主信号系の光ファイバ増幅器用ポンプLDを二重化し、障害発生時には自動的に切換えを行うことで、信頼性を向上させた。

ポンプLDのみ二重化する構成により、光ファイバ増幅器の経済化を図った。

## 5. OA & M

### 5.1 監視制御機能

#### (1) 監視制御項目

LTU/CFUは、装置や伝送路状態の監視、及び装置の制御を行うための監視制御機能を備えている。LTU/CFUの監視制御情報は、NEOS、局内監視装置、及び装置に付属する液晶パネルに提供される。

運用時、装置や伝送路に障害が発生した場合、保守者はまず局内監視装置からのブザー鳴動やLED点灯によって障害発生を認識した後、NEOSによって障害の詳細を把握し、障害回復のための措置を行う。液晶パネルは、NEOSが利用できない場合(現地調整時など)に使用する。

#### (2) NEOSインタフェース

LTU/CFUとNEOSとはLANネットワークで接続され、図5に示すような国際勧告準拠のOSIプロトコルスタック

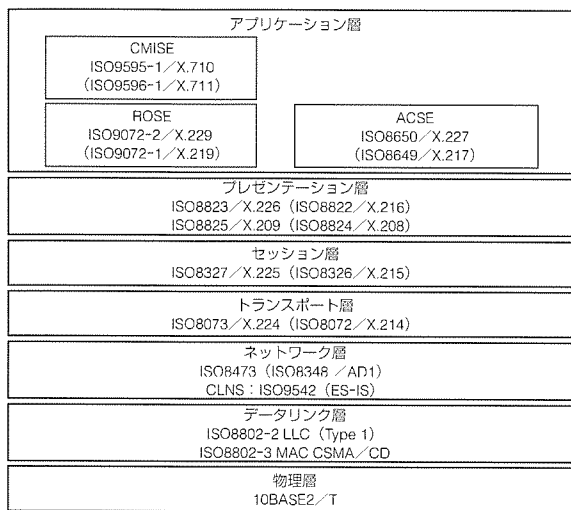


図5. LTU/CFUで実装するOSIプロトコルスタック

でQ3インタフェースでの通信を行う。

LTU/CFUは、NEOSに対してMO(Managed Object)によって監視制御情報を表現している。MOとは、オブジェクト指向の考え方にに基づき、管理する対象(例えば、装置の構成部品や伝送路など)を抽象化したものである。MOは、階層化して管理することができるため、特に大規模システムに適している。

LTU/CFUでは、ITU-T等の国際勧告で定義されたMOをそのまま又は拡張して使用しており、NEOSとのインタフェースをマルチベンダー化している。図6は、装置構成をITU-T勧告M.3100<sup>(6)</sup>に定義されたMOをベースにそれぞれマッピングしたものである。

(3) 局内監視装置インタフェース

LTU/CFUは、装置や伝送路の状態を地気接点をインタフェースとして、局内監視装置に出力する機能を持っている。局内監視装置では、LTU/CFUからの地気接点出力を受けて、ブザー鳴動やLED点灯を行う。

5.2 オーダーワイヤ機能

図3に示す主信号のFEC OHを使用して装置間でのオーダーワイヤ機能を提供している。

6. むすび

本稿では、今回開発した光海底ケーブルシステム用光端局装置の装置構成と主要技術について述べた。

今後は、この開発で蓄積された要素技術をベースに、キーデバイスの性能向上を図り、更なる大容量化と10,000km超長距離伝送にも対応可能な波長多重システムの技術開発を行っていく予定である。開発においては、大容量化に伴うシステム規模の拡大に伴い、装置の高密度化と低消費電力化はもとより、システム管理技術の充実も重要な開発課題となるであろう。

最後に、日ごろから多大なご指導を賜る国際電信電話(株)、

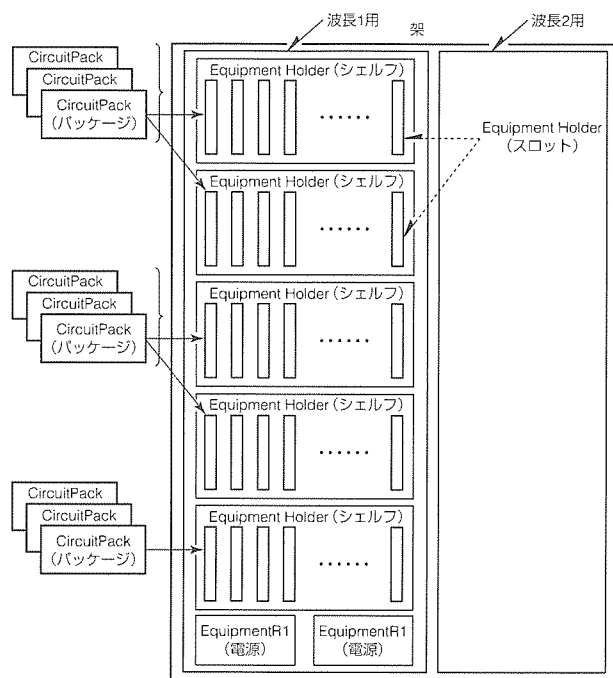


図6. 装置構成のMOへのマッピング

ケイティディ海底ケーブルシステム(株)、及び(株)KDD研究所の関係各位に深く感謝の意を表す。

参考文献

- (1) Shibano, E., Goto, K., Tanaka, H., Kawazawa, T., Ando, N., Otani, T., Matsuda, J., Kurata, Y.: Terminal Equipment for OS-W WDM Submarine Cable, Proceedings of 3rd International Conference on Optical Fiber Submarine Telecommunication Systems, MPI-E (1997)
- (2) 水落隆司, 下村健吉, 大浦崇靖, 松下 究, 北山忠喜, 芝野栄一, 松田准二: EA変調器集積LDを用いたWDM用光送受信器, 電子情報通信学会1997年総合大会, B-10-206 (1997)
- (3) Otani, T., Kawazawa, T., Goto, K.: 8 Channel 2.5 Gbit/s WDM Signal Transmission over 9,000km by the Gain Equalized Optical Amplifier Repeaters, CLEO'97, CthI5 (1997)
- (4) Otani, T., Goto, K., Kawazawa, T., Wakabayashi, H.: Wavelength Demultiplexer for Sub-nm Channel Optical Amplifier WDM System, IEEE/LEOS Summer Topical Meetings, WA4 (1996)
- (5) 十倉俊之, 笹森秀人, 本島邦明, 北山忠喜: プローブ光による簡易なEDFA波長特性の測定法, 電子情報通信学会1998年総合大会, B-10-155 (1998)
- (6) ITU-T: Maintenance Telecommunications Management Network, Generic Network Information Model, ITU-T Recommendation M.3100.

# 波長多重光海底ケーブルシステム用デバイス

本島邦明\* 金子進一\*  
 久保和夫\* 武本 彰\*\*  
 渡辺弘光\* 石村栄太郎\*\*

## 要 旨

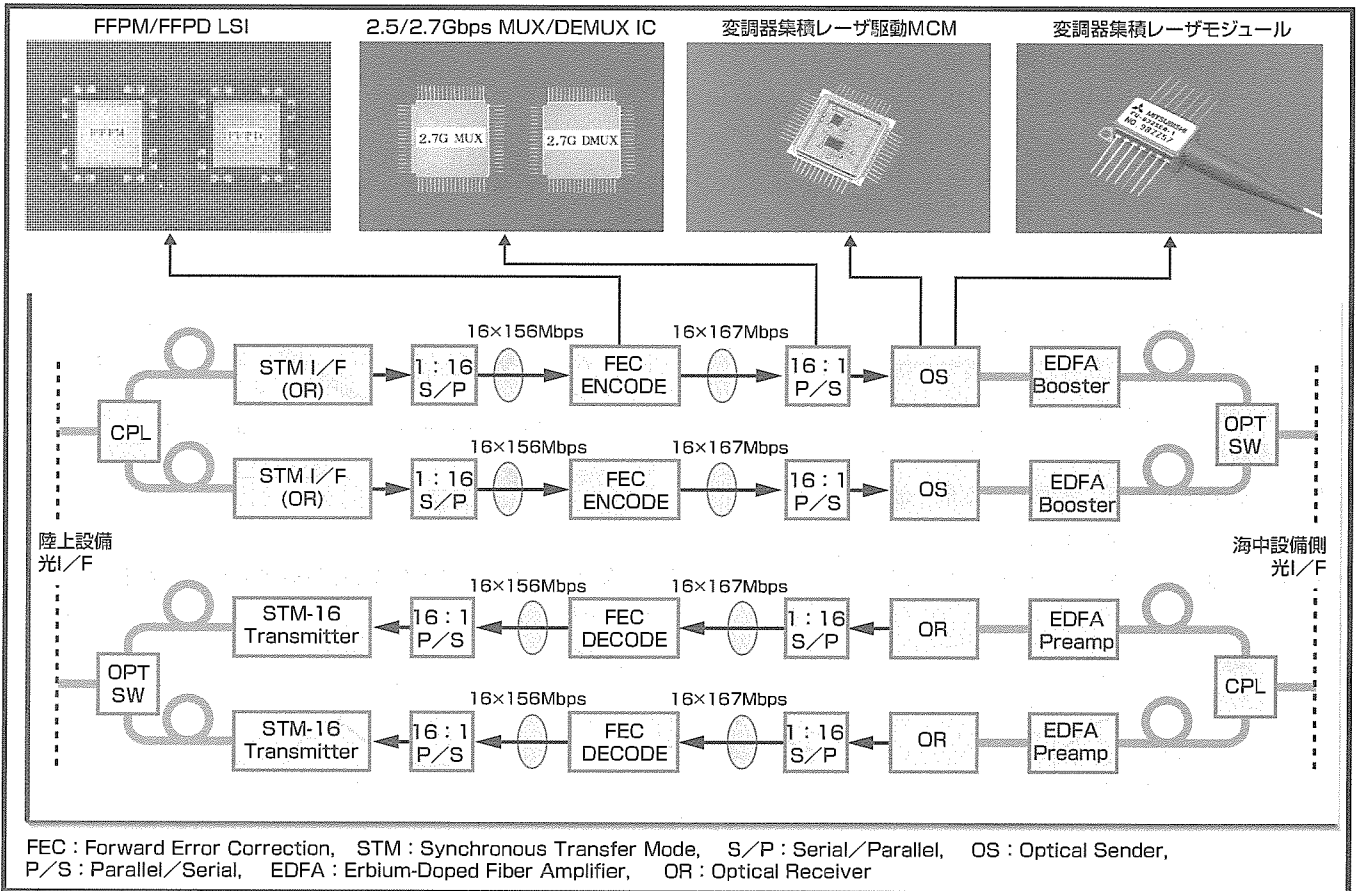
近年の国内及び国際通信需要の高まりに対応するため、波長多重伝送技術を適用した大容量光海底ケーブルシステムの導入が世界的に行われている。このようなシステムに要求される特徴的な機能は、①長期にわたって安定な波長及び光信号品質(アイ開口率, 消光比, チャープ特性等)を持つ光送信機能, ②光増幅中継系に特有の雑音である自然放出光雑音の累積で低下した信号対雑音比を持つ受信光を低エラーレートで再生する誤り訂正機能である。さらに、波長多重伝送装置では波長数倍の高速光インタフェースが必要となり、上記の機能の小型化・低消費電力化が必ず(須)課題となる。

本稿では、1波当たり2.7Gbpsのラインレートを持つLTU(Line Terminal Unit)内で使用される高速光及び電気デバイスとして、上記二つの機能を実現するために開発し

たデバイスを紹介する。

高安定な光信号品質を持つ光デバイスとしては、電界吸収型光変調器集積半導体レーザモジュールを開発した。その駆動回路としては、GaAs MESFET及びHEMTプロセスを用いたマルチチップモジュールを開発した。また、誤り訂正機能は、GaAs MESFETプロセスを使用した2.7Gbps 16:1 Multiplexer/Demultiplexer IC, BiCMOSプロセスを使用したFEC(Forward Error Correction)フレーム処理・多重化/多重分離LSIを開発し、低速動作のリードソロモン符号化/復号化LSIと組み合わせることによって実現した。

上記デバイスの開発により、2波対応(冗長系を含む。)LTUの自然空冷化が可能となった。



## LTUの構成とそのキーデバイス

2.7Gbps LTUの構成とそのキーデバイスを示している。波長多重伝送技術を適用した大容量光海底ケーブルシステムで必須となる小型化・低消費電力化を達成するため、電界吸収型光変調器集積半導体レーザモジュールとその駆動用マルチチップモジュール、FECフレーム処理・多重化/多重分離LSI及び2.7Gbps Multiplexer/Demultiplexer LSIを開発した。

1. ま え が き

波長多重伝送技術を適用した大容量光海底ケーブルシステムの実現には、運用波長数分必要となる高速光送受信インタフェースの小型化・低消費電力化が不可欠である。今回の開発では、海中設備側光インタフェースの光送信機能とFEC多重・分離機能の小型化・低消費電力化を主眼にしてデバイス開発を行った。

海中設備側光インタフェースの光送信機能は、高い光信号品質が得られる電界吸収型光変調器集積化半導体レーザー(Electro-Absorption Modulator Integrated Laser Diode Module: EA Integrated LD)モジュールと、駆動回路としてGaAs MESFET及びHEMTプロセスを用いた電界吸収型光変調器集積半導体レーザー駆動用マルチチップモジュールを開発して小型化・低消費電力化を図った。

FEC多重・分離機能は、GaAs MESFETプロセスを使用した2.7Gbps 16:1 Multiplexer/Demultiplexer IC, BiCMOSプロセスを使用したFECフレーム処理・多重化/多重分離LSIを開発し、低消費電力な低速動作のリードソロモン符号化/復号化LSIと組み合わせることによって実現した。

以下に、上記デバイスの構成及び特性について述べる。

2. 電界吸収型光変調器集積半導体レーザーモジュール

2.1 デバイス設計

半導体は、バンドギャップエネルギーに相当する光の波長よりも長い波長は透過する性質を持っているが、図1の(a)及び(b)に示すとおり、電界を印加するとバンドギャップが小さくなり、無電界時よりも長い波長での吸収が生じる(電界吸収効果)。この効果を利用して光の透過量をON/OFFする変調器を電界吸収型光変調器と呼び、光源となる単一波長レーザーとワンチップ上に集積したものが“電界吸収型光変調器集積半導体レーザー”(以下

“変調器集積レーザー”という。)である<sup>(1)</sup>。

海底ケーブル伝送用として変調器集積レーザーに求められる性能のうち重要な3項目は、①高消光比、②高アイ開口率、③低 $\alpha$ パラメータである。ここで $\alpha$ パラメータとは、変調器を変調した際に生じるレーザー波長のゆらぎ量を示す指数である。

上記の3項目を実現するために、以下の点に重点を置いて設計した。

- (1) 変調器の消光比を決めるバンドギャップの最適化
- (2) 半絶縁性電流ブロック層による変調器部の低容量化
- (3) 変調器端面からの反射戻り光抑圧のための超低反射端面構造の採用、及び変調器とレーザーの電気的クロストーク抑圧のための高アイソレーション構造の採用

2.2 デバイス作製

変調器集積レーザーの構造を図2に示す<sup>(2)</sup>。n型InP基板上にMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法を用いて、InGaAsP多重量子井戸活性層、半絶縁性InP電流ブロック層、InGaAsPコンタクト層を順次形成した。活性層成長の際には、誘電体膜をマスクとする選択領域成長(Selective Area Growth)法を用いて、バンドギャップの異なるレーザー部と変調器部の多重量子井戸層とを同時に形成した。選択領域成長とは、ウェーハ上の成長防止マス

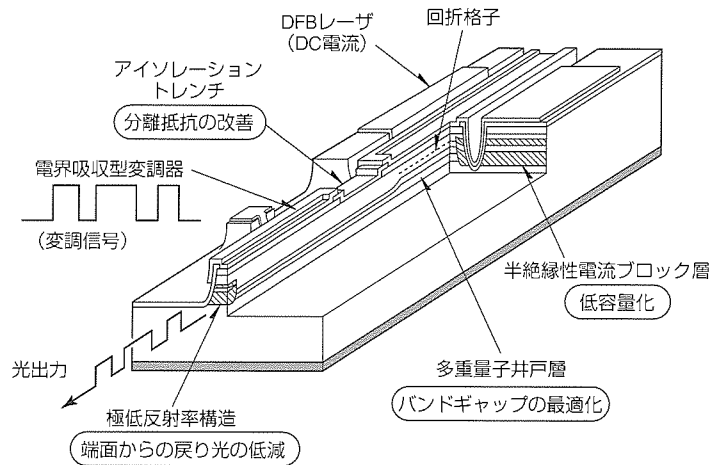


図2. 電界吸収型光変調器集積回路半導体レーザーの構造

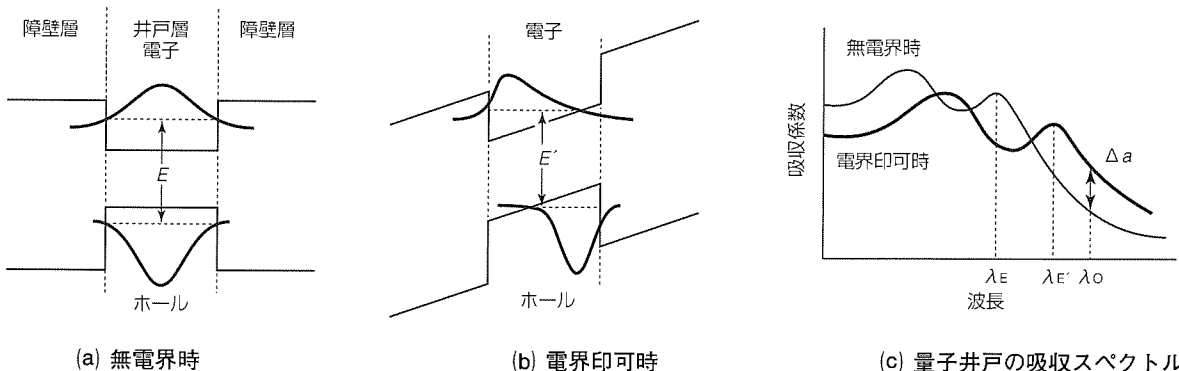


図1. 電界吸収効果の原理

クを付けた部分近傍での結晶成長速度がマスクから十分離れた場所の成長速度よりも速くなる性質を利用したもので、この方法を量子井戸層形成に適用すると、一回の成長でウェーハ面内に井戸幅(バンドギャップ)の異なる領域が形成できる。この成長法を用いると、レーザと変調器が同一成長層でつながるので、両者間の光の結合効率をほぼ100%にできるメリットがある。

### 2.3 モジュール化技術

図3に変調器集積レーザモジュールの構造を示す。モジュールの光学系は、第一レンズに非球面レンズ、第二レンズに半球レンズを用いた共焦点光学系によってピグテールファイバに効率良く結合しており、また、戻り光耐性を高めるために光アイソレータを内蔵している。さらに、周囲温度の変化に対して変調器集積レーザの特性が安定するように、温度制御用のサーミスタとペルチェを内蔵している。

### 2.4 特性

変調器集積レーザチップの周波数応答特性を図4に示す。低容量化により、ほぼ設計値どおりの帯域約12GHzが得られ、モジュール化後も約7.5GHzの周波数特性が得られた。

小振幅変調時の $\alpha$ パラメータの変調器電圧依存性を図5に示す。大振幅変調時の実効的な $\alpha$ パラメータは、小振幅変調時では3dB消光電圧(～0.6V)での値に相当する。このレーザでは約0.5という低い $\alpha$ 値が得られた。

長期にわたる波長安定度は、波長多重伝送方式で最も重要な特性である。変調器集積レーザモジュールの波長安定度は、動作電流の増加によるチップ内の発熱が支配的要因である。長期にわたる波長安定度を確保するため、初期動作電流と加速エージングによってチップ選別を行い、5,000時間で0.05nm以下の波長安定度を確認した。

### 2.5 外観

要旨のページにEA/LDモジュールの外観を示す。外形寸法は、(W)12.7×(D)20.8×(H)8.9(mm)の14ピンバタフライパッケージであり、ピグテールファイバとして定偏波光ファイバを備えている。

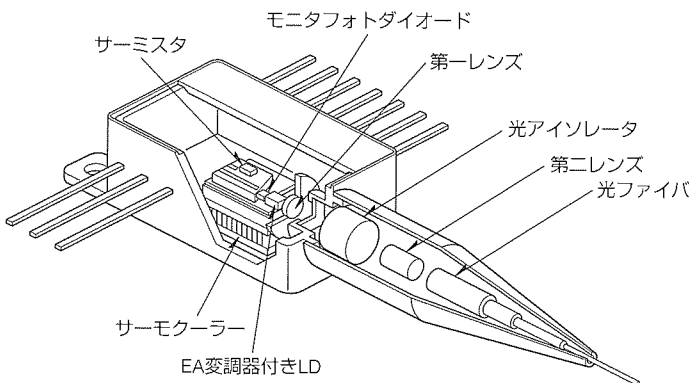


図3. 電界吸収型光変調器集積半導体レーザモジュールの構造

## 3. 変調器集積レーザ駆動用マルチチップモジュール

### 3.1 構成

図6に変調器集積レーザ駆動用マルチチップモジュール(以下“MCM”という。)の構成を示す<sup>(3)</sup>。このモジュールは、変調器集積レーザを駆動する変調器駆動用IC、入力データの波形整形を行うD-F/Fで構成される。変調器集積レーザを高速で駆動する場合、変調器集積レーザと変調器駆動用IC間の多重反射による波形劣化を抑圧する必要がある。このため、変調器駆動用ICの出力は50Ω整合をとる構成とした。また、D-F/F ICチップと変調器駆動用ICチップは同一セラミックパッケージに実装してマルチチップモジュール化し、高速化を図った。変調器駆動用ICは、超高速・大振幅動作を要求されるため、 $f_t=67.5\text{GHz}$ 、ゲート長 $0.2\mu\text{m}$ のPseudomorphic HEMT プロセスを用いてIC化した<sup>(4)</sup>。D-F/F ICは、 $f_t=40\text{GHz}$ 、ゲート長 $0.5\mu\text{m}$ のSAMFET(Self-Aligned Multi-layer FET)を用いてIC化した。要旨のページに変調器集積レーザ駆動用MCMモジュールの外観を示す。アウトリード部を除いた外形寸法は $20\text{mm}\times 20\text{mm}$ 、ピン数は48ピン、層構造は

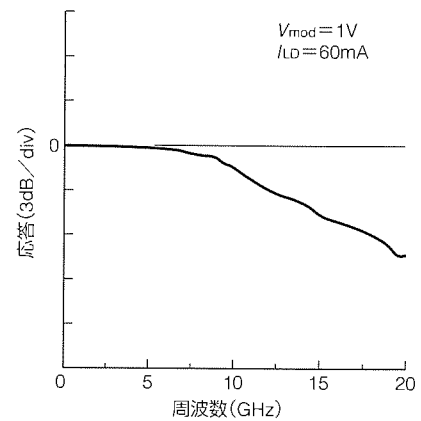


図4. 周波数応答特性

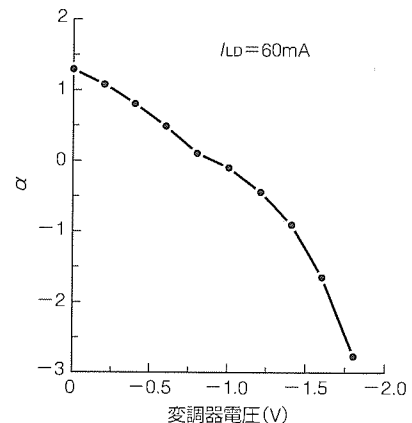


図5.  $\alpha$ パラメータの変調器電圧依存性

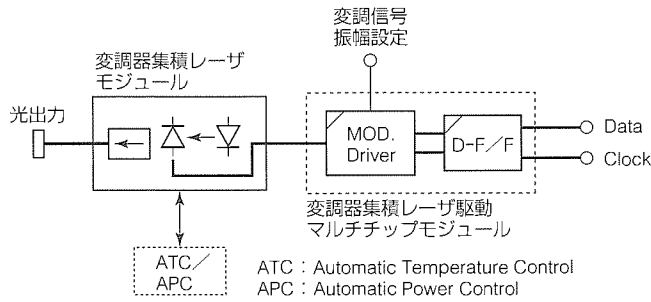


図6. 変調器集積レーザ駆動マルチチップモジュールの構成

3層アルミナ構造を採用した。

### 3.2 特性

図7に2.7Gbps変調器集積レーザ駆動用MCM出力波形(50Ω駆動時)を示す。変調振幅は $2.4V_{pp}$ と十分な値が得られた。立ち上がり/立ち下がり時間はそれぞれ42ps, 30psであり、良好なアイ開口率が得られた。

図8に変調器集積レーザ駆動用MCM出力の温度電源電圧特性を示す。温度0~80℃, 電源電圧 $-5.2V \pm 5\%$ の条件で出力振幅 $-10 \sim +4\%$ , 立ち上がり/立ち下がり時間 $-9 \sim +15\%$ の変動であり、十分な安定性が得られている。消費電力は $-5.2V$ において4.0Wである。

図9に変調器集積レーザ駆動用MCMで駆動したときの2.7Gbps変調器集積レーザモジュールの光出力波形を示す。変調器駆動用ICの出力インピーダンスを50Ωとすることにより、電気的多重反射によるマーク側の雑音増加は観測されず、アイ開口率93%, 立ち上がり/立ち下がり時間38.2ps/40.8ps, 消光比13.5dBの良好な波形が得られた。

## 4. FEC多重化・多重分離用LSI

### 4.1 構成

図10にFEC多重化・多重分離部の構成を示す。2.5/2.7Gbps信号を16ビットP/S, S/P変換する2.5/2.7Gbps MUX/DEMUX IC, FECフレーム生成・終端を行うFECフレーム処理・多重化/多重分離LSI(FEC Frame Processing & Multiplexing LSI: FFPM-LSI/FEC Frame Processing & Demultiplexing LSI: FFPD-LSI), リードソロン符号化/復号化LSI(R-S ENC/DEC)で構成される。R-S ENC/DECには、低速動作のリードソロン符号化/復号化LSIを適用することを考慮し、2.5/2.7Gbps MUX/DEMUX IC, FFPM/FFPD LSIを開発した。

2.5/2.7Gbps MUX/DEMUX ICは、高速・低消費電力化のため、ゲート長 $0.7\mu m$ のGaAs MESFETプロセスを用いてDCFL(Direct Coupled FET Logic)回路形式によってIC化した。

FFPM/FFPD LSIは、2.5/2.7Gbps MUX/DEMUX IC間との高速信号及びR-S ENC/DEC間との低速信号の

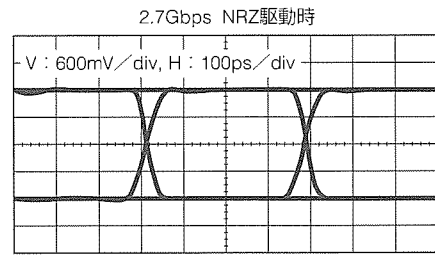


図7. 変調器集積レーザ駆動MCMの出力波形(50Ω駆動時)

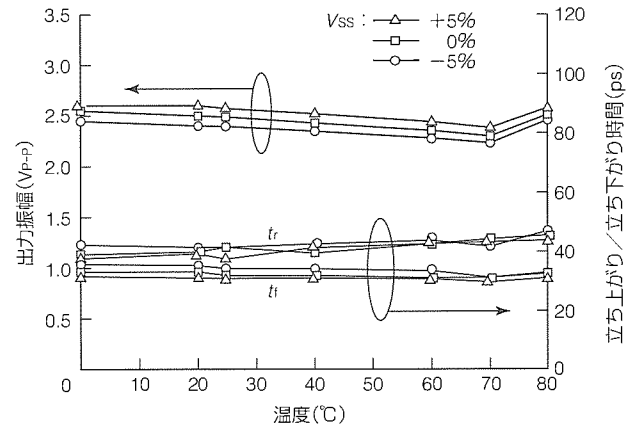


図8. 駆動電圧波形温度変化-電源変動特性

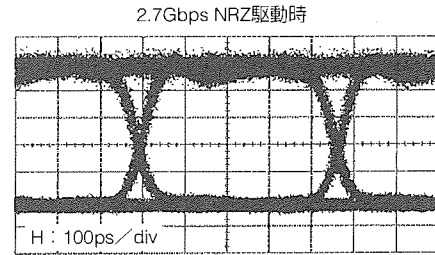


図9. 変調器集積レーザモジュールの出力波形

入出力の実現と内部処理回路の低消費電力化のため、ゲート長 $0.5\mu m$ のBiCMOSを用いてLSI化した。

以下にFFPM/FFPD LSIの主な機能を述べる。

#### (1) FFPM-LSI

128並列信号の16並列信号への多重化機能と、受信側に対応した処理として各種OHバイトの分離及び冗長バイト領域を削除する速度変換機能を持っている。

#### (2) FFPD-LSI

16並列信号の128並列信号への多重分離機能、送信側に対応した処理としてはOH及び誤り訂正用の冗長バイト領域を付加する速度変換機能、各種OHバイトの挿入機能を持っている。また、受信側に対応した処理としてFECフレーム同期機能を持っている。

### 4.2 特長

今回開発したFFPM/FFPD LSIでは、種々のシステム仕様に柔軟に対応可能とするため、すべてのOHバイトに

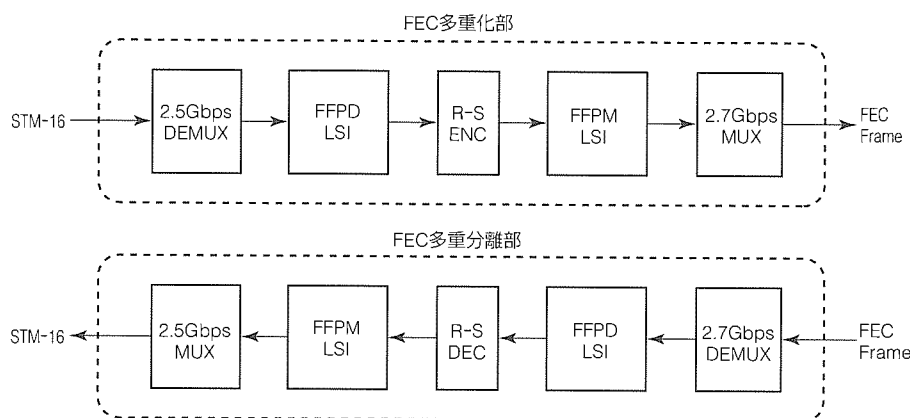


図10. FEC多重化・多重分離部の構成

表1. 2.5/2.7Gbps MUX/DEMUX ICの主要諸元

項目	MUX IC	DEMUX IC
プロセス	0.7μm GaAs MESFET	
回路規模	1.2Kゲート	1.0Kゲート
消費電力	2.0W	2.0W
動作速度	2.5/2.7Gbps	
入出力レベル	ECL	
パッケージ	68ピンセラミックQFP	
電源電圧	-2V	

アクセス可能とした。また、1ビット即時シフト方式と同等のフレーム同期特性を128並列処理で実現した。さらに、低速の128並列信号の入出力にはLV-TTLインタフェースを採用することによってグラウンドバウンズを抑え、高速の16並列信号の入出力にはECL差動インタフェースを採用することでバックボードを介したパッケージ間の信号伝送を可能とした。

#### 4.3 外観及び主要諸元

要旨のページに2.5/2.7Gbps MUX/DEMUX ICの外観を示し、表1に主要諸元を示す。パッケージは高周波特性を確保するため68ピンのセラミックQFPとした。消費電力はそれぞれ2.0Wである。

要旨のページにFECフレーム処理・多重化/多重分離LSIの外観を示し、表2に主要諸元を示す。回路規模はFFPM LSIが35Kゲート+4Kビットメモリ、FFPD LSIが65Kゲート+4Kビットメモリであり、消費電力はそれぞれ1.5W, 2.0Wである。

### 5. むすび

海中設備側光インタフェースの光送信機能の小型化・低消費電力化を目指し、高い光信号品質が得られる変調器集積レーザモジュールと、その駆動回路としてGaAs MESFET及びHEMTプロセスを用いた変調器集積レーザ駆動用MCMを開発し、アイ開口率93%、立ち上がり/立ち下がり時間38.2ps/40.8ps、消光比13.5dBの良好な特性が得られた。また、GaAs MESFETプロセスを使用した2.7Gbps 16:1 Multiplexer/Demultiplexer IC、FECフレーム処理・多重化/多重分離LSIを開発し、低速動作のリードソロン符号化/復号化LSIを適用することが可能となり、FEC多重・分離機能の小型化・低消費電力化を実現した。これにより、2波対応(冗長系を含む)LTUの自然空冷化が可能となった。

表2. FFPM/FFPD LSIの主要諸元

項目	FFPD-LSI	FFPM-LSI
プロセス	0.5μm BiCMOS	
回路規模	65Kゲート +4Kビットメモリ	30Kゲート +4Kビットメモリ
消費電力	1.5W	2.0W
動作周波数	167/156/21/19Mbps	
入出力レベル	LV-TTL/ECL	
パッケージ	419ピンセラミックIPGA	
電源電圧	±3.3V	

#### 参考文献

- (1) 石村栄太郎, 宮崎泰典, 青柳利隆, 木村達也, 板垣卓士, 竹見政義: 2.5Gbps変調器集積型半導体レーザ, 三菱電機技報, 70, No.3, 294~298 (1996)
- (2) Ishimura, E., Miyazaki, Y., Matsumoto, K., Takiguchi, T., Itagaki, T., Suzuki, D., Takagi, K., Higuchi, H.: Small Chirp and Wide Bandwidth Integrated Modulator-laser at Zero Offset-bias Operation, ECOC'97 (1997)
- (3) 本島邦明, 中川潤一, 宮下美代, 谷野憲之, 北山忠善: 超高速GaAs MESFETプロセスの光伝送技術への応用, 電子情報通信学会信学技報, ED96-191, MW96-154, ICD96-179, 25~30 (1997)
- (4) 宮下美代, 吉田直人, 小島善樹, 北野俊明, 東坂範雄, 中川潤一, 高木直: AlGaAs/InGaAs HEMTを用いた10Gbit/s EA変調器ドライバIC, 電子情報通信学会ソサイアティー大会, C-438 (1996)
- (5) Higashisaka, N., Shimada, M., Ohta, A., Hosogi, K., Kubo, K., Tanino, N.: Low Power Dissipation GaAs DCFL 2.5Gbps 16-bit Multiplexer/Demultiplexer LSIs, IEICE Trans. Electron., E78-C, No.9 (1995)

# スポットライト デジタル放送システム

デジタル放送は、映像・音声のMPEG-2(Moving Picture Experts Group Phase2)標準化を契機に急速に進んでいます。我が国でも、通信衛星(Communication Satellite:CS)によるデジタル放送に引き続き、放送衛星(Broadcasting Satellite:BS)、地上波、ケーブルによるデジタル放送が2000年初頭開始を目指して進められています。

三菱電機では、デジタル放送局用関連機器として、ニュース素材の衛星による集配信(Satellite News Gathering:SNG)システム、日・米・欧の各方式に対応したデジタル放送局システム、受信側関連機器としてデジタル受信端末及び関連する家庭内情報ネットワーク、そして送・受信機のキーパーツであるLSIなどの開発と製品化に取り組んでいます。

デジタル放送について、放送素材の集配信システムと放送局システムの例を説明します。

## ●集配信システム

放送素材集配信システムのキーコンポーネントであるSNGコーデック製品として、480I映像フォーマット対応MPEG-2準拠の小型・低遅延処理を実現した“VX-3000”, MPEG-2準拠4:2:2プロファイルで放送素材分配用高画質を実現した“VX-3000M”があります。また、順次走査

の“VX-3000P”は、チラツキのない高品質映像の符号化伝送を実現しています。さらに、HDTV(High Definition TV)映像対応のMPEG-2準拠“MH-2000”ビデオコーデックがあり、ハイビジョン映像の素材伝送等に用いられています。

## ●放送局システム

デジタル放送コーデックは、HDTV用として“MH-1100”, SDTV(Standard Definition TV)用として“BC-1100”があり、いずれも映画素材のフィルムモードに対応しています。マルチプログラム多重化装置“TM-1100”は、複数SDTVの効率的な多重化、電子番組案内、データ放送などに対応しています。

## ●NAB'97, NAB'98における実演展示

NAB(National Association of Broadcasters)'97では、ATSC(Advanced Television Systems Committee)主催DTV(Digital TV)伝送デモにおいて、三菱電機製HDTVコーデックを使用し、高品質HDTV映像と音声によるデジタル放送を実演して実運用の可能性を実証しました。NAB'98では、CBS/KLAS局に設置されたMH-1100エンコーダから送信される長野五輪記録映像が、展示会場各社の受信機で受信・表示され、HDTV放送を現実のものとなりました。



NAB'98三菱電機ブース実演展示風景



## 地球環境保護とパワーデバイス

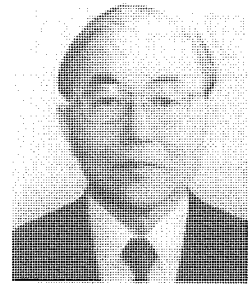
先日、届けられた政府機関発行の1999年度版(来年度版?)の環境総覧<sup>(1)</sup>をめくっていたとき、従来型産業公害という見出しが目を引いた。ここには、戦後の経済成長の時代、大きい社会問題となった大気汚染、水質汚濁、など企業による公害が、昭和の終わりごろには解決の目途がつき、現在終えん(焉)に向かいつつあることが記されていた。

これに対し、平成に入るところから、地球規模の環境問題が数多く顕在化してきた。この中で、エレクトロニクス技術に深いかかわりを持つものに、地球温暖化の問題がある。特に我が国でこの問題が緊急の課題として提示されたのは、1997年12月のCOP3(地球温暖化防止京都会議)の協定であった。この内容は、我が国におけるCO<sub>2</sub>等温室効果ガスの排出量を、2008年~2012年までに1990年水準の6%以下に規制するというものであった。

地球温暖化ガスの抑制には、石油など化石燃料を使用するすべての企業又は個人が対象となる。特に石油の大量消費に結びつく電力や、これを利用する産業、個人、さらには自動車など運輸関係の取組は重要である。この中で、市場の拡大が著しいエレクトロニクス関連分野の省エネルギー化は、最優先の課題となっている。

パワーエレクトロニクスは、半導体スイッチの開閉によって電力制御を行うことを基本とし、省エネルギーのキーテクノロジーとして知られている。しかし、この技術を十分生かすには、半導体スイッチの低損失化が前提となる。これには、スイッチの高速化とオン電圧による損失の低減が必要である。スイッチの高速化はサージ発生の原因となり、サージはノイズとなって、半導体スイッチの制御回路のみならず、他の電子機器にも悪影響を及ぼす。サージの発生を防止するには、ソフトスイッチングを適用するか、低損失のスナバ回路の開発が必要である。また、ソフトスイッチングは、スイッチング損失の低減にも有効である。

熊本工業大学  
エネルギーエレクトロニクス  
研究所長 教授  
九州大学名誉教授  
九州電力(株)顧問



原田耕介

パワーエレクトロニクスも、一般のエレクトロニクス技術と同様、マイクロ化又は省スペースが強く求められる。しかし、電力を取り扱うため、集積化には問題がある。また、DC-DC変換器(スイッチング電源)のように、変圧器やリアクトル等の磁気素子及び大きい平滑コンデンサが必要な場合には、従来のIC技術(モノリシック)の適用は原理的に不可能となる。この場合には、スイッチング周波数を高めることによって小型化が達成できる。しかし、平滑コンデンサを極端に小型化すれば、安定性に問題が生じる。

これに対し、DC-AC変換器(インバータ)を利用する場合、特に電動機制御では、電動機自体が低域フィルタ特性を持ち、平滑回路を省くことができる。その結果、制御部分とパワー部分を同一ウェーハ上で絶縁して、全体を一つのICとしてまとめる、いわゆるインテリジェントパワーICが実現できる。ここでは、電動機制御に必要なあらゆる情報処理と電力制御が一個のICで可能となる。

DC-AC及びDC-DC変換のいずれの場合も、入力側で用いる整流回路を小型にするため、コンデンサ入力方式が用いられる。この場合、商用電源にピーク電流が流れる。このピーク値は負荷電流に比例して増大し、これによって配電線に電圧ひずみが発生する。この問題は、ノイズによる環境ストレスと同様、パワーエレクトロニクスの適用に際し常に対策が必要である。

ある試算によれば、半導体スイッチ素子の製造に要するエネルギー量は、この素子の使用期間中取り扱われる総エネルギー量のわず(僅)か0.1%程度にしかすぎない<sup>(2)</sup>。半導体パワーデバイスが、省エネルギーのための優れたキーエレメントとして、地球温暖化防止に更なる貢献を行うことを期待したい。

(1) 通商産業省環境立地局監修：環境総覧 1999, (株)通産資料調査会

(2) 川上 明氏よりの書簡(1998年8月31日)

# パワーデバイスの低ノイズ化の動向

山田富久\*

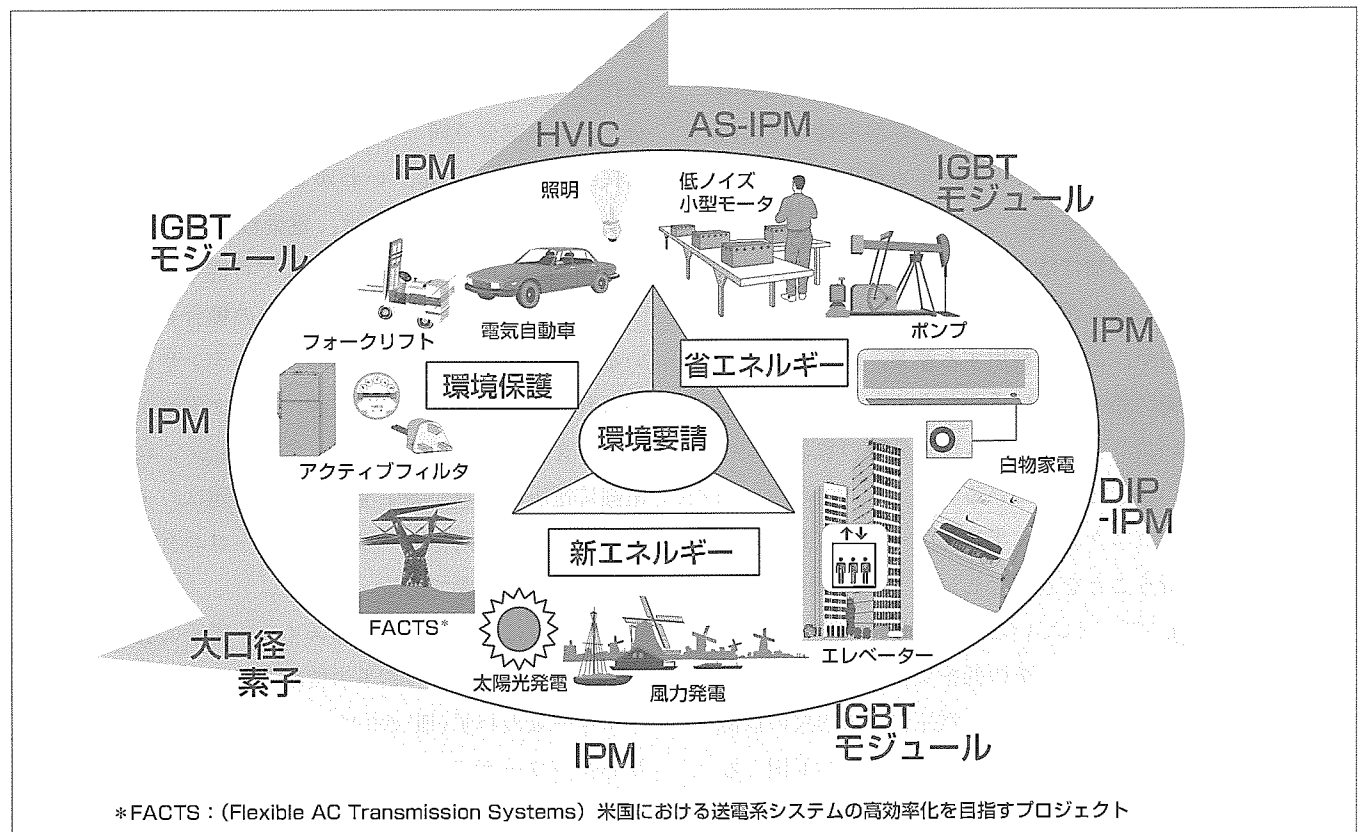
## 要旨

電力・交通・産業・情報・家電の各分野で、パワーエレクトロニクスを支える素子としてのパワーデバイスの果たす役割は大きい。特に、最近の地球温暖化対策として、CO<sub>2</sub>の排出規制や化石エネルギー枯渇への対応が求められている。その解決策として、各種電気機器の分野では、パワーエレクトロニクスを活用した産業用のモータ制御やエアコン・冷蔵庫等の省エネルギーや、環境保護のための電気自動車の普及、及び太陽光発電や風力発電等の新エネルギーの創生が活発化している。

このようにパワーエレクトロニクスの発展は社会に多大な恩恵をもたらしたが、同時に、電源の高調波とEMC (Electro-Magnetic Compatibility)の問題をもたらすこと

になった。前者の改善については、アクティブフィルタ用IPM(Intelligent Power Module)等の登場で、機器側で積極的に対策が行われるようになってきた。一方、高調波対策に比べてEMCへの対応は困難であり、業界全体として対応が始まったところである。

最近パワーデバイスの主流となったIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)は高速性と低飽和電圧が認められたが、IGBTの持つ高速スイッチング特性のためEMC対応が問題になっている。したがって、IGBT自身の特性改善はもとより、還流ダイオードのリカバリー電流のソフト化、パッケージの改良、IGBTの新駆動方式の開発など、パワーデバイス全体でEMCへの対応が始まった。



## 環境要請によって市場拡大が期待されるパワーデバイス

省エネルギー、新エネルギー、環境保護などの要請は、パワーエレクトロニクスによって新しい市場を創設していると言える。これらの応用分野において、パワーデバイスの果たす役割は大きい。

## 1. ま え が き

パワーデバイスはあらゆる形態の電力変換にかかわり、社会的にも非常に重要な役割を果たしている。特に近年、地球環境問題やエネルギー危機に対する解として、パワーエレクトロニクスやエネルギーエレクトロニクスにかけられる期待は大きい。とりわけパワーデバイスはこれらの技術を支える基幹製品であり、電力の発生(発電)、輸送(送電)及び利用のすべての過程に関与している。当社では、これらの各分野の効率化のために、多くの新デバイスを開発してきた。“発電”の過程では、CO<sub>2</sub>の排出規制や化石エネルギー枯渇への対策として、太陽光発電や風力発電の実用化が進められている。これに対応して、太陽光発電のための高変換効率をねらいとしたトレンチIGBT搭載のIPMや、風力発電用の大容量(1.2kV, 600~800A)IPMを開発した。また“送電”の過程では、FACTS(Flexible AC Transmission System)やDC送電のために、多くの高耐圧バイポーラデバイスを開発した。中でも、世界最大容量のDC送電用8kV, 4kA光サイリスタや、GTOのスナバレス化を実現したGCT(Gate Commutated Turn-off)サイリスタは特筆すべきデバイスである。

“電力利用”の過程では、電気エネルギーの効率的活用を求めて、あらゆる領域へインバータ技術が拡大してきた。まず、工場設備の省エネルギー化を目的とした汎用インバータが大きく浸透した後、電鉄や電気自動車などの輸送機関から空調機・冷蔵庫・洗濯機などの家庭電化製品まで、インバータ制御が幅広く普及しつつある。当社は、汎用インバータ用デバイスで培った技術を基盤として、これらの新応用分野ごとに専用のデバイスを開発し、各領域でのエネルギー利用の効率化を側面から支援している。例えば、1997年に開発した新幹線や電気自動車用の各専用IPMは、これらの領域でIPMを応用する業界初の試みであり、その高機能化と高信頼度化によってこれらの機器の実用化に大きく貢献した。また、家庭電化製品のインバータ化拡大に備え、低コストをねらって開発したトランスファームド形のIPM(DIP-IPM)が急速に需要が拡大しつつある。

## 2. 電磁ノイズ問題の背景

パワーエレクトロニクスの発展は社会に多大な恩恵を与えたが、同時に次の二つの新たな問題をもたらした。その一つはコンデンサインプット形の機器に起因する電源高調波の問題であり、もう一つは高周波スイッチングに伴う電磁ノイズである。前者の改善については機器側の努力にゆだねられるところが多く、高調波抑制のための制

御方式が精力的に検討されている。これらの動きに対応して、当社でも、空調機用のアクティブフィルタIPMを開発した。このIPMのシリーズ展開で、高調波対策を支援していきたい。

高調波対策に比べて電磁ノイズへの対応は困難であり、業界全体として対応が始まったところである。この問題はパワーデバイスの高性能化に伴う高速スイッチングに起因するもので、ノイズに敏感な電子機器とパワーデバイスとの接点が増える中で問題が拡大しつつある。このため、全世界的に、電磁ノイズの規制強化に向けて種々規格化が進められている。電磁ノイズの低減にはパワーデバイス側の改善が不可欠であるので、当社では、従来から種々の面から改善対策を検討してきた。以下に、この問題に対する当社パワーデバイスの対応と業界の動向について述べる。

## 3. パワーデバイスと電磁ノイズの関係

パワーエレクトロニクスの分野でIGBTが主流となり、高速スイッチングによる電磁ノイズが社会問題となりつつある。この電磁ノイズは、①動力配線や接地配線を經由する伝導性ノイズと、②これらの配線から直接電磁波として放射する放射性ノイズに大別され、いずれもパワーデバイスのスイッチング特性と周辺回路の条件に依存している。図1にインバータから出る電磁ノイズのスペクトルを示す。図に示す30MHz以上が放射ノイズに、30MHz以下が伝導性ノイズに対応し、各領域でのエミッションレベルの規制が強化されつつある。

IGBTのL負荷スイッチング波形は図2に示すとおりで、電磁ノイズは、ターンオン時の還流ダイオードの逆回復期間や、ターンオフ時の電流減衰期間での、電圧や電流の急しゅん(峻)な変化(dv/dt, di/dt)に伴う高周波振動電流に大きく依存する。したがって、IGBTのゲート駆動条件がノイズに影響し、条件緩和によるdv/dtやdi/dtの抑制がノイズ低減の最も簡便な手段となる。図1にゲート電圧を±15Vと+15~0Vで駆動した場合のノイズスペクトルを

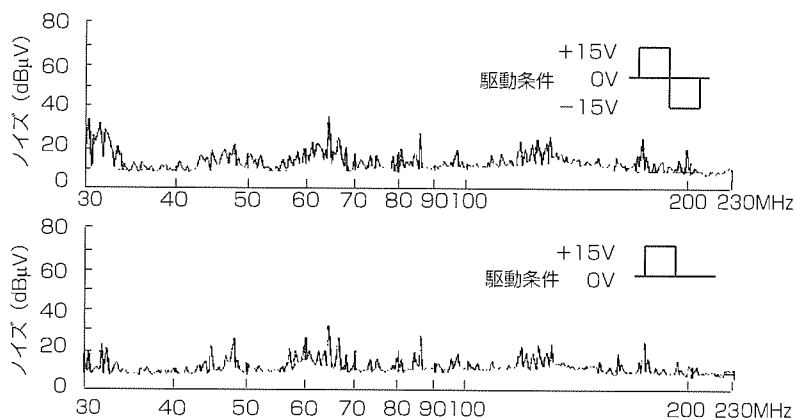


図1. IGBTのゲート駆動条件とノイズの関係

示す。後者の緩和された条件により、 $dv/dt$ や $di/dt$ が下がってノイズが抑制されていることが分かる。また、駆動条件緩和の最も簡便な方法はゲート抵抗( $R_G$ )を増すことである。ただし、 $R_G$ を増すとスイッチング損失が増大するため、IGBTの飽和電圧( $V_{CE(sat)}$ )の低減による定常損失の削減でこれを相殺する必要がある。

ゲート駆動条件の緩和に頼らず、IGBTやダイオード自身のスイッチング波形を滑らかにする対策も重要となる。そこで、ゲート駆動条件以外でスイッチング波形に影響する可能性のある要素に関してシミュレーションを行った結果、スイッチング波形の平滑化には、①還流ダイオードのソフトリカバリー化、②モジュールパッケージの低インダクタンス化、③IGBTの入力容量の増加、が有効であることが判明した。

さらに、 $di/dt$ や $dv/dt$ を検出しながらこれと連動してIGBTのゲート駆動条件が制御できれば、電流や電圧の変化率の大きい部分だけを平滑化することが可能となる。これはより直接的で有効な電磁ノイズ低減策となり得る。

以上のような考察を踏まえ、次の三つの方向から電磁ノ

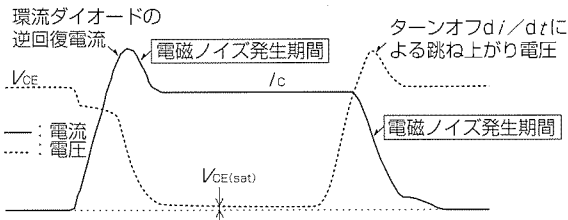
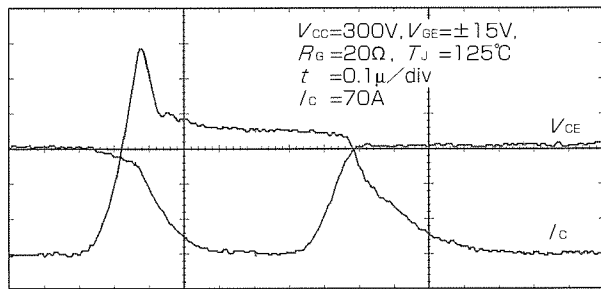
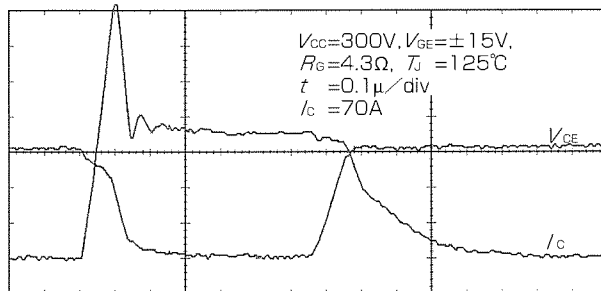


図2. IGBTのスイッチング波形とノイズの関係



(a) トレンチIGBT



(b) 第三世代IGBT

図3. スwitching波形に対するトレンチ構造の効果

イズ低減の活動を進めてきた。

- IGBT及び還流ダイオードの性能改善
- モジュールパッケージの低インダクタンス化
- $di/dt$ 制御可能なIGBT駆動方式の開発

以下に、これらの課題に対する当社パワーデバイスの取組と業界の動向を示す。

#### 4. パワーデバイスの低ノイズ化の動き

##### 4.1 IGBTの性能改善

前述したように、低ノイズ化のためには、IGBTの入力容量を応用上問題のない範囲で増し、同時に $V_{CE(sat)}$ を下げて低ノイズ化のためのスイッチング損失の増大を相殺する必要がある。この要請に従って種々の構造を検討した結果、トレンチゲート構造が最適であるという結論を得た。トレンチ構造の場合、MOSチャネル密度を上げることで入力容量が増すと同時に、導通時のチャネル領域の抵抗が減り、 $V_{CE(sat)}$ の大幅な低減が可能である。このため、トレンチIGBTのスイッチング損失( $E_{sw}$ )は、同一駆動条件であれば、同等の $V_{CE(sat)}$ を持つ第三世代IGBTの約70%に低減される。したがって、トレンチIGBTは、スイッチング損失を犠牲にしても第三世代と同等の電力損失を維持しながらノイズ低減を図る余地があることになる。

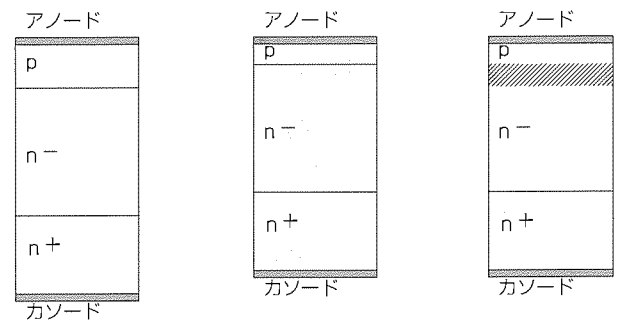
図3に、インバータ動作において同等の電力損失となるように $R_G$ を調整した、トレンチ構造と第三世代のIGBTのスイッチング波形を示す。トレンチIGBTの場合、 $dv/dt$ や $di/dt$ が大幅に緩和されていることが分かる。

市場でも、トレンチIGBTのサンプル供給をアナウンスするメーカーが出始めた。低ノイズ/低損失のトレードオフ改善のため、トレンチゲート化が進むものと思われる。

##### 4.2 ダイオードの性能改善

以上に述べたように、ノイズ低減のためのダイオードの課題はソフトリカバリー化であり、これは従来から重点的に取り組んできたテーマの一つである。図4に、ソフトリ

- : ライフタイム制御領域
- ▨ : 局所ライフタイム制御領域



(a) 従来ダイオード (b) 三世代用ダイオード (c) 新ダイオード

図4. 還流ダイオードの構造の推移

カバリー化のためのダイオードの進歩の履歴を断面構造の変遷で示す。図の(a)はIGBTモジュールの第一世代と第二世代で用いられた従来構造のダイオードで、高濃度で厚いpアノードを持っている。図の(b)は第三世代に用いられたダイオードで、(a)に比べてpアノードを低濃度で浅く形成しており、pアノードからの正孔の注入効率を抑制している。(c)では、(b)の構造において斜線で示す領域のライフタイムを局部的に短縮することで、ダイオードの順電圧降下( $V_F$ )を犠牲にすることなく正孔の注入を(b)以下に抑制できる。これらのダイオードのリカバリー電流波形を図5に示す。世代が進むにつれてソフトリカバリー化されていることが分かる。

図6に、前図の(a)を搭載した第二世代IGBTモジュールと(b)を搭載した第三世代品のノイズスペクトルを示す。第三世代のノイズレベルがほぼ全域にわたって低いことが分かる。

還流ダイオードのソフトリカバリー化は従来からIGBTターンオン損失低減の手段として検討され、各社から種々の新構造が提案された。ノイズ低減の面からもこの動きが加速されると思われる。

#### 4.3 モジュールパッケージの低インダクタンス化

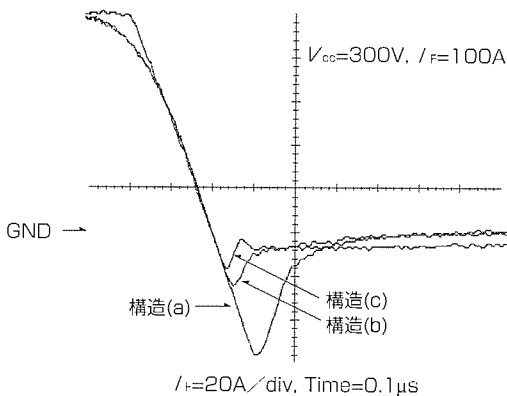


図5. 各ダイオードの構造におけるリカバリー電流波形

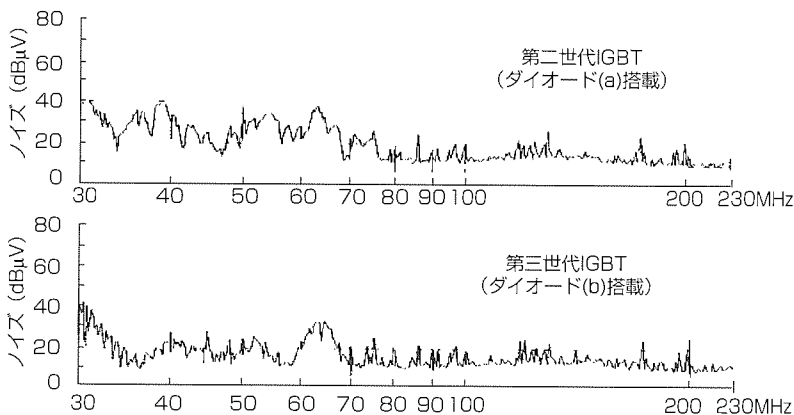


図6. 還流ダイオードのリカバリー特性とノイズの関係

第三世代IGBTモジュールのHシリーズの後継となるUシリーズ用に、低インダクタンス化をねらったパッケージを開発した。これは、従来のモジュールのパッケージの発想を大きく変えたもので、次の特長を持っている。すなわち、すべての電極端子をケースに埋め込むことでモジュール内の端子配線や応力緩和用のS形端子によるインダクタンスを排除し、また、モジュール内は可能な限り近接した逆平行電流で磁界を相殺する構造として業界最小レベルの寄生インダクタンスを実現した。図7に両パッケージの断面のイメージ図を、図8にHとUシリーズのIGBTのターンオフ波形を示す。インダクタンスの低減により、Uシリーズの跳ね上がり電圧が抑制されていることが分かる。

上記の概念によるパッケージが最近他社からもアナウン

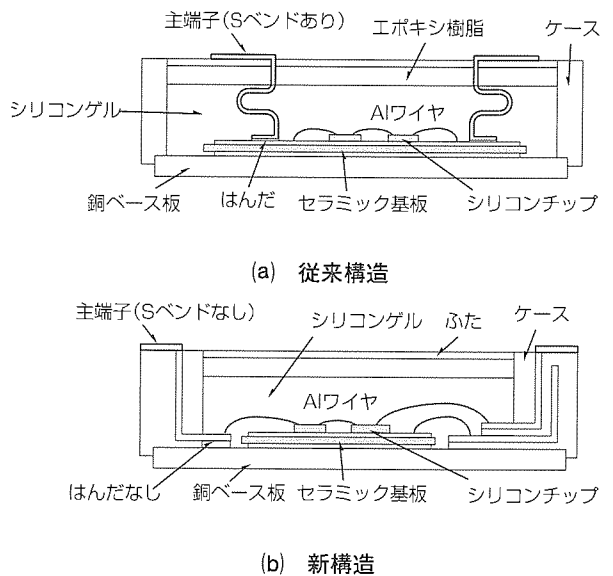


図7. 従来のパッケージ構造と低インダクタンス構造の比較

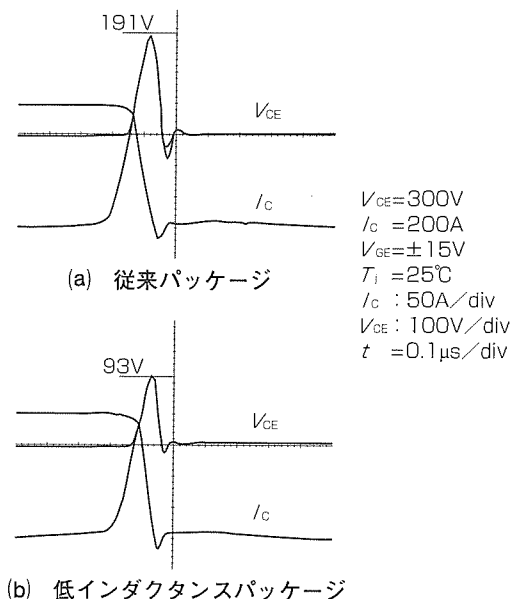


図8. ターンオフ波形へのパッケージ低インダクタンス化の影響

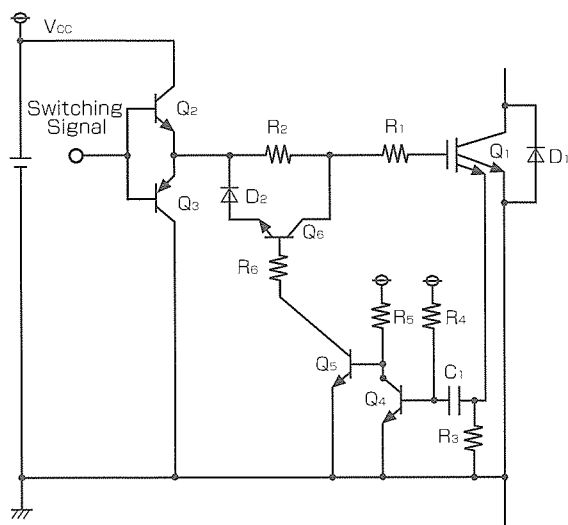


図9. di/dt制御機能を持つ駆動回路

スされた。この構造は、電磁ノイズの低減のため、IGBT等の高速デバイス用パッケージの主流になると思われる。

#### 4.4 di/dt制御可能なIGBT駆動方式の開発

より直接的なスイッチング波形の平滑化の手段として、スイッチング波形をセンスしながらdi/dtの急峻な部分のみを平滑化する駆動制御方式を開発中である。ただし、この方式には非常に短時間のフィードバックが必要となり、センシングや演算の方式など今後の開発に負うところが多い。ここでは、この方式のコンセプトを示す1例として、di/dt制御機能を持つIPMの駆動回路を図9に示す。

この駆動方式は、IGBTのコレクタ電流の減衰率(di/dt)を検出して、di/dtが設定値を超えるとIGBTのR<sub>G</sub>を増してdi/dtを抑制することをねらいとしている。図10に、従来の駆動方式と今回の方式におけるターンオフdi/dtとターンオフ損失(E<sub>sw(off)</sub>)の関係を示す。この方式では、E<sub>sw(off)</sub>を増すことなくdi/dtを30~40%低減できることが分かる。ただし、この駆動方式では、di/dtやdv/dtの急峻な部分のみを緩和するという微妙な制御はできない。応答時間の短縮や新しい制御方式を求めて、更に研究開発を進めている。

di/dt制御のため幾つかのメーカーから独自の制御方式が提案されているが、まだどれも実用化に至っていない。di/dt制御は、パワーデバイス側からの最も直接的な電磁ノイズ低減の手段であり、更なる研究が望まれる。

### 5. む す び

当社パワーデバイスの電磁ノイズ低減に対する取組は、①パワーチップのソフトスイッチング化、②パッケージの

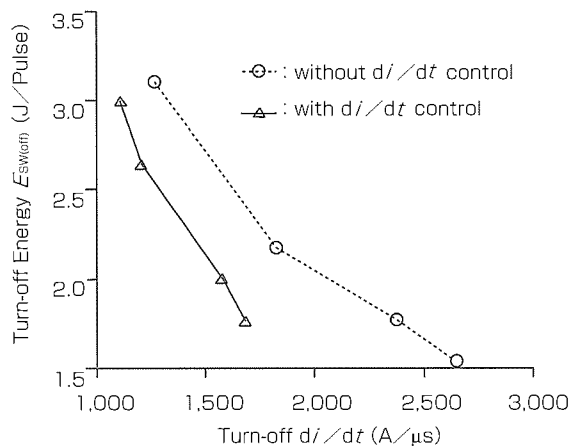


図10. 駆動方式とdi/dt及びE<sub>sw(off)</sub>の関係

寄生インダクタンスの低減、③di/dt制御可能なIGBTの駆動方式の開発、の三つの方向から進めてきた。①のためには、トレンチIGBTの開発と製品化及びダイオードのソフトリカバリー化を進め、ノイズ低減に向けて成果が出つつある。②については、寄生インダクタンス低減をねらった新規のパッケージを開発し、Uシリーズとして製品化した。③に関しては開発段階にあり、センシングや信号処理方法の改善を進め、IPMとしての製品化を急ぐ。

他社からもトレンチIGBTや上記と同一コンセプトのパッケージの製品化が発表されたりdi/dt制御のための駆動方式が学会発表されるなど、市場全体として前述の方向に沿ってパワーデバイス側からのノイズ低減の動きが始まったように見える。

### 参 考 文 献

- (1) 岩上 徹, 岩桓征樹, 川藤 寿, 山田真志, 野田祐久: Super Compact Dual-Inline-Package IPM, 平成9年電気学会全国大会, 807, 4-47 (1997)
- (2) Harada, M., Minato, T., Takata, I., Takahashi, H., Inoue, K., Nishihara, H.: 600V Trench IGBT in Comparison with Planar IGBT, Proc. of 6th ISPSD, 411~416 (1994)
- (3) Arai, K., Iwasa, T., Yu, Y., Thal, E.: Development of New Concept PKG-Third Generation IGBT Module U Series, Proc. of PCIM Europe '96 (1996-5)
- (4) Ishii, K., Matsumoto, H., Takeda, M., Kawakami, A., Yamada, T.: A High Voltage Intelligent Power Module (HVIPM) with a High Performance Gate Driver, Proc. of 10th ISPSD, 289~292 (1998)

# 1,200V トレンチIGBTモジュール

新井規由\* 平川 聡\*\*  
田畑光晴\*  
高橋英樹\*

## 要 旨

汎用インバータを始めとするパワーエレクトロニクス応用製品は、電力コスト削減から始まり、低騒音、装置の小型化、きめ細かなモータ制御といった付加性能の追求、省エネルギーといった時代の要求にこたえてきた。キーデバイスである半導体スイッチ素子も、装置の目的達成のためにその性能を追求してきた。汎用インバータなどの性能は驚くべきレベルに達したが、近年、その使用による副作用が次第に明らかになってきた。特に浮遊容量電流がもたらす影響は無視できないものがあり、システム全体での見直し気運が高まっている。このような要求に対応するための回路手法では、スイッチング損失の増加を余儀なくされることが多い。この場合、オン電圧が極めて低いトレンチIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)が非常に有利な選択となる。

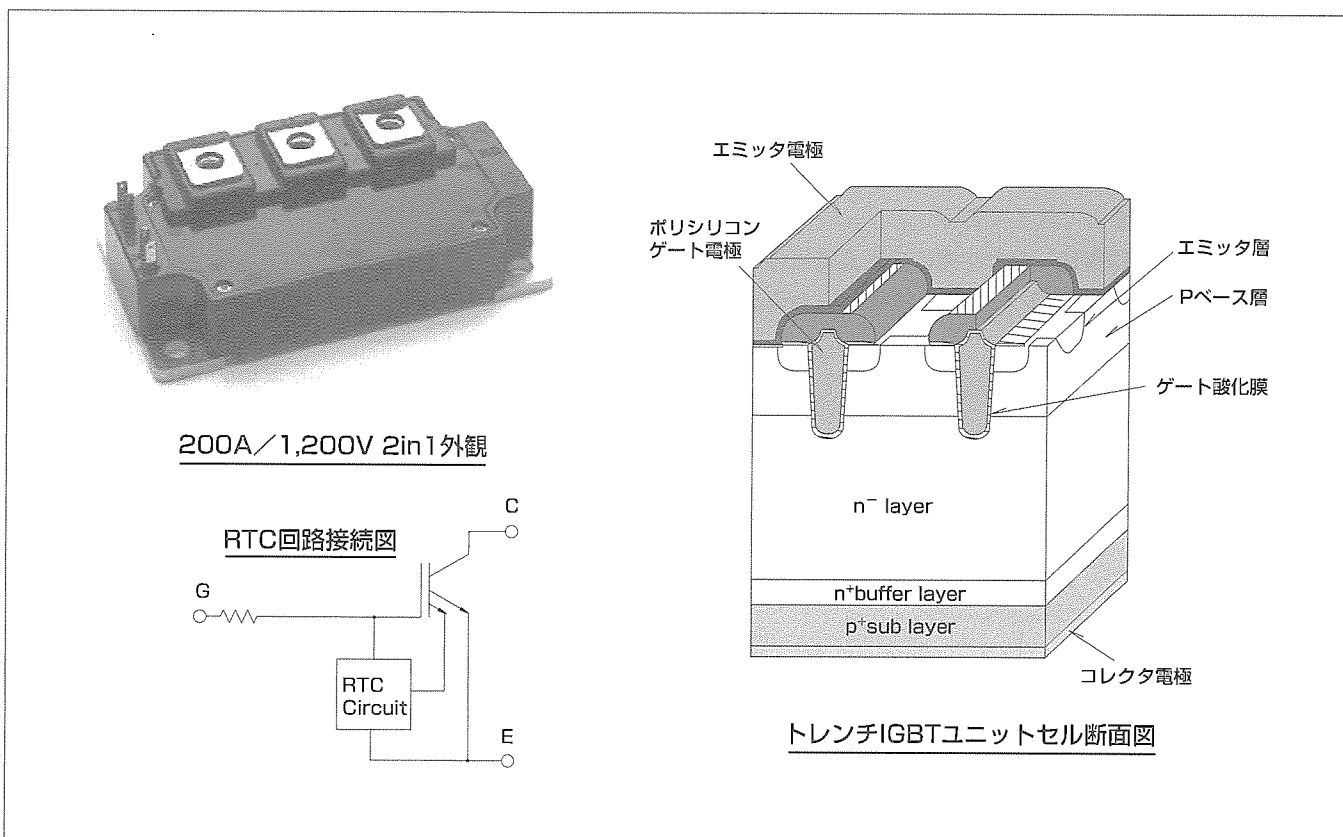
以上のような市場動向から、今回トレンチIGBT技術を

高耐圧へ展開した1,200V耐圧トレンチIGBTモジュールを開発したので、その概要を述べる。

今回開発した1,200V耐圧トレンチIGBTモジュールの特長は次のとおりである。

- (1) パンチスルー構造への局所キャリアライフタイム制御による低飽和電圧
- (2) FWD(Free Wheeling Diode)の改良などによるソフトスイッチング化
- (3) RTC(Real Time Control)回路搭載によって短絡耐量を確保
- (4) Uシリーズパッケージ構造による低インダクタンス

今回の開発によって600V、1,200VのトレンチIGBTモジュールがそろい、産業用電力変換装置用のほとんどをカバーできるようになる。今後、これらのシリーズ展開を実施していく計画である。



## 1,200VトレンチIGBTモジュール

今回開発した1,200VトレンチIGBTモジュールは、三菱電機の新製品のモジュールであるUシリーズのPKGに新しく開発したトレンチIGBTチップを搭載し、低損失・低ノイズ等の高性能を実現した。

1. ま え が き

IGBTモジュールは、その性能・特性が市場要求に適合し、汎用インバータを始めとする産業用電力変換装置に幅広く利用されるようになった。今回、欧米を始めとして広く使用されているAC360V～AC480V商用電源用の応用装置用途向けに、最新のウェーハプロセス技術、パッケージ、組立技術を用いて、低オン電圧1,200V耐圧トレンチIGBTモジュールを開発し製品化したので紹介する。

2. 1,200V トレンチIGBTの構造

2.1 トレンチゲート構造(表面構造)

図1にトレンチゲート構造IGBTのセルの断面図を示す。図2はプレーナIGBTとトレンチIGBTのオン電圧降下の違いを示す断面説明図である。従来から製品化されているプレーナ構造ではゲート電極がシリコン表面に形成されるのに対し、トレンチ構造ではゲート電極がシリコン表面から $n^-$ 層まで形成されたトレンチ内部に形成される。このため、プレーナ構造に比べてセルの一層の微細化が可能となる。また、ゲート-エミッタ間に電圧が印加すると、プレーナ構造では、シリコン表面に形成されたチャンネルを通過するため、コレクタ電極から流れる電流はシリコン表面で縦方向から横方向へ変化する。

一方、トレンチ構造では、電流はコレクタ電極からエミッタ電極に様に流れる。したがって、トレンチ構造はプレーナ構造に対し以下の優位点がある。

- (1) チップ面積当たりのチャンネル幅(通電面積)が増加するので、チャンネル抵抗をより低くできる。
- (2) プレーナ構造では隣接したセル間にできる電流の集中する空間(J-FET領域)がトレンチ構造にはないため、オン電圧がより低くなる。

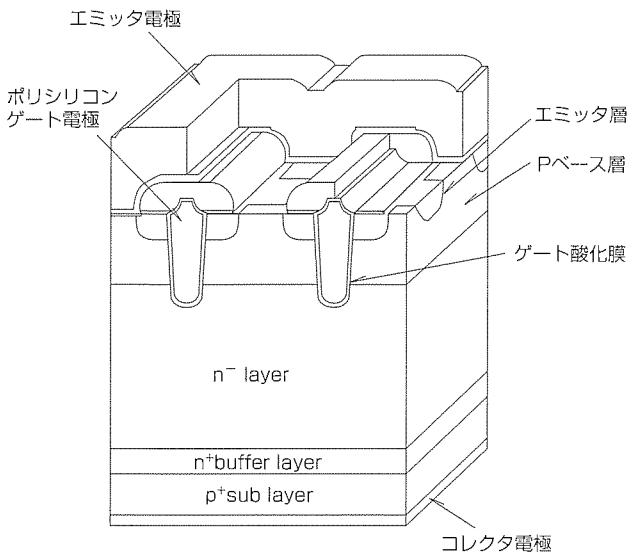


図1. トレンチIGBT断面構造

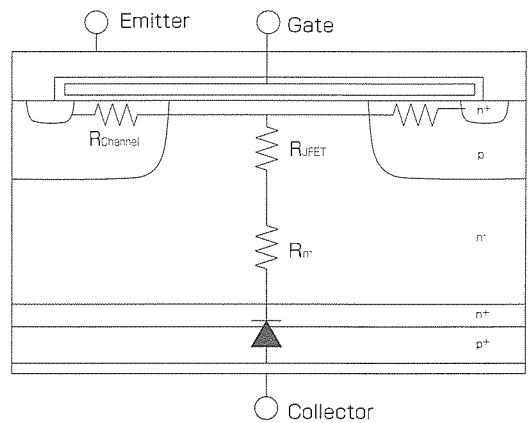
(3) セル密度の増加によって各セルの1セル当たりの負担電流が低減し、ターンオフ耐量(RBSOA)に余裕ができる。

2.2 IGBTの縦方向構造

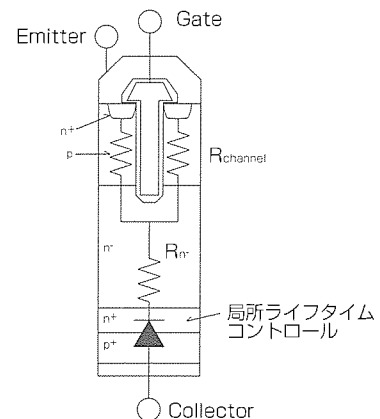
今回の1,200V-IGBTの縦方向構造には、 $n^-$ 層の厚みを薄くできるため、オン電圧の低減に有効なPT(Punch Through)方式を採用した。さらに、オン電圧の低減のため、従来の電子線の照射による均一なキャリアライフタイム制御に変えて、電子よりも重い軽イオンを用いた局所キャリアライフタイム制御を採用した。この制御は、図2に示すように、 $n^-$ ドリフト層のキャリア寿命を減らすことなく、スイッチング特性に影響の大きい $n^+$ バッファ層のキャリア寿命を選択的に短くする。このため $n^-$ ドリフト層のキャリア寿命が長くなり、キャリア密度が増加するため、オン電圧は低くなる。

3. RTC回路

トレンチゲートIGBTは、飽和電流値が非常に大きいため、素子自体で短絡耐量を確保することは難しい。そこで、短絡電流を瞬時に制限するRTC回路を開発し、搭載した。



(a) 従来型プレーナゲートセル構造



(b) 1,200V トレンチゲートIGBTセル構造

図2. トレンチIGBT構造と従来IGBT構造とのユニットセルの比較



図3にRTC回路とIGBTチップとの接続を示す。短絡が発生すると、トレンチIGBTチップに作り込んだ電流感測電極からエミッタ電流に同期した電流が流れ出す。これにより、RTC回路を作動させ、IGBTのゲート電圧を下げ、短絡時にIGBTに流れる電流を抑える。モジュールとしての短絡耐量は、第三世代プレーナ素子と同等の10μs以上を確保した。

#### 4. 特性

今回開発した1,200VトレンチIGBTと第三世代プレーナIGBT(Hシリーズ)との特性比較を表1に示す。図4に同トレンチIGBTと同三世代の飽和電圧特性曲線の比較を示す。ここで比較している第三世代素子は、定格電流での電流密度を95A/cm<sup>2</sup>としている100A、1,200V定格の素子である。一方のトレンチ素子は、同じ定格での電流密度を140A/cm<sup>2</sup>としている。図から、今回開発したトレンチIGBTは、上記の第三世代素子よりも1.4倍も電流密度を高く設定しているにもかかわらずV<sub>CE(sat)</sub>で0.9V低いことが分かる。

図5に125℃でのトレンチIGBTの誘導負荷スイッチングの波形を示す。局所キャリアライフタイム制御により、第

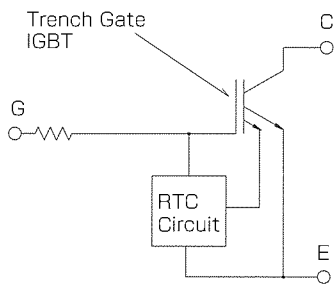


図3. トレンチIGBTチップとRTC回路との接続図

三世代プレーナ素子と比較してテイル領域での電流の減衰が速く、低いターンオフ損失となっている。

図6に定格100A、1,200Vの各種IGBTのトレードオフ関係を示す。図に示すように、今回開発したトレンチゲートPTのIGBTは、非常に良好なE<sub>sw(off)</sub>対V<sub>CE(sat)</sub>トレードオフ特性を持っていることが分かる。この良好なトレードオフは、2章で述べたように、トレンチゲート構造及び局所キャリアライフタイム制御したPT構造のためである。また、今回開発した1,200V-IGBTは、従来のHシリーズに比べて、インバータロス約40%低減されている。

#### 5. パッケージ構造

パッケージには、Uシリーズパッケージ構造を採用した。このパッケージの特長の一つにセラミック基板面積の低減がある。従来のモジュールで電極との中継接続に使用していたセラミック上のはんだ付けスペースが、今回採用のパ

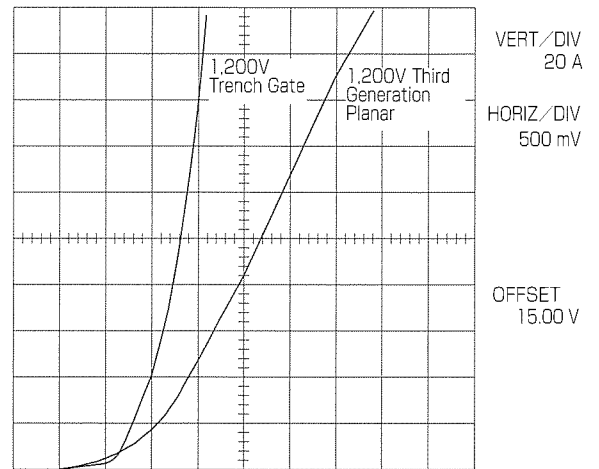


図4. 100A/1,200V飽和電圧特性比較 (トレンチ/Uシリーズ)

表1. 100A/1,200V 特性比較

記号	項目	条件	プレーナ第三世代	トレンチ
			Hシリーズ	Fシリーズ
I <sub>CES</sub>	コレクタ遮断電流	V <sub>CE</sub> =1,200V, V <sub>GE</sub> =0V	1mA max.	1mA max.
V <sub>GE(th)</sub>	ゲート-エミッタ間しきい値電圧	I <sub>C</sub> =10mA, V <sub>CE</sub> =10V	6V	6V
I <sub>GES</sub>	ゲート-エミッタ間漏れ電流	V <sub>GE</sub> =20V, V <sub>CE</sub> =0V	0.5μA max.	20μA max.
V <sub>CE(sat)</sub>	コレクタ-エミッタ間飽和電圧	T <sub>j</sub> =25℃, I <sub>C</sub> =100A	2.5V	1.8V
		T <sub>j</sub> =125℃, I <sub>C</sub> =100A	2.25V	1.9V
C <sub>ies</sub>	小信号入力容量	V <sub>CE</sub> =10V V <sub>CE</sub> =0V	20nF	36nF
C <sub>oes</sub>	小信号出力容量		7 nF	0.99nF
C <sub>res</sub>	小信号帰還容量		4 nF	0.93nF
R <sub>th(j-c)</sub>	熱抵抗		0.16℃/W	0.25℃/W
ESW	スイッチング損失 (E <sub>on</sub> +E <sub>off</sub> )	Hシリーズを1とした比率	1.0	0.84
—	正弦波インバータ平均損失 5kHz		1.0	0.62
—	正弦波インバータ平均損失 15kHz		1.0	0.59
ΔT <sub>(j-c)</sub>	温度上昇インバータ 5kHz		1.0	0.88
	温度上昇インバータ 15kHz	1.0	0.6	

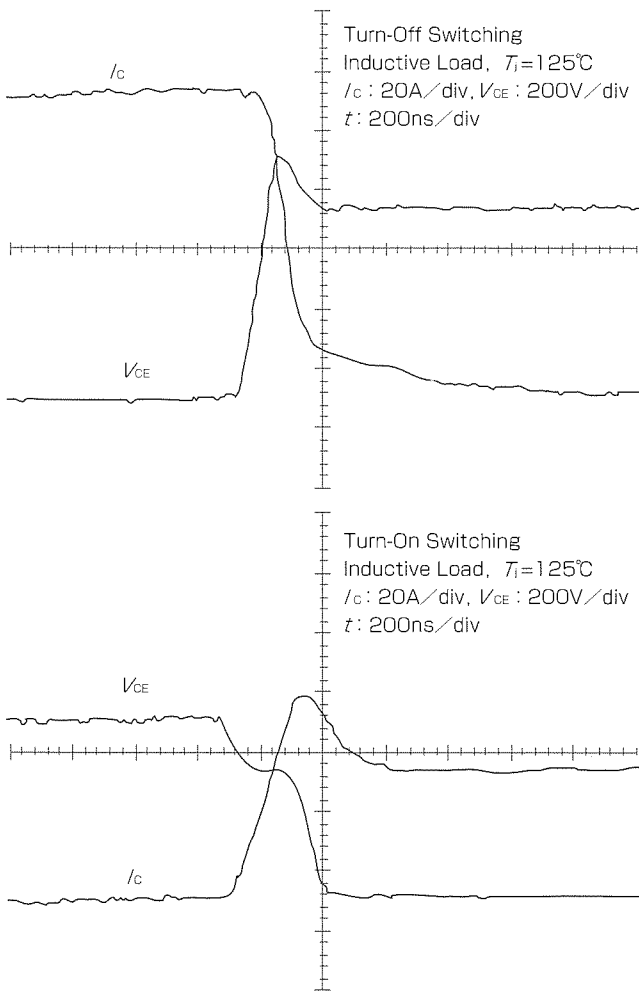


図5. トレンチIGBT誘導負荷ターンオフ、ターンオン波形

パッケージにはない。このため、熱伝導性の良いセラミック材料を低コストで採用できる。

また、このパッケージの他の特長として、非常に低い内部インダクタンスがある。電極のばね部分を不要とする工夫で従来の電極よりも大幅に幅広の電極を使用することが可能となり、平行配置するなどで従来のモジュールの約1/2という大幅なインダクタンス低減を実現した。図7に新しいパッケージの断面図を示す。

### 6. むすび

今回、PT構造へ局所キャリアライフタイム制御を用いた新しい1,200VトレンチゲートIGBTを開発した。今回

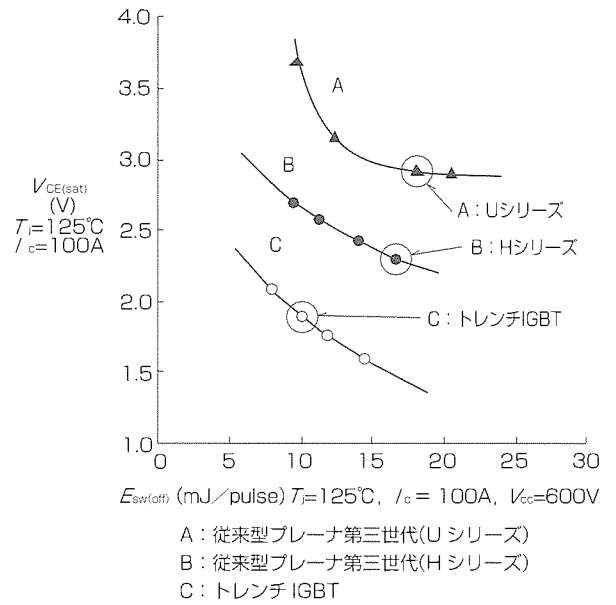


図6. スイッチング損失と飽和電圧トレードオフ (各デバイス比較)

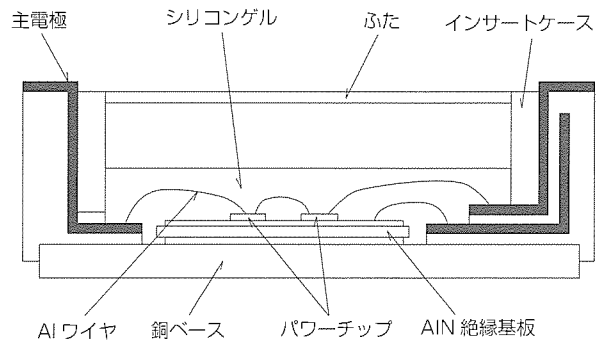


図7. パッケージ断面構造図

開発した1,200VトレンチIGBTは、従来の当社製品に比べて約40%のインバータロス低減した。短絡耐量についてはRTC回路の付加によって達成された。

工業用電力変換用途でこの素子が市場の要求にこたえる部品として最適な性能を備えていることを確信しており、この素子の量産化が電力利用システムの完成度の更なる向上に寄与することを期待する。

# 600V高耐圧接合分離技術による PDP, 蛍光灯用HVIC

福永匡則\* 坂田浩司\*  
田中良和\*\* 折田昭一\*  
吉村浩介\*

## 要旨

近年、産業と民生の両分野において省エネルギーのためインバータ化が急速に進んでおり、パワーエレクトロニクスの様々な分野においては、システムの高効率化・低損失化の要求が急激に増加している。このような市場動向や要求にこたえ、小型化・高性能化・信頼性の向上及び低コスト化を実現するためのキーデバイスとして、600V高耐圧プロセスを使用したHVIC (High Voltage Integrated Circuit)の開発・製品化とシリーズ展開を進めている。

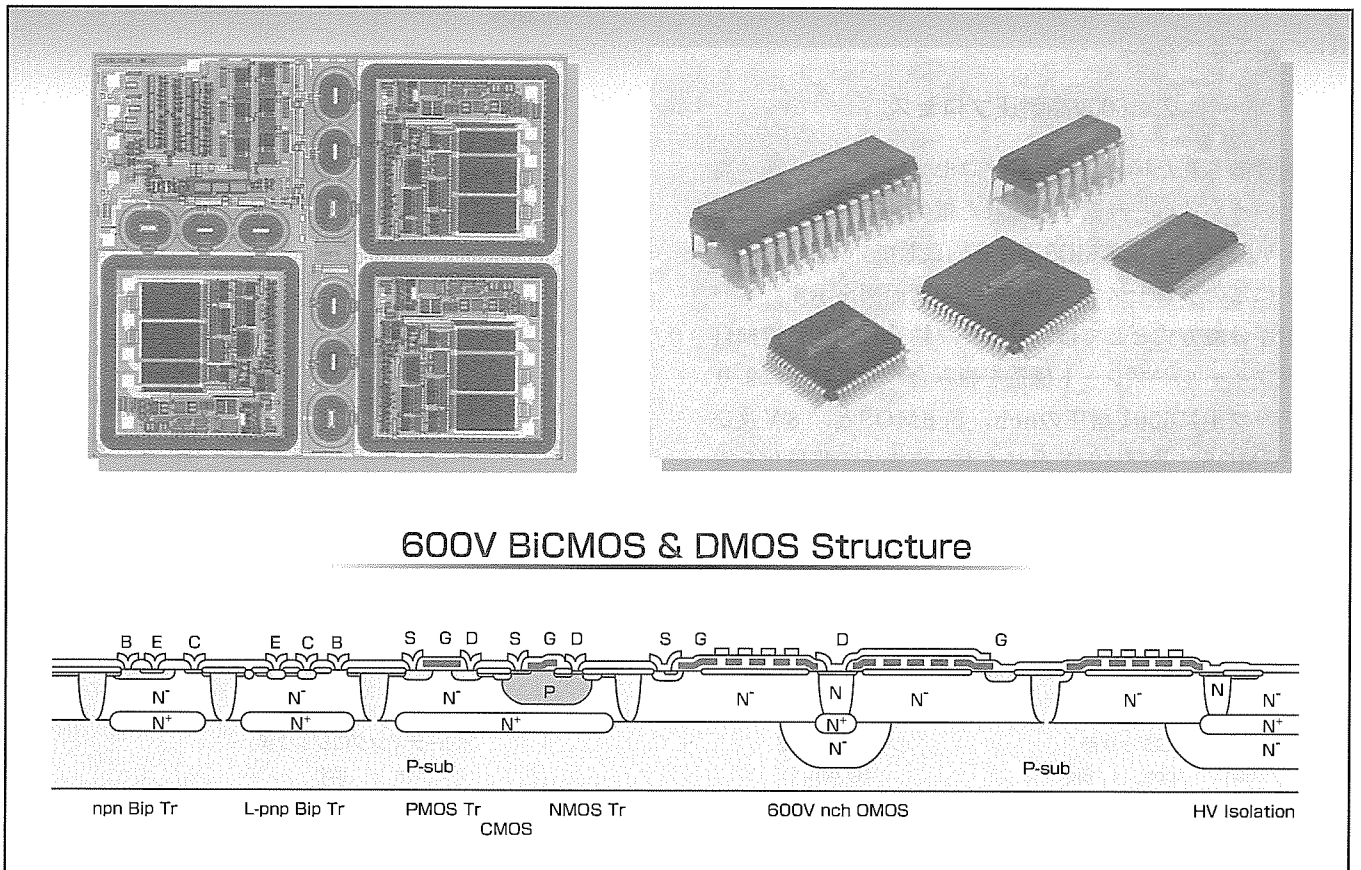
HVICの用途としては、

- 蛍光灯インバータ制御用
- PDP (Plasma Display Panel) 放電維持パワー

MOSFET (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor) 駆動用

- モータのインバータ制御IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュール, 及びパワーMOSFET駆動用
- ASIPM (Application Specific Intelligent Power Module) 内蔵IGBT駆動用
- DIP-IPM (Dual-in-line Package-IPM) 内蔵IGBT駆動用

などがあるが、今後その用途は更に拡大していくと思われる。



## 600V耐圧HVIC

600V高耐圧プロセスにより、PDP用のハーフブリッジドライバや蛍光灯インバータ制御などの用途に対応するHVICの開発と製品化を実現した。

## 1. ま え が き

昨今のパワーエレクトロニクス製品は、従来からの高性能・低コストという市場・顧客要求に加え、深刻な社会問題となりつつある二酸化炭素排出による地球温暖化現象への対応策として省エネルギー化を達成していく必要に迫られている。

これらの要求に対して、三菱電機のパワーデバイス事業としては、パワーデバイスと制御・保護回路を同一モジュールに組み込んだIPMの開発を行い、ASIPM、DIP-IPMを製品化してきた。

これらIPMのキーデバイスの一つがHVICである。そしてHVICのキーテクノロジーは、600V高耐圧プロセス/デバイス技術及び回路設計技術である。これらの技術レベルは製品の市場実績から高い評価を得ている。

HVICの応用分野としては、IPM用途の産業と民生用インバータのみならず、高耐圧・大電流駆動が必要とされるシステム制御など多分野に広がっており、これまでに蛍光灯用インバータ制御や、ハーフブリッジドライバとしてのPDPドライバ駆動用にHVICの開発を行ってきた。

本稿では、まず600V高耐圧プロセスを概説し、次にこのプロセスで開発を行ったHVICの代表機種機能及び特長について述べる。

## 2. 600V高耐圧プロセス

最適設計された接合分離方式プロセスによって高速・高精度というバイポーラ素子の優れた電気特性を保持しながら、8V及び24V系のCMOS素子を内蔵している。

図1にこのプロセスでの素子構造の断面図を示す。

高耐圧分離方式としては、リサーチ構造と三菱電機独自の多重フィールドプレート構造を組み合わせることにより、ワンチップ上に600V耐圧のnch、pchMOSと、8V及び24V系CMOS、並びに24V系バイポーラ素子の集積化を実現した。

表1に素子特性の諸元を示す。

## 3. HVICの応用例

### 3.1 ハーフブリッジドライバHVIC (PDP用)

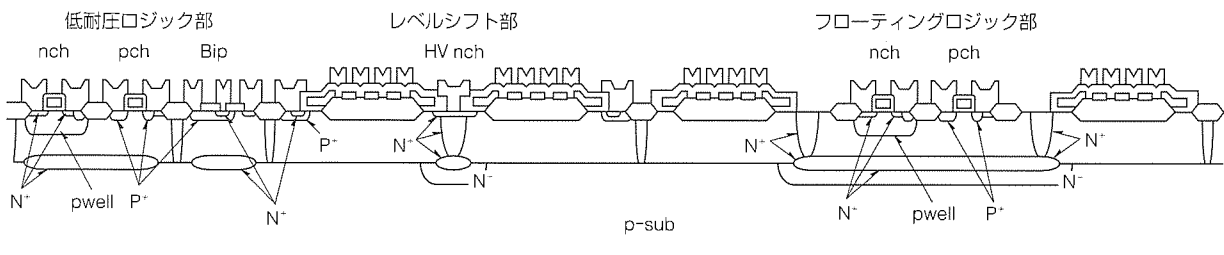


図1. 600V高耐圧HVIC用素子の断面図

ハーフブリッジドライバHVICは、トータムポール接続された高耐圧のパワーMOSFET又はIGBTを駆動するものであり、GND電位を基準としたローサイドドライバとフローティング電源に対応したハイサイドドライバを内蔵している。

そのシステム応用例としては、PDP用放電維持パワーMOSFETドライバ、モータのインバータ制御用のIGBTモジュールやパワーMOSFETのドライバ等がある。

図2にPDP用放電維持パワーMOSFETドライバHVIC (M63990FP)の基本接続図を示す。チャージポンプ回路によってハイサイドとローサイドとの単電源駆動を可能とし、システムの小型化を実現した。

図3にM63990FPのブロック図を示す。このICの基本動作は、マイコンからの低圧の入力信号をラッチ回路と高圧素子及びdV/dt誤動作防止インタロック回路で構成されたレベルシフト回路に加え、信号レベルをフローティングの電源側へ伝達させる。

図4に高圧レベルシフトのタイミングチャートを示す。

表1. 素子特性の諸元

CMOS	nch	$V_{DSS} = 24V$ $V_{DSS} = 8V$	$V_{th} = 0.7V$ $V_{th} = 0.8V$
	pch	$V_{DSS} = -24V$ $V_{DSS} = -8V$	$V_{th} = -0.75V$ $V_{th} = -0.75V$
Bip	nnp	$V_{CES} = 24V$	$h_{FE} = 60$
	pnnp	$V_{CES} = 24V$	$h_{FE} = 60$
HV-MOS	nch	$V_{DSS} = 600V$	$V_{th} = 3.0V$
	pch	$V_{DSS} = 600V$	$V_{th} = -0.75V$

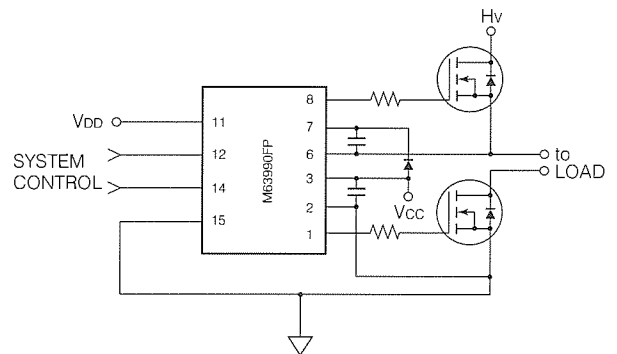


図2. HVIC (M63990FP)の基本接続図

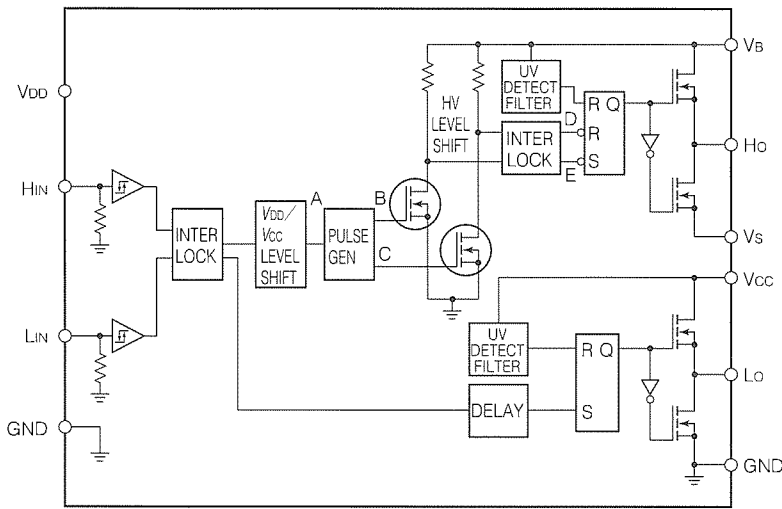


図 3. HVIC (M63990FP) のブロック図

表 2. M63990FPの電気的特性

( $T_a = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = V_{BS} = 15\text{V}$ ,  $V_{DD} = 5\text{V}$ )

項目	記号	条件	規格値			単位
			最小	標準	最大	
フローティング電源漏れ電流	$I_{FS}$	$V_b = V_s = 600\text{V}$	—	—	10	$\mu\text{A}$
$V_{BS}$ 電源スタンバイ電流	$I_{BS}$		0.2	0.5	1.0	$\text{mA}$
$V_{CC}$ 電源スタンバイ電流	$I_{CC}$		0.2	0.5	1.0	$\text{mA}$
$V_{DD}$ 電源スタンバイ電流	$I_{DD}$		—	—	100	$\mu\text{A}$
出力Hレベル負荷短絡電流	$I_{OH}$	$V_o = 0\text{V}$ , $V_{IN} = 5\text{V}$ $P_w < 10\mu\text{s}$	—	-2.5	—	A
出力Lレベル負荷短絡電流	$I_{OL}$	$V_o = 15\text{V}$ , $V_{IN} = 0\text{V}$ $P_w < 10\mu\text{s}$	—	2.5	—	A
$V_{BS}$ 電源UVトリップ電圧	$V_{BSUVT}$		9.5	10.5	11.5	V
$V_{BS}$ 電源UVリセット電圧	$V_{BSUVR}$		10.0	11.0	12.0	V
$V_{CC}$ 電源UVトリップ電圧	$V_{CCUVT}$		9.5	10.5	11.5	V
$V_{CC}$ 電源UVリセット電圧	$V_{CCUVR}$		10.0	11.0	12.0	V

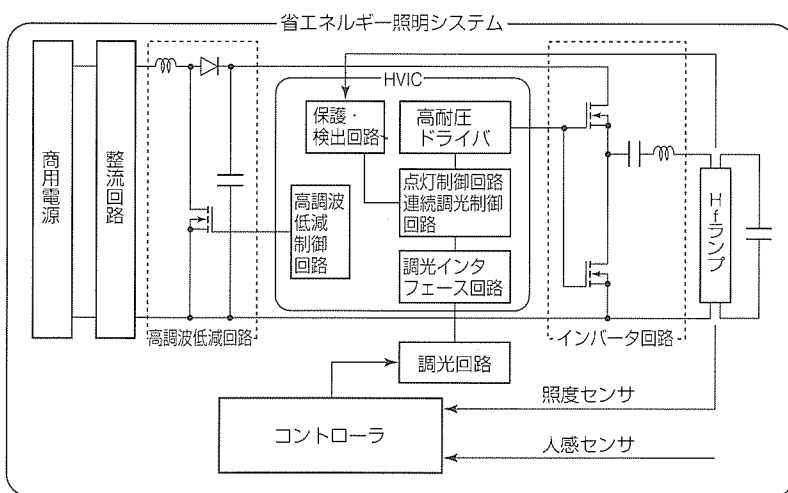


図 6. 省エネルギー照明システム

高圧素子のスイッチングでは、ワンショットパルス信号を用いて、高圧素子の低損失化と信頼性の向上を図っている。入力信号に対しては、インタロック回路を内蔵し、同時入

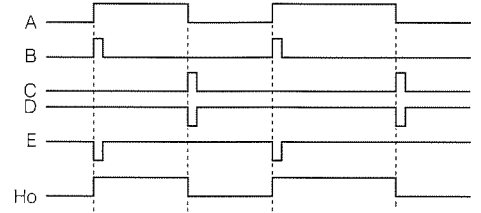
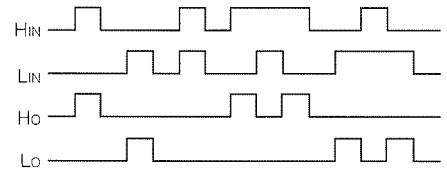
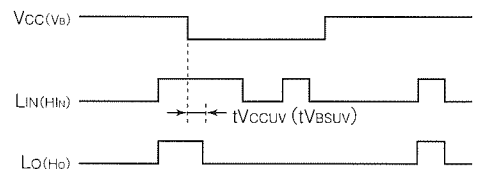


図 4. 高圧レベルシフトのタイミングチャート



(a) インタロック回路 タイミングチャート



(b) UV回路 タイミングチャート

図 5. インタロック/UV回路のタイミングチャート

力信号が印加された期間は出力を遮断する保護回路を内蔵している。また、制御電源電圧低下保護機能 (UV回路) を内蔵しており、一定時間幅 (10 $\mu\text{s}$ 程度) 以上制御電源電圧低下が継続すれば出力を遮断し、また入力信号を受け付けられない回路となっている。図 5 にインタロック回路及びUV回路のタイミングチャートを示す。

表 2 に M63990FP の主な電気的特性を示す。パワーデバイスの駆動電流は  $\pm 2.5\text{A}$  であり、電流の異なるシリーズ品種を展開中である。

### 3.2 蛍光灯用インバータ制御HVIC

ここまでHVICに関する各要素技術やドライバとしての応用例などを紹介してきた。ハーフブリッジドライバHVIC技術に加え、さらに、システムの一部まで取り込んだ応用例の一つとして、照明器具に用いられているHVICについて述べ

る。まず、HVICによって省エネルギーを実現した照明システムを図 6 に示す。

この省エネルギー照明システムは、商用電源からのAC

表3. 蛍光灯連続調光HVICの主な機能と特長

機 能	概 要	
調光信号I/F部	入力のパWM信号を直流電圧信号に変換する	
点灯シーケンスロジック部	内蔵されているロック信号によって点灯シーケンスを生成	
フィードバック回路部	ランプ電流をモニタし、ランプの照度を一定に保つ	
VCO (Voltage Control Oscillator)	直流電圧信号を周波数信号に変換しドライバへ出力する	
検出保護回路部	過電圧保護	電源電圧が異常上昇して素子が破壊される前にICの動作を停止する
	電源電圧低下保護	電源電圧の低下時にICの動作を停止する
	ランプ接続検出	ランプが接続されていない場合ICの動作を停止する
	ランプ異常検出	ランプが突然抜かれて素子に高圧がかかり破壊されることを防ぐ
	ランプ放電検出	点灯シーケンスの始動期間中にランプが放電したかどうかを検出する

電圧を整流する整流回路、高調波低減回路、蛍光灯を駆動するインバータ回路、照度センサ等によって明るさを検出しそれを調光信号としてHVICへ出力するコントローラ、調光回路、そしてHVICで構成されている。

HVICには、蛍光灯連続調光用として、高調波低減制御回路、連続調光制御回路、保護回路、調光インタフェース回路、高耐圧ドライバ等の回路をワンチップに集積化している。

このHVICの特長の一つとして、高調波低減制御回路がある。一般に、コンデンサ入力形の整流回路は、入力AC電圧がピークに達したとき、整流回路の平滑コンデンサにパルス電流が流れ、それが高調波成分を含んでいるためにインバータや他の電気機器に悪影響を及ぼすという問題を持っている。

高調波低減制御回路は、昇圧形コンバータ構成によって整流回路の力率を改善し、高調波成分を低減させることができる回路である。

そして、省エネルギーという点では、消費電力は従来照明器具に比べて約50%という大幅な効果を上げている。さらに、光出力5~100%の調光においても、従来照明器具と同等の安定した点灯を実現している。

またHVICは、インバータ蛍光灯の調光及び点灯シーケンスの制御機能も持っている。

インバータ蛍光灯の照度は、ドライバ回路の発振周波数を変化させることで制御している。発振周波数と明るさとの関係は、周波数が高くなれば暗くなり、低くなると明るくなる。蛍光灯連続調光HVICでは、調光用の入力PWM (Pulse-Width Modulation) 信号を直接電圧信号に変換し、その電圧を周波数変換してランプを調光している。

次に、点灯シーケンスの制御機能について説明する。ランプは、電源投入から点灯するまで時間的にランプの周波数を制御しないと点灯できない。具体的には予熱・始動・放電・点灯というシーケンスが必要となる。予熱でランプ

のフィラメントを温め、次に始動で放電可能な周波数にして、放電させた後に点灯状態になる。蛍光灯連続調光HVICでは、この点灯状態における各状態をIC内部又は外部設定電圧を用い、時間的に切り換えて点灯シーケンスを生成している。

蛍光灯連続調光HVICの

主な機能とその概要を表3に示す。

蛍光灯連続調光システムに対応したHVICのほかにも、段階調光を制御することができるHVICや固定調光ができるHVICなどの開発も行っている。

#### 4. む す び

以上、600V高耐圧プロセス、及びこのプロセスを用いて開発したハーフブリッジドライバ用HVICと蛍光灯用インバータ制御HVICの機能と特長について述べた。

HVICは、インバータシステムを実現する上で省エネルギーとシステムの小型化・低コスト化・高機能化を実現させるための必ず(須)のキーデバイスである。

今後、省エネルギーと環境保護の観点からパワーエレクトロニクスの様々な分野でインバータ化が急速に進み、HVICのアプリケーションは大きく広がっていくと予想される。

したがって、現有技術の更なる成熟化はもちろん、高耐圧プロセス技術も含め、更に発展・進歩していくものと考えられる。

#### 参 考 文 献

- (1) ゴーラブ マジウムダール, 太田達雄, 福永匡則, 為谷典孝, 波多江慎治: 小容量モータ駆動用アプリケーションスペシフィックIPM, 三菱電機技報, 71, No. 3, 305~310 (1997)
- (2) ゴーラブ マジウムダール, 野田祐久, 岩崎光孝, 川藤 寿, 岩上 徹: 超小型DIP-IPM, 三菱電機技報, 71, No.12, 1071~1074 (1997)
- (3) 上村一穂, 伴 和生: 省エネルギー照明“メルセーブシステム”, 三菱電機技報, 71, No. 5, 483~488 (1997)

# 電気自動車用IPM

藤田 晃\* 王丸武志\*\*  
 吉田茂一\*  
 白澤敬昭\*

## 要 旨

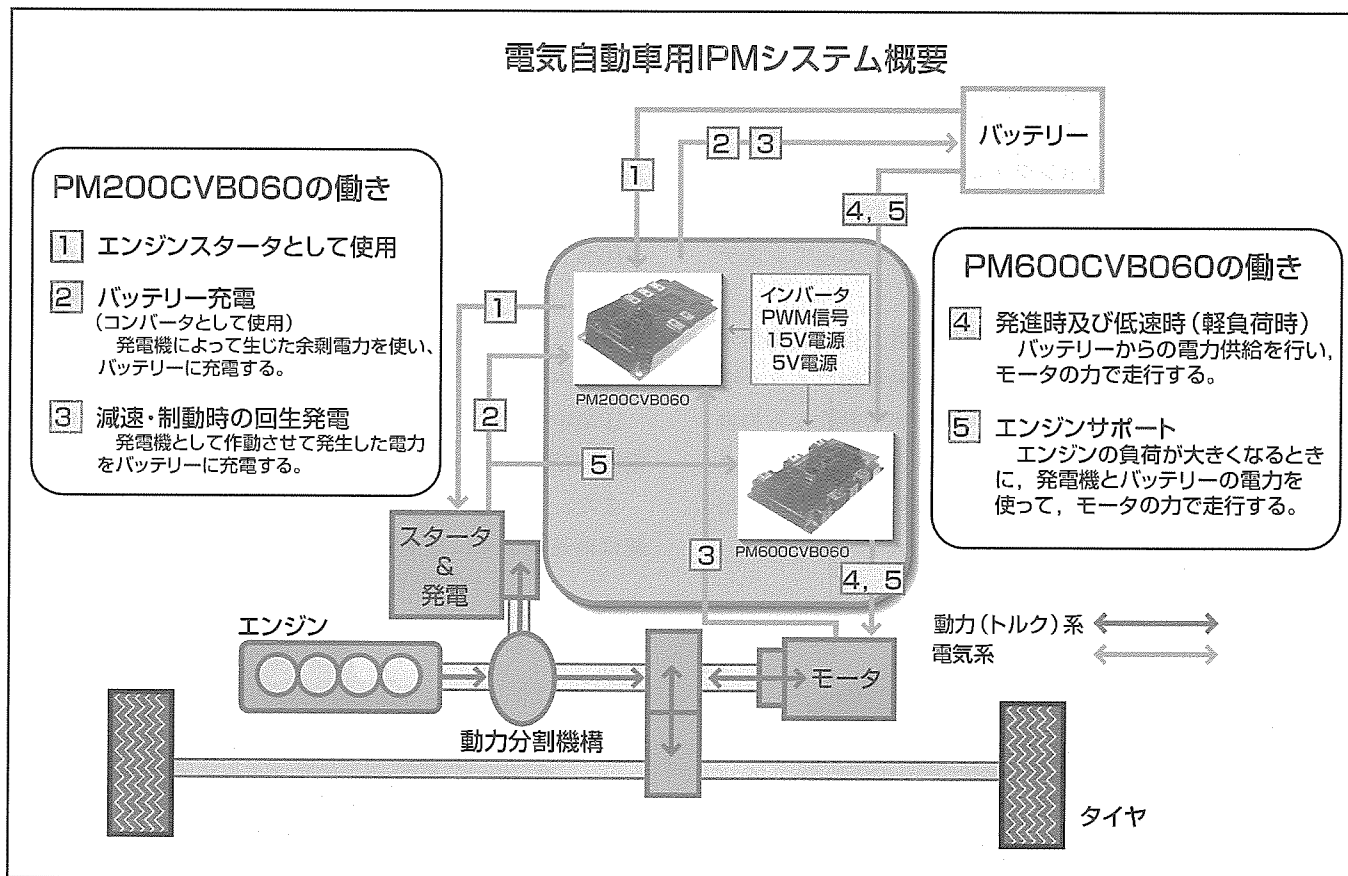
近年、地球の温暖化を始めとした環境問題への関心は高まり、特に自動車と環境問題については身近なものとなっている。自動車メーカーでは、ガソリンエンジンの改善に加え、電気自動車及びハイブリッドカー(ガソリンエンジン/モータの複合車)の開発に注力している。これらの電気自動車やハイブリッドカーにおいても、モータ制御にインバータを使用する方法が効率の面から主流となっている。

今回、ハイブリッドカーのインバータ対応として、信頼性の追求、低ロス化、軽量化をキーワードに、以下のコンセプトに基づき、2品種のIPM(Intelligent Power Module)を開発した。

(1) 大容量領域での6素子化

- (2) エラー信号の識別化
- (3) フォトカプラ内蔵によるロジック系の簡略化
- (4) 素子温度検出用端子の取り出し
- (5) 車両用コネクタ採用による信頼性向上
- (6) 信頼度の向上(耐ヒートサイクル性, 耐パワーサイクル性)
- (7) フェールセーフ機能内蔵

これらのコンセプトに基づき、高次元でバランスのとれた製品を開発するために、開発段階での徹底した要素技術評価を確立した。この実績を踏まえ、今後も、IPMのシリーズ化・多機能化、及び更なる信頼性の向上と軽量化の実現に向けて開発を進めていく。



## 電気自動車用IPM使用例

PM600CVB060はエンジンサポート用のモータ駆動用のインバータとして使用し、PM200CVB060はスタート時のエンジンスタータ及び発電用のコンバータとして使用する。

## 1. ま え が き

近年、地球の温暖化を始めとした環境問題の観点から、各自動車メーカーは電気自動車及びハイブリッドカー(ガソリンエンジン/モータの複合車)の開発を加速化している。今回、ハイブリッドカーのインバータ用として、信頼性の追求、低ロス化、軽量化をねらった2品種のIPMを開発した。

今回開発したIPMは、200A/600Vと600A/600Vの2品種で、双方とも6素子内蔵タイプである。従来品と比較して特に異なる点は、信頼性の追求(耐ヒートサイクル性、耐パワーサイクル性)を実現した点とIPM駆動用のフォトカプラを内蔵した点に加え、システムのフェールセーフ化を図った点である。

本稿では、このIPMについて構造、機能、特性について述べる。

## 2. 製品紹介

このIPMは、ハイブリッドカーのインバータ対応をターゲットとし、ハイブリッドカーにパワーモジュールを使用する際に重要となる信頼性の追求、低ロス化、軽量化の実現に向けて製品開発を進めた。

特に信頼性においては、ヒートサイクル性とパワーサイクル性の向上に重点を置き、ヒートサイクル性向上にははんだ改善と放熱板材の選定を行い、パワーサイクル性向上では上記に加えてワイヤボンディングの最適化を行った。

機能としては、フォトカプラの内蔵・大容量での6素子1パッケージ化、及び制御電源の4電源化によってシステムの簡略化に成功した。

また、ハイブリッドカーの実車振動に耐え得る制御信号接続方法として、耐震動性を考慮した自動車用コネクタを採用した。さらに、負荷短絡や過熱等の異常動作からの自己保護機能内蔵に加え、上位システムへのフィードバックに対応したフェール信号識別化などを採用した新しいIPMである。

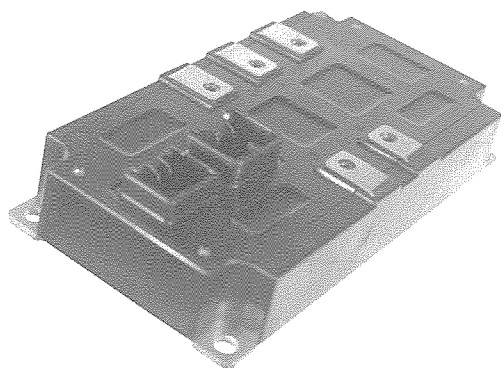


図1. PM200CVB060の外観

## 3. 電気自動車用IPMの開発コンセプト

次のコンセプトに基づいて開発を行った。

- (1) 大容量での6素子化
- (2) エラー信号の識別化
- (3) フォトカプラ内蔵によるロジック系の簡略化
- (4) 素子温度検出用端子の取り出し
- (5) 車両用コネクタ採用による信頼性向上
- (6) 信頼性の追求(耐ヒートサイクル性, 耐パワーサイクル性)
- (7) フェールセーフ機能内蔵

## 4. 電気自動車用IPMの構造

### 4.1 外 観

今回開発した2品種のIPMの外観を示す。

図1がPM200CVB060、図2がPM600CVB060であり、寸法・質量はそれぞれ、PM200CVB060:寸法(L)170×(W)90×(H)36.8(mm)・質量810g、PM600CVB060:寸法(L)237×(W)152×(H)40.3(mm)、質量1,800gとなっており、2素子タイプの従来IPMを3個使用した場合と比較して小型軽量化に成功した。電極は内部インダクタンスの低減を図って対面型とし、耐振動性を考慮した自動車用のコネクタを製品中央部に配置した。

### 4.2 内部構造

内部構造を図3に示す。

構造は、放熱板上に絶縁基板とIGBTチップを積層し、はんだによってマウントしている。

IGBTは、ケースに埋め込まれた電極と端子にワイヤで接続し、端子の他端を制御基板とはんだ付けして接続している。このように、制御回路はパワー部と分離された2段構造で内蔵している。

IPM中央部には、制御基板から車両用コネクタを介して、電源及び信号系を分離してそれぞれ取り出している。

また、ケースに埋め込まれた電極とパワーチップとの接続は前述のようにワイヤ接続を行い、従来のSバンド構造

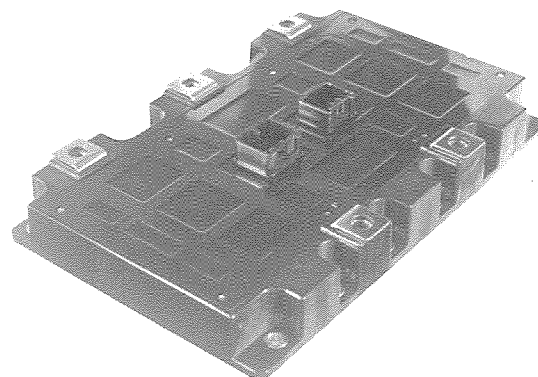


図2. PM600CVB060の外観



と比較し、対ヒートサイクル性の向上と電極インピーダンスの低減を図った。

## 5. 信頼性

### 5.1 ヒートサイクル性

ヒートサイクル試験では、IPMの構造体全般の評価をすることになるが、これまでの経験から、放熱板と絶縁基板との間のはんだ接合部へのクラック発生/進展による熱抵抗増大、及び絶縁基板へのクラック発生に着目をして評価した。

試験の結果、今回開発したIPMでは、ヒートサイクル試験において良好な結果を得ることができた。

これは、放熱板に低線膨脹係数の材料を採用することに

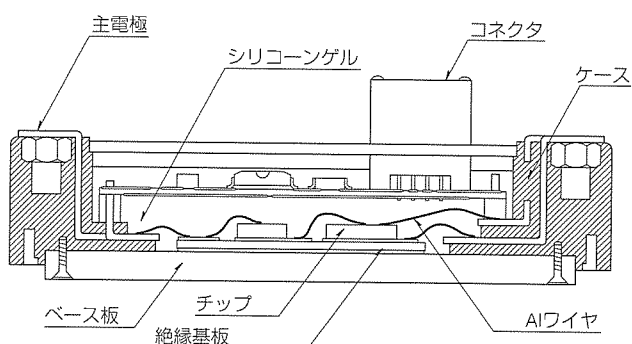


図3. 内部構造

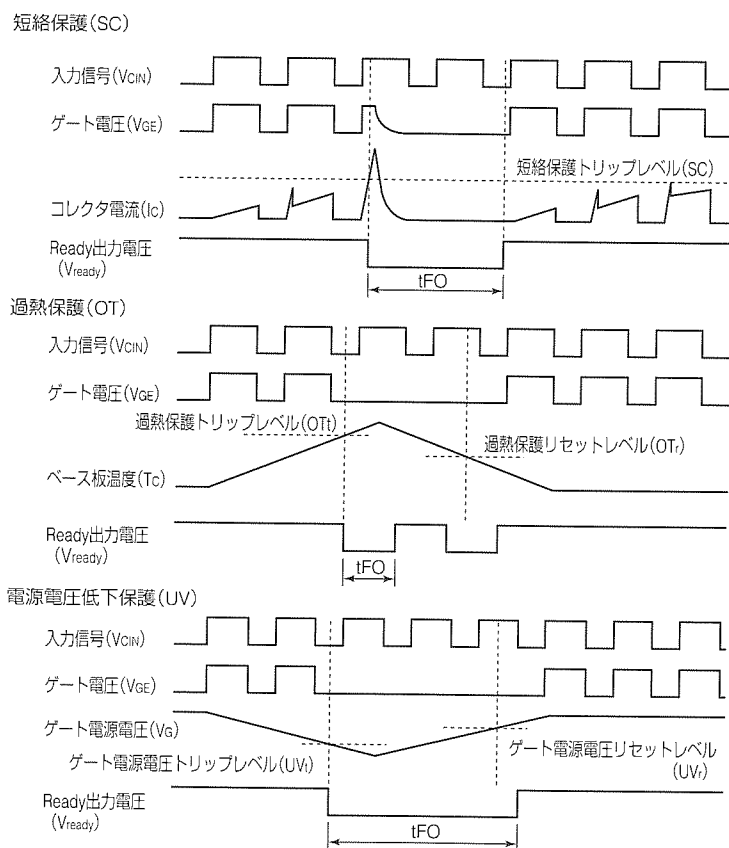


図4. タイミングチャート

より、放熱板と絶縁基板との間のはんだに発生する熱応力を低減したためである。さらに、絶縁基板においては、耐ヒートサイクル性に優れた基板を採用することにより、絶縁基板のクラック発生を防止することが可能となった。

### 5.2 パワーサイクル性

パワーサイクル性についても、ヒートサイクルでの対策に加え、さらにワイヤボンディング条件の最適化を図った結果、ハイブリッドカーとして実用化するに十分な結果を得ることができた。

## 6. 回路構成

図4にPM200CVB060のタイミングチャートを示す。

基本機能は従来IPMと同様であるが、今回開発したIPMの自己診断出力は、従来のIPMのようなERROR信号形ではなくREADY信号形とすることにより、フェールセーフ対応化するとともに異常要因の識別を可能とした。

従来のIPMでは任意の1素子からエラー信号が出力されると上位システムに信号を送信してからすべての素子を遮

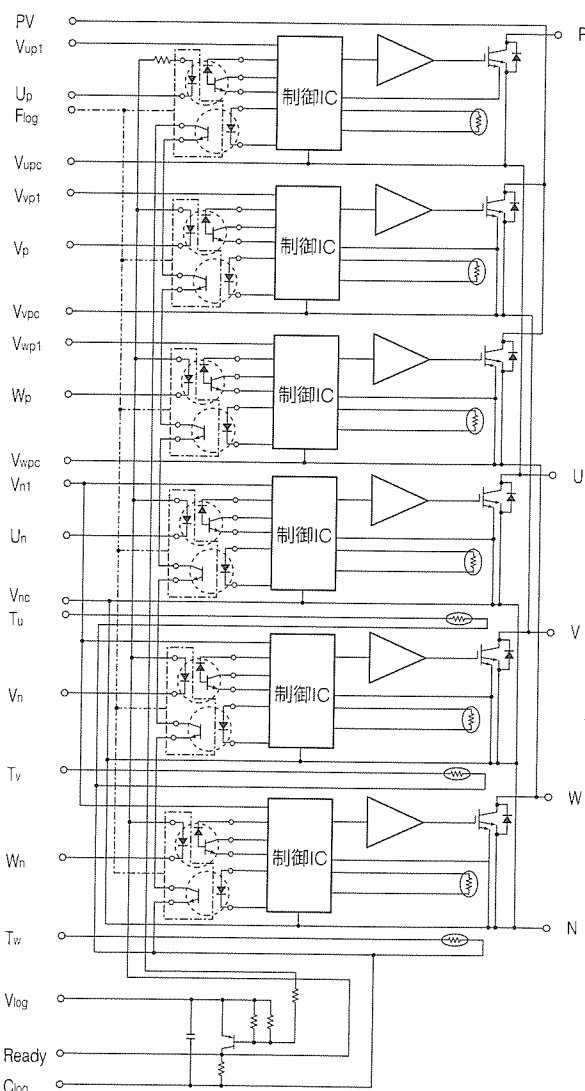


図5. システムブロック図

表 1. PM200CVB060/PM600CVB060の特性

項目	記号	条件	定格値	単位		
コレクタ-エミッタ間電圧	$V_{ce}$		600	V		
コレクタ電流	$\pm I_c$	$T_c = 25^\circ\text{C}$	200/600	A		
コレクタ電流(ピーク)	$\pm I_{cp}$	$T_c = 25^\circ\text{C}$	400/1,200	A		
コレクタ損失	$P_c$	$T_c = 25^\circ\text{C}$	525/1,450	W		
接合温度	$T_j$		-30 ~ +150	$^\circ\text{C}$		
制御電源電圧	$V_D$	$V_{UP1}-V_{UPC}, V_{VP1}-V_{VPC}, V_{WP1}-V_{WPC}, V_{N1}-V_{NC}$ 端子間	20	V		
ロジック電源電圧	$V_{log}$	$V_{log}-C_{log}$ 端子間	8	V		
入力電圧	$V_{ein}$	$U_p \cdot V_p \cdot W_p \cdot U_n \cdot V_n \cdot W_n - C_{log}$	8	V		
レディ端子出力電流	$I_{ready}$	Ready端子のソース電流値	2	mA		
電源電圧	$V_{cc(surge)}$	P-N端子間, サージ及び非動作時	500	V		
電源電圧自己保護範囲(短絡保護)	$V_{cc(prot)}$	$V_b = 13.5\text{V} \sim 16.5\text{V}$ , インバータ部 $T_j = +125^\circ\text{C}$ スタート	400	V		
動作モジュール温度	$T_c$		-30 ~ +90	$^\circ\text{C}$		
保存温度	$T_{stg}$		-40 ~ +125	$^\circ\text{C}$		
絶縁耐力	$V_{iso}$	ベース板-主端子間 正弦波電圧60Hz, AC1分間	2,500	Vrms		
		主端子-ロジック入力端子間 正弦波電圧60Hz, AC1分間	1,500			
項目	記号	条件	最小値	標準値	最大値	単位
接合-ケース間熱抵抗	$R_{th(j-c)Q}$	インバータIGBT(1/6モジュール)	—	—	0.238/0.086	$^\circ\text{C}/\text{W}$
	$R_{th(j-c)F}$	インバータFWDi(1/6モジュール)	—	—	0.248/0.134	
接触熱抵抗	$R_{th(c-f)}$	ケース-フィン間, グリース塗布(1モジュール), 参考値	—	—	0.090/0.023	

(規格内表示: PM200CVB060規格/PM600CVB060規格)

断するシステムであったが、6素子すべての保護に時間がかかるため、今回、図に示すように、任意の1素子からエラー信号が出力されるとすべての素子を遮断するような保護機能を追加した。

また、IPMのREADY信号出力は電流制限付きオープンコレクタとした。これは、通常時には15V制御電源とREADY出力との間にフォトカプラのLEDの電流を流し、異常時には図のように要因別のパターンで出力をするものである。このように構成することにより、エラー信号処理に必要なフォトカプラは1個で済み、制御電源が初期から印加されないモードの故障や、フォトカプラの不動作も認識ができるシステムに仕上がっている。なお、各動作保護機能動作中は入力信号がONレベルでも出力はOFFになる。

駆動回路及び保護機能として以下の機能を持っている。

- (1) 通常駆動と入力制御(フォトカプラ内蔵)
- (2) SC機能(短絡保護)
- (3) UV機能(制御電源低下保護)
- (4) OT機能(過熱保護)

(5) Ready信号(フォトカプラ内蔵)

IPM内部のシステムブロック図を図5に示す。

## 7. 特性

表1にPM200CVB060/PM600CVB060の特性を示す。今回のIPMは車載用対応で、接合温度と動作モジュール温度を $-30^\circ\text{C}$ ~としている。また、フォトカプラを内蔵しているため上位システムとIPMの絶縁を新規に設けて1,500Vとした。

## 8. むすび

今回のIPMがハイブリッドカーに搭載されたことで、信頼性、パッケージ構造、異常信号処理などにおける車載用IPMとして一つのガイドラインが出来上がった。

この実績を踏まえ、今後も、ハイブリッドカー/電気自動車に対応したIPMのシリーズ化(50A~600A)、多機能化、また更なる高信頼性化、小型軽量・低損失化の実現に向けて開発を進めていく所存である。

# 高耐圧インテリジェントパワーモジュール

石井一史\*  
木全政弘\*\*

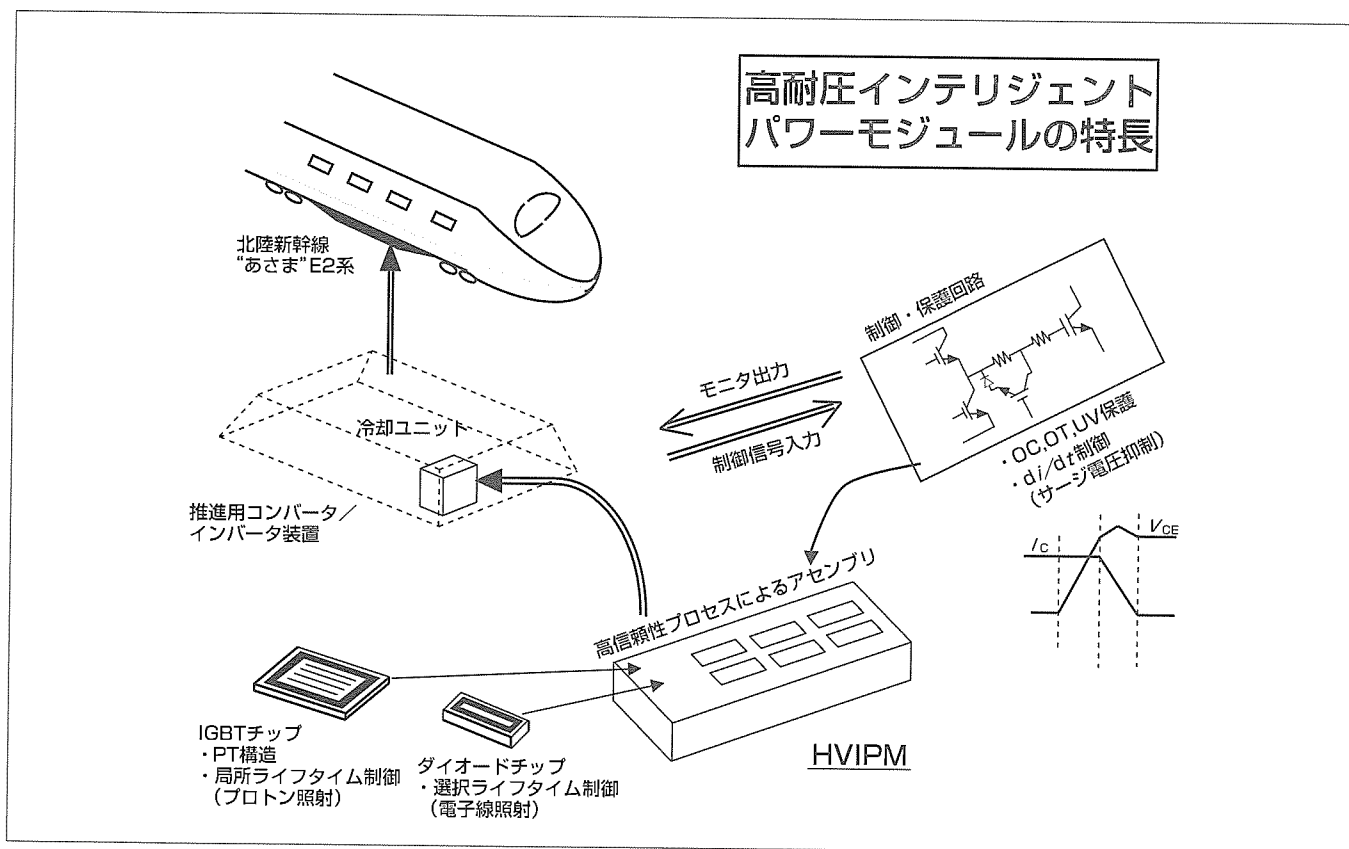
## 要旨

近年、パワーエレクトロニクスは電鉄、電力及び工業の大電力分野で目覚ましい発展を遂げており、電車の高速化と快適性の向上、また電力効率の向上や鉄鋼ラインの省電力化などに大きく貢献している。このパワーエレクトロニクスを支えるキーデバイスがパワー半導体デバイスであり、これまで大電力分野に適した高耐圧・大電流のパワー半導体デバイスが幾つか開発されてきた。最近では、小型・軽量化、低騒音化、低価格化などのパワーエレクトロニクスに対する市場要求に呼応して、パワー半導体デバイスにも省電力化やコンパクト化、さらに高信頼性化、システム化といった技術革新が求められている。

このニーズにこたえるために開発したのが定格3.3kV、1,200Aの高耐圧インテリジェントパワーモジュール(HVIPM)であり、既に北陸新幹線“あさま”などの推進用

コンバータ/インバータ装置に採用されている。このモジュールは以下の特長を備えており、今後主流となる高耐圧・大電流のパワー半導体デバイスである。

- (1) 省電力化
  - 電圧駆動で低損失のIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 適用
- (2) コンパクト化
  - フライホイールダイオード内蔵
- (3) 高信頼性化
  - 減圧はんだ付けと減圧ゲル注入の高信頼性プロセス適用
- (4) システム化
  - サージ電圧抑制の $di/dt$ 制御回路内蔵
  - 過電流、過熱及び制御電源低下保護回路内蔵



## 高耐圧インテリジェントパワーモジュールの適用例

IGBTチップ、ダイオードチップ、及び制御・保護回路を内蔵したHVIPMは、推進用コンバータ/インバータ装置のスイッチング素子として使用され、北陸新幹線“あさま”に適用されている。

1. ま え が き

これまで大電力分野では、パワー半導体デバイスとして高耐圧・大電流に適したGTO(Gate-Turn-off)サイリスタが主として使用されてきた。しかしながら、GTOサイリスタは電流駆動で安全動作領域が狭いため、駆動回路や周辺回路が大きく、小型・軽量化、省電力化、システム化などといった市場ニーズには十分こたえられなかった。

このニーズにこたえるために、電圧駆動形であるIGPTの高耐圧化と大電流化を図り、制御と保護の機能を内蔵した定格3.3kV、1,200AのHVIPMを開発した。

本稿では、高耐圧インテリジェントパワーモジュールをHigh Voltage Intelligent Power Moduleの頭文字を取ってHVIPMと呼び、このHVIPMの特長について述べる。

2. HVIPMの特長

HVIPMは、複数の3.3kVの第三世代IGPTとフライホイールダイオードを減圧はんだ付けや減圧ゲル注入などの高信頼性プロセスでアセンブリしたことで、サージ電圧抑制制御と、過電流/過熱及び制御電源低下の保護機能を内蔵していることを特長とするモジュールである。

とりわけ、ターンオフ時にコレクタ電流の $di/dt$ があらかじめ設定しておいた値を超えた場合に、ゲート抵抗を大きな値に切り換えてサージ電圧を抑制する機能を備えていることが最大の特長である。

以下では、この制御を $di/dt$ 制御と呼び、詳細について説明する。

3.  $di/dt$  制御の特長

3.1  $di/dt$  制御の動作原理

誘導負荷におけるIGBTのスナバレストーンオフスイッチング動作の原理は図1に示すとおりである。

時間 $t_1 \sim t_2$ の間ではIGBTのコレクタ電流 $I_c$ がほぼ一定で、コレクタ-エミッタ間電圧 $V_{CE}$ が徐々に上昇する。このコレクタ-エミッタ間電圧 $V_{CE}$ が時間 $t_2$ で主回路電源電圧 $V_{CC}$ に到達すると、負荷電流はフライホイールダイオードに転流し始め、時間 $t_2 \sim t_3$ の間ではコレクタ電流 $I_c$ はほぼ一定の減少率( $di/dt$ )で減少する。このとき、主回路電源とIGBTのコレクタ/エミッタとフライホイールダイオードのアノード/カソードで構成されるループの配線浮遊インダクタンス( $L_s$ )に蓄積されたエネルギーはサージ電圧を発生させる。このサージ電圧は、上記の $L_s$ の値だけでなく、 $di/dt$ の値にも比例するため、ゲート抵抗の値によって異なる。それを示した図が図2(a)~(c)である。

図の(a)と(c)を比較して分かるように、ゲート抵抗が小さいと、ターンオフスイッチング損失は小さいが、 $di/dt$ が急しゅん(峻)となるため、サージ電圧は大きくなる。また、

ゲート抵抗が大きいと、その反対に $di/dt$ が緩やかとなるため、サージ電圧は小さくなるが、ターンオフスイッチング損失は大きくなる。

したがって、図の(c)に示すように、時間 $t_1 \sim t_2$ の間ではゲート抵抗を小さく、時間 $t_2 \sim t_3$ の間ではゲート抵抗を大きく制御すれば、両者の長所が活かされて、ターンオフスイッチング損失をそれほど増加させずに、サージ電圧を小さく抑制できる。

この制御をコレクタ電流の減少率が大きい場合に適用してサージ電圧を抑制したのが、HVIPMの $di/dt$ 制御である。

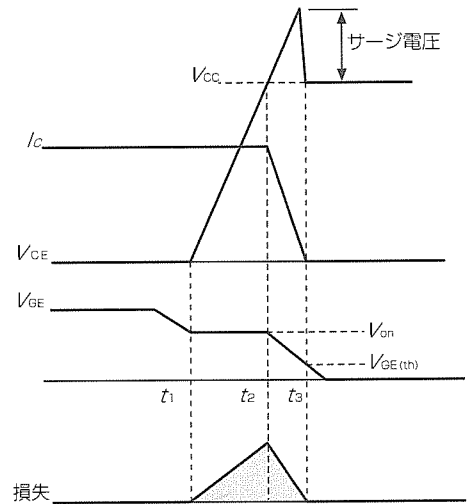


図1. 誘導負荷におけるIGBTのスナバレストーンオフスイッチング動作原理

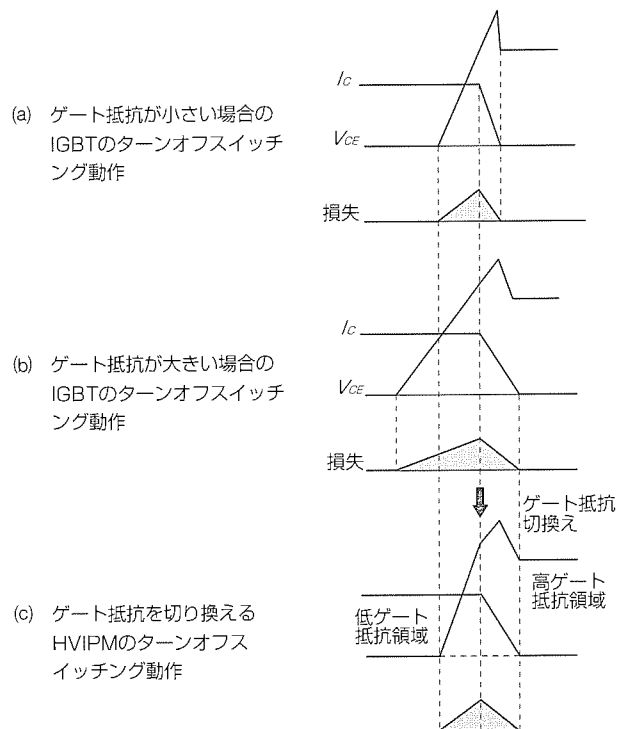


図2. IGBTとHVIPMのターンオフスイッチング動作

3.2 di/dt 制御回路の構成と動作原理

di/dt 制御を含むゲート制御回路の簡略図を図 3 に示す。これはターンオン用トランジスタ Q<sub>2</sub> とターンオフ用トランジスタ Q<sub>3</sub> とゲート抵抗 R<sub>1</sub> と単電源 V<sub>D</sub> で構成される基本的なゲート駆動回路に、トランジスタ Q<sub>4</sub> と抵抗 R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> とコンデンサ C<sub>1</sub> で構成される di/dt 検知回路と、トランジスタ Q<sub>5</sub>, Q<sub>6</sub> とダイオード D<sub>2</sub> と抵抗 R<sub>2</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> で構成されるゲート抵抗切換え回路を加えた回路となっている。

di/dt 検知回路の抵抗 R<sub>3</sub> は一つの IGBT チップの電流検出用セルに接続されており、抵抗 R<sub>3</sub> には IGBT のコレクタ電流にほぼ比例した電流が流れる。このため、この抵抗 R<sub>3</sub> の両端電圧によって IGBT のコレクタ電流が検知できる。

IGBT のコレクタ電流がターンオフ時に減少すると、抵抗 R<sub>3</sub> の両端電圧も減少して、電源 V<sub>D</sub> から抵抗 R<sub>4</sub> を通して流れる電流が、コンデンサ C<sub>1</sub> を充電させながら抵抗 R<sub>3</sub> の方に転流する。トランジスタ Q<sub>4</sub> は、通常、ベース電流が電源 V<sub>D</sub> から抵抗 R<sub>4</sub> を通して供給されているのでオン状態にあるが、抵抗 R<sub>3</sub> の方に転流することによって、トランジスタ Q<sub>4</sub> のベース電流が減少して流れなくなるとトランジスタ Q<sub>4</sub> はオフする。

ゲート切換え回路では、トランジスタ Q<sub>4</sub> のオン/オフ状態に対応して、IGBT のゲート抵抗が切り換えられる。

すなわち、トランジスタ Q<sub>4</sub> がオンしている場合には、電源 V<sub>D</sub> から抵抗 R<sub>5</sub> を通して流れる電流はトランジスタ Q<sub>4</sub> のコレクタを流れるため、トランジスタ Q<sub>5</sub> はベース電流が供給されずオフ状態である。このため、トランジスタ Q<sub>6</sub> は電源 V<sub>D</sub> から抵抗 R<sub>6</sub> と R<sub>7</sub> を通してベース電流が供給されてオン状態となり、IGBT のターンオフゲート抵抗は R<sub>1</sub> のみとなる。

一方、トランジスタ Q<sub>4</sub> がオフしている場合には、トランジスタ Q<sub>5</sub> はベース電流が電源 V<sub>D</sub> から抵抗 R<sub>5</sub> を通して供給されるためオン状態となり、電源 V<sub>D</sub> から抵抗 R<sub>6</sub> を通して流れる電流がトランジスタ Q<sub>5</sub> のコレクタを流れる。こ

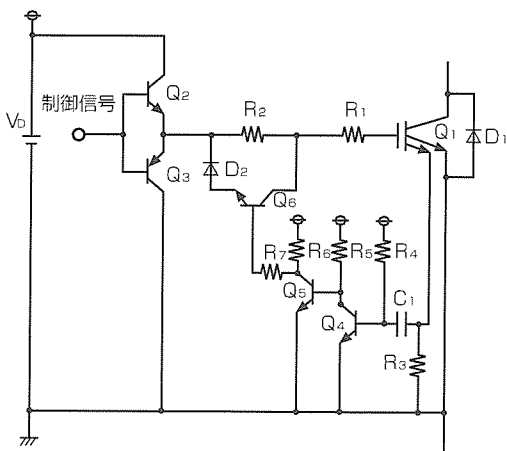
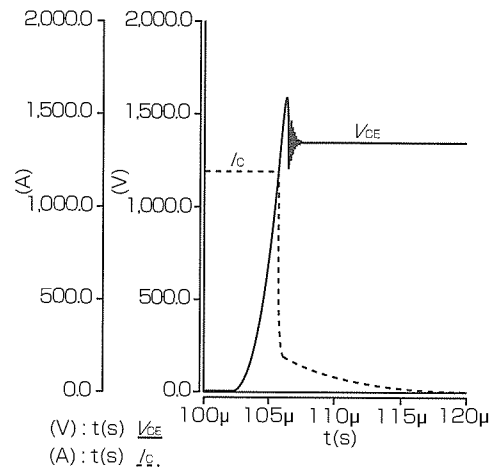
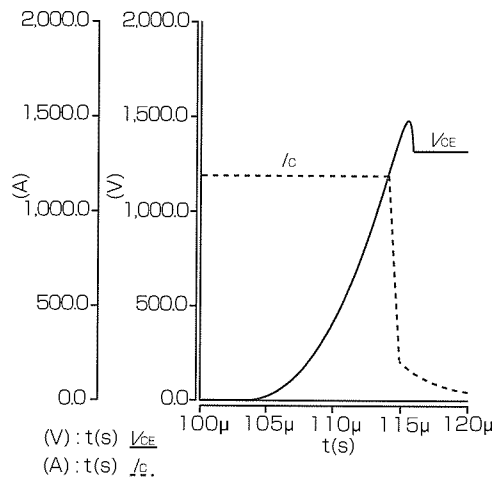


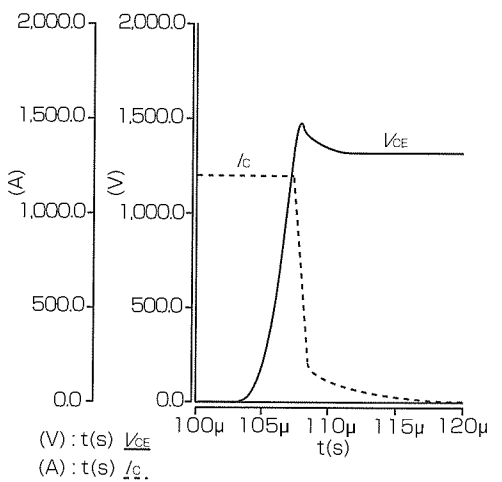
図 3. di/dt 制御を含むゲート制御回路



(a) ゲート抵抗が小さい場合の IGBT のターンオフスイッチング動作

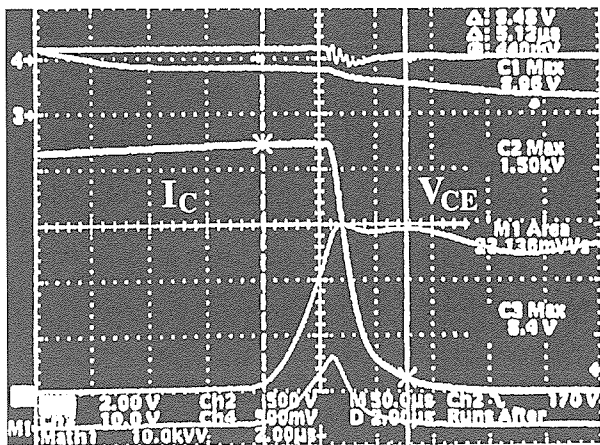


(b) ゲート抵抗が大きい場合の IGBT のターンオフスイッチング動作



(c) ゲート抵抗を小さい値から大きい値に切り換えた HVIPM のターンオフスイッチング動作

図 4. 誘導負荷のハーフブリッジ回路における IGBT と HVIPM のスナバスターンオフスイッチング動作の SABER を用いたシミュレーション結果 (V<sub>cc</sub>=1,300 V, I<sub>c</sub>=1,200 A)



$V_{CE}$  : 500V/div.  
 $I_c$  : 250A/div.  
 time : 2µs/div.

図5. HVIPMのスナバレストーンオフスイッチング動作の試験結果  
 ( $V_{cc}=1,300V$ ,  $I_c=1,200A$ ,  $T_j=125^\circ C$ )

のため、トランジスタ $Q_6$ はベース電流が供給されなくなってオフ状態となり、ターンオフゲート抵抗は $R_1+R_2$ となる。

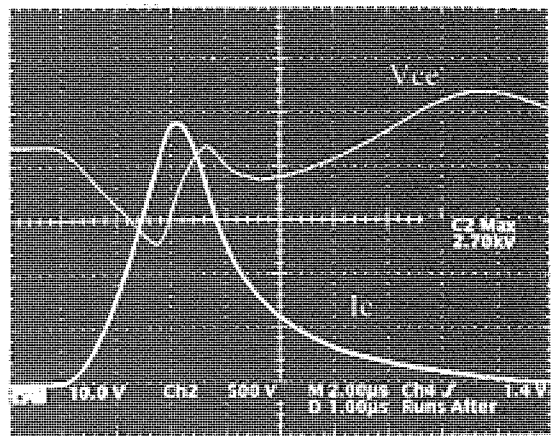
つまり、コレクタ電流の減少率( $di/dt$ )が抵抗 $R_1$ とコンデンサ $C_1$ で決定される設定値以上になると、トランジスタ $Q_4$ がオフし、ターンオフゲート抵抗が $R_1$ から $R_1+R_2$ へ切り換えられる。

#### 4. シミュレーション結果と試験結果

##### 4.1 シミュレーション結果

図4の(a)~(c)は、誘導負荷のハーフブリッジ回路におけるIGBT及びHVIPMのスナバレストーンオフスイッチング動作をSABERを用いてシミュレーションした結果である。図の(a)はゲート抵抗が小さい場合のIGBTのターンオフスイッチング波形、(b)はゲート抵抗が大きい場合のIGBTのターンオフスイッチング波形、また(c)はゲート抵抗を小さい値から大きい値に切り換えたHVIPMのターンオフスイッチング波形を示している。このときのシミュレーション条件は、主回路電源電圧 $V_{cc}=1,300V$ 、コレクタ電流 $I_c=1,200A$ である。

図の(c)と(b)を比較すると、サージ電圧は同程度で、ターンオフスイッチング損失が約40%低減されており、HVIPM



$V_{CE}$  : 500V/div.  
 $I_c$  : 1,000A/div.  
 time : 1µs/div.

図6. HVIPMの短絡試験結果  
 ( $V_{cc}=2,200V$ ,  $T_j=125^\circ C$ )

の $di/dt$ 制御の効果がシミュレーションで確かめられた。

##### 4.2 試験結果

図5は誘導負荷のハーフブリッジ回路におけるHVIPMのスナバレストーンオフスイッチングの試験結果であり、条件は、主回路電源電圧 $V_{cc}=1,300V$ 、コレクタ電流 $I_c=1,200A$ 、接合温度 $T_j=125^\circ C$ である。このとき、サージ電圧が約100Vに抑制されている。

また、図6は主回路電源電圧 $V_{cc}=2,200V$ 、接合温度 $T_j=125^\circ C$ の条件におけるHVIPMの短絡試験の実測結果であり、サージ電流が約5,000A、サージ電圧が約400Vに抑制されている。

以上のことから、HVIPMの $di/dt$ 制御の効果が試験結果からも確かめられた。

#### 5. むすび

パワー半導体デバイスに対する省電力化・コンパクト化、さらに高信頼性化・システム化といった市場ニーズにこたえるために、HVIPMを開発した。

このHVIPMは、ターンオフ時にコレクタ電流の $di/dt$ があらかじめ設定しておいた値を超えた場合に、ゲート抵抗を大きな値に切り換えてサージ電圧を抑制する機能を備えており、この $di/dt$ 制御の効果についてはシミュレーションと試験によって確認した。

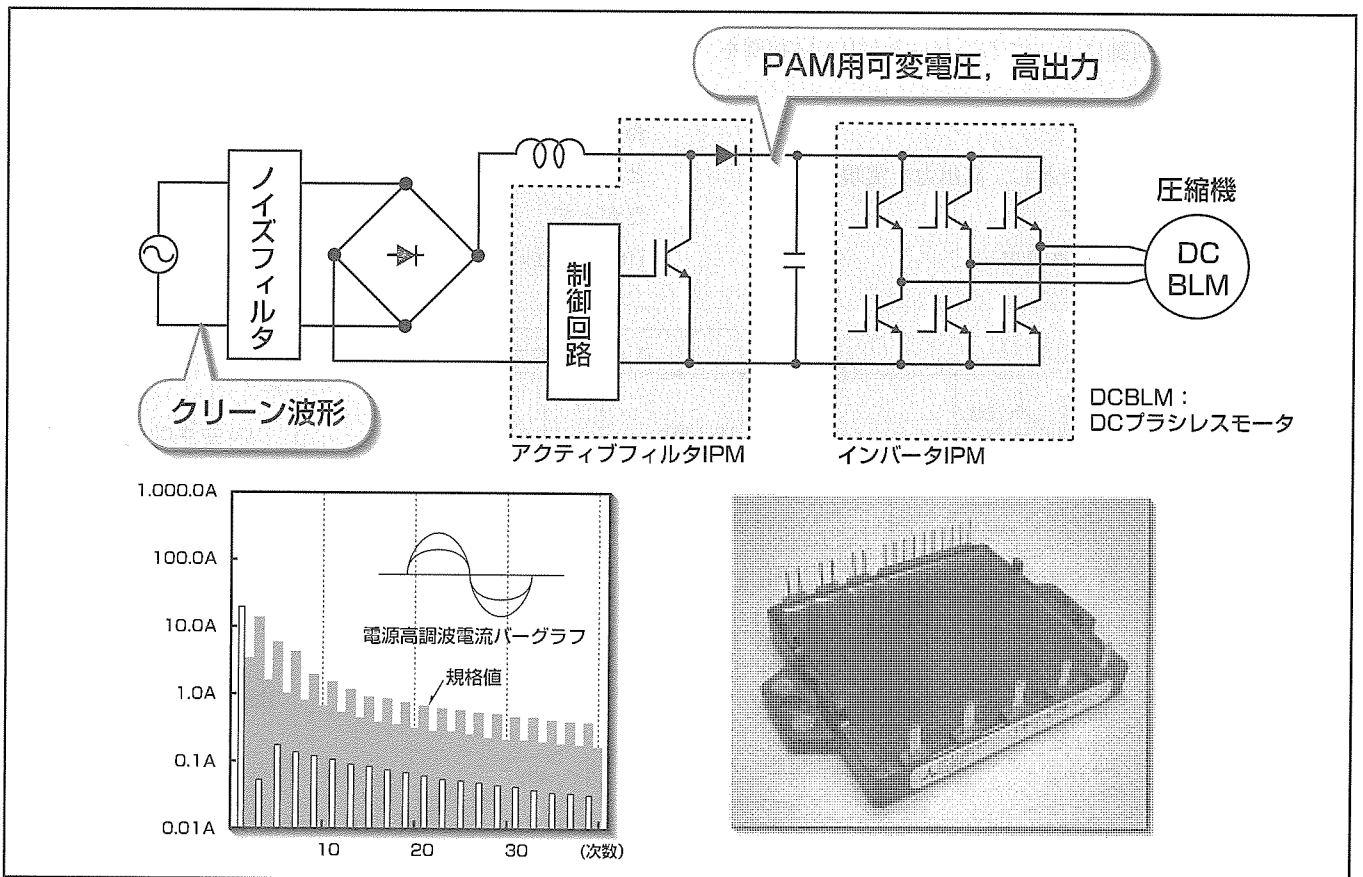
# エアコン用アクティブフィルタIPM

大島征一\* 財前紀行\*\*  
 瀬尾 護\* 十河尚宏\*\*  
 市村 徹\*\*

## 要 旨

最近、エアコン市場において、PAM(Pulse Amplitude Modulation)制御による省エネルギー化、力率アップによる高出力化、及び電源高調波規制対応が課題となっている。PAM制御では、低出力時に直流電流を低く、高出力時に直流電圧を高く制御する。そうすることによって、インバータのPWMデューティ比を大きくすることができ、モータの高周波鉄損低減とインバータ素子スイッチング損失低減が実現し、省エネルギーとなる。この可変直流電圧電源として昇圧形チョップ方式アクティブフィルタが最適である。このアクティブフィルタは、力率を99%以上とすることができ、従来エアコンの力率約90%を10%高め、高出力を実現する電源ともなる。また、アクティブフィルタは、電源入力電流をクリーンな正弦波電流に変換でき、エアコ

ンの電源高調波規制に対応した電源となる。今回、このような課題とこれが解決できるアクティブフィルタに注目し、昇圧形チョップ方式アクティブフィルタIPM(Intelligent Power Module)を開発し、製品化した。昇圧形アクティブフィルタの原理<sup>(1)</sup>は古くから知られている。また制御ICも数多く開発され、市販されている。我々はより実用化の観点から、特性改善を加えた制御回路を採用し、その制御ICを開発し、性能アップを実現した。さらに、コンパクトパッケージを開発し、生産性をアップし、コスト低減を図った。開発品形名はPM52AUBW060で、定格入力電源電圧AC255Vrms、定格入力電流20Arms、出力電圧がDC160~370V可変できる製品である。



## エアコン駆動システムとアクティブフィルタIPM適用例

エアコンに最適な昇圧形チョップ方式アクティブフィルタIPMを開発した。エアコンのPAM制御による省エネルギー化と高出力化、さらに、電源高調波規制に対応できる。

1. ま え が き

アクティブフィルタをエアコンに導入するメリットは多いが、しかし一方、新たに損失を発生する構成部品を導入することにもなる。そこで、アクティブフィルタIPMは極力損失の少ないことが望まれる。このため、損失最小化をねらって、スイッチング素子は定常損失とスイッチング損失が小さいトレンチIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を採用することにした。また、アクティブフィルタ用制御ICが各社から販売されているが、機能が不足しエアコン用として最適とは言えない。そこで今回、保護機能を充実させた制御ICを開発し、IPMに搭載し、使いやすさを追求した。

本稿では、このアクティブフィルタIPMの特長、損失、保護機能、定格、特性、等について述べる。

2. アクティブフィルタIPMの特長

エアコンのPAM制御と電源高調波規制に対応できる製品として、昇圧形チョップ方式アクティブフィルタIPM“PM52AUBW060”を開発した。そのIPMの特長は以下のとおりである。

(1) 出力電圧広範囲制御

出力電圧広範囲制御によってインバータのPAM制御を実現

(2) 高力率、高出力

定格負荷力率を99%以上とし、高出力を実現

(3) 電源高調波規制クリア

IEC規制IEC1000-3-2をクリア

(4) 低損失

トレンチIGBTのスイッチング損失低減を主眼に $V_{CE(sat)}$ と $t_r$ のトレードオフ条件を設定し、最高の低損失を実現

(5) 軽負荷時出力電圧上昇抑制

軽負荷時の出力電圧上昇を新回路採用で抑制

(6) 保護機能充実

過電圧保護、短絡保護、制御電源電圧低下保護、過熱保護と、起動時の過電流を抑制するソフトスタート回路を内蔵

(7) コンパクトパッケージ

新パッケージ採用で、小型・軽量、組立工数削減を実現

3. 機能ブロックと出力電圧特性

昇圧形チョップ方式アクティブフィルタの回路構成を図1に示す。今回開発したアクティブフィルタIPMは、図の一点鎖線で囲まれた範囲である。主素子はIGBT(図中のIGBT)と高速ダイオード(図中のD)である。制御回路は、出力電圧負帰還回路、掛算器、入力電流負帰還回路、発振器、及び各種保護回路で構成される。エアコン専用機能に機能を充実させ、専用IC化を図った。

動作は次のとおりである。基準電圧 $V_{ctrl} \approx$ 制御電圧 $V_{sig}/2$ と出力電圧 $V_o$ を比較し、差分を増幅し、掛算器の入力とする。一方、単相全波整流ダイオードの出力電圧波形に比例した電流を掛算器に取り込み、先の入力と掛け合わせ、さらにリアクトル平均電流と比較し、電源電圧波形と一致するようにIGBTのオン時間瞬時値制御を行う。したがって、入力電源電流は、入力電源電圧と相似な、力率100%に近い、クリーンな波形となる。出力電圧 $V_o$ と制御

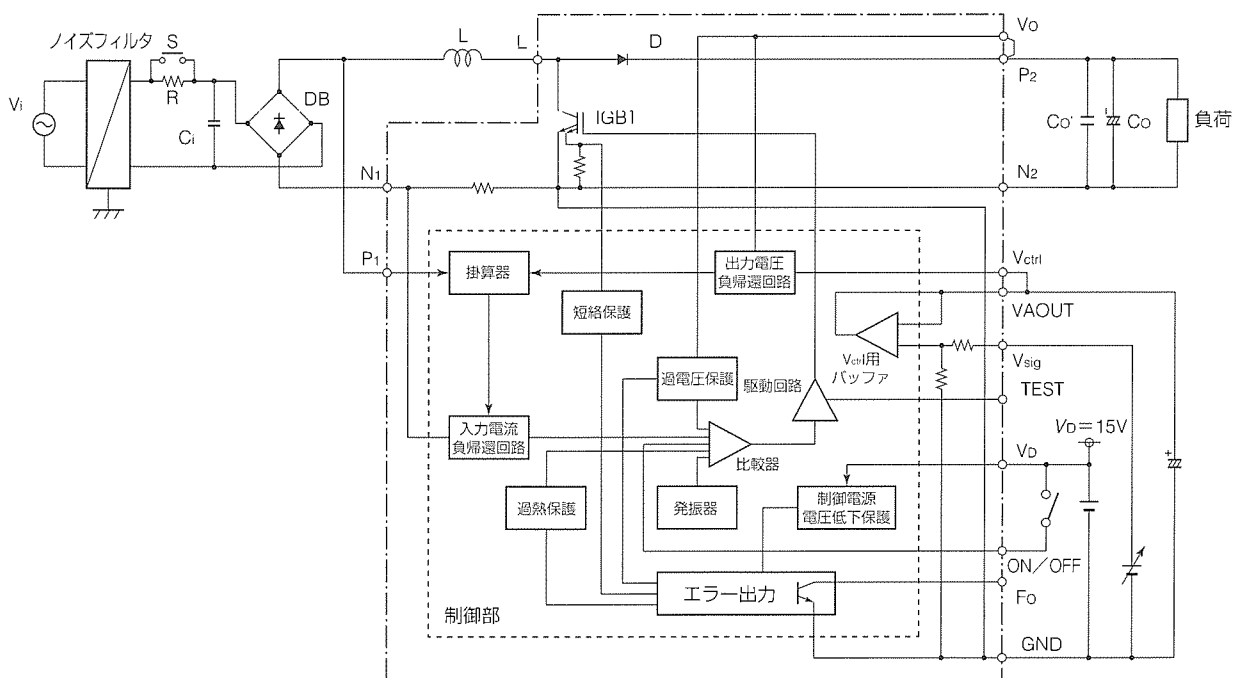


図1. 昇圧形チョップ方式アクティブフィルタの回路構成



電圧  $V_{sig}$  は図2に示すような比例関係にあり、制御電圧  $V_{sig}$  によって出力電圧  $V_o$  が容易に設定できる。

#### 4. 電力損失特性

図1において、IGBTがオン状態になると、リアクトル  $L$  によって電源が短絡され、リアクトル電流が増加する。その後IGBTがオフされると、リアクトルは(出力電圧  $V_o$  - 入力電圧  $V_i$ ) の電圧でクランプされ、電流が減少する。発振周期ごとにIGBTがオン、オフされ、そのオンデューティが刻々と変わっていくと、結果的に、図3に示すような、 $i_{Lpeak}$ ,  $i_{Lbottom}$  のリアクトル電流が流れる。リアクトル電流が連続モードで、力率がほぼ100%とみなせるとき、それぞれの電流は次式から簡易的に求められる。

$$i_{Lpeak} = \frac{\sqrt{2}V_i \sin\omega(t+t_{(on)})}{L} \times t_{(on)} + i_{Lbottom} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$i_{Lbottom} = \frac{\sqrt{2}V_i \sin\omega\left(t + \frac{1}{f_{sw}}\right) - V_o}{L} \times t_{(off)} + i_{Lpeak} \quad \dots (2)$$

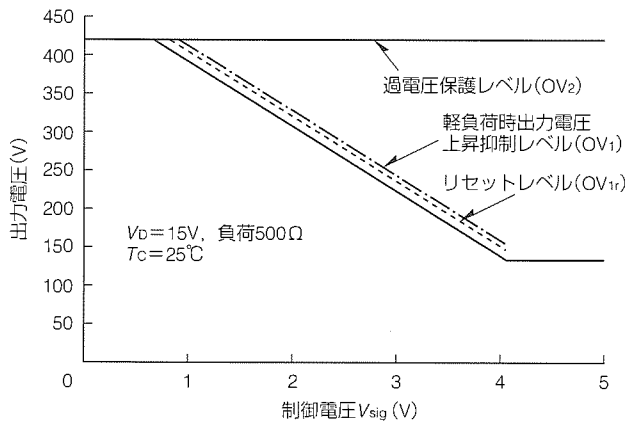


図2. 出力電圧対制御電圧特性

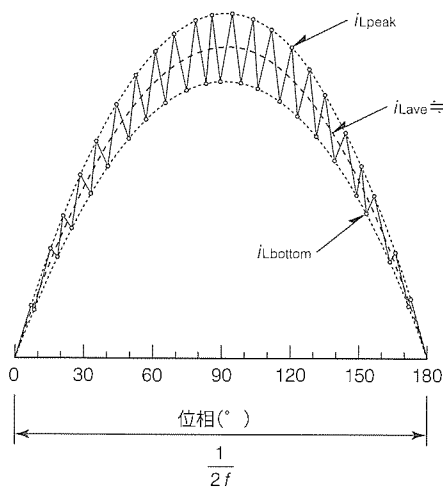


図3. リアクトル電流模式図

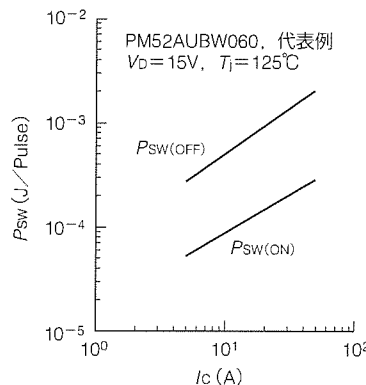


図4. スイッチング損失特性

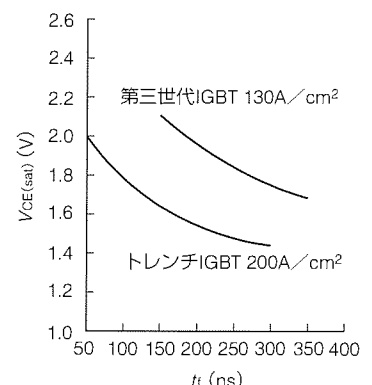


図5. 50AトレンチIGBTの  $V_{CE(sat)}$  対  $t$

$$i_{Lave} = \frac{1}{2}(i_{Lpeak} + i_{Lbottom}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $t = K/f_{sw}$ ,  $t_{(on)} = K/f_{sw} - t_{(off)}$ ,  $K = 0, 1, 2, 3, \dots$   
 $i_{Lpeak}$  :  $i_L$  のピーク電流,  $i_{Lbottom}$  :  $i_L$  のボトム電流  
 $t_{(on)}$  : IGBTのオン時間  
 $t_{(off)}$  : IGBTのオフ時間  
 $L$  : リアクトル値,  $f$  : 単相入力電源周波数  
 $f_{sw}$  : 発振器周波数  
 $i_{Lave}$  : リアクトル電流平均値

$t_{(off)}$  は、発振器周波数を一定として、発振周期ごとに入力電力と出力電力が等しくなる時間として決まる値とした。IGBTの損失計算式は次のとおりである。

$$P_{G(on)} = 2f \times \sum_{K=0}^{\frac{f_{sw}}{2f}} [i_{Lbottom}(t)]^{a_1} \times e^{a_0} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$P_{G(off)} = 2f \times \sum_{K=0}^{\frac{f_{sw}}{2f}} [i_{Lpeak}(t)]^{b_1} \times e^{b_0} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$P_{GSW} = P_{G(on)} + P_{G(off)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$P_{GDC} = 2f \times \sum_{K=0}^{\frac{f_{sw}}{2f}} \left\{ C_0 + C_1 \ln(i_{Lave}(t) + C_2) + C_3 \sqrt{i_{Lave}(t)} \right\} \times i_{Lave}(t) \times t_{(on)} \quad \dots\dots\dots (7)$$

高速ダイオードの損失計算式は次のとおりである。

$$P_{DSW} = \frac{f}{2} \times \sum_{K=0}^{\frac{f_{sw}}{2f}} \left\{ [i_{Lbottom}(t)]^{c_1} \times e_0 \times V_o \times t_{rr} \right\} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$P_{DDC} = 2f \times \sum_{K=0}^{\frac{f_{sw}}{2f}} \left\{ d_0 + d_1 \ln(i_{Lave}(t) + d_2) + d_3 \sqrt{i_{Lave}(t)} \right\} \times i_{Lave}(t) \times t_{(off)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここで、 $P_{G(on)}$  : IGBTターンオンスイッチング損失  
 $P_{GSW}$  : IGBTスイッチング損失  
 $P_{G(off)}$  : IGBTターンオフスイッチング損失  
 $P_{GDC}$  : IGBTのDC損失  
 $P_{DSW}$  : 高速ダイオードのスイッチング損失  
 $P_{DDC}$  : 高速ダイオードDC損失

$a_1, a_0, b_1, b_0$  はIGBTのスイッチング特性(図4)から、

$c_1, c_0, c_2, c_3$ はIGBTのコレクタ-エミッタ間飽和電圧特性から、 $e_1, e_2$ は高速ダイオードの逆回復特性から、 $d_1, d_0, d_2, d_3$ は高速ダイオードの順電圧降下特性から、それぞれ最小2乗法で求めた値である。

IGBTは最小損失をねらって50AトレンチIGBTを採用した。図5が50AトレンチIGBTの $V_{CE(sat)}$ 対 $I_c$ 特性、図6がそのコレクタ-エミッタ間飽和電圧特性、図4がスイッチング損失特性である。これらの特性と上記損失計算式からアクティブフィルタIPMの損失を算出したのが図7である。また、表1が実動作時のアクティブフィルタ全体の損失と効率実測値である。入力電力2,008Wのとき、高効率93.9%を確認した。

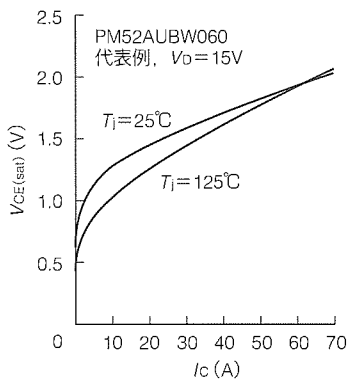


図6. コレクタ-エミッタ間飽和電圧特性

## 5. 保護機能

### 5.1 軽負荷時出力電圧上昇抑制機能(OV<sub>1</sub>)

昇圧形チョップパ式アクティブフィルタでは、軽負荷時出力電圧が上昇する特有の現象がある。この対策として、出力電圧 $V_o$ から20V上昇すると、それを検出し、IGBTのコレクタ電流を遮断する。それ以上出力電圧が上昇するのを抑制する回路を採用した。この特性を図2に示す。図8は動作タイミングチャートで、以降の節に述べる保護機能の動作タイミングチャートも示している。

### 5.2 過電圧保護(OV<sub>2</sub>)

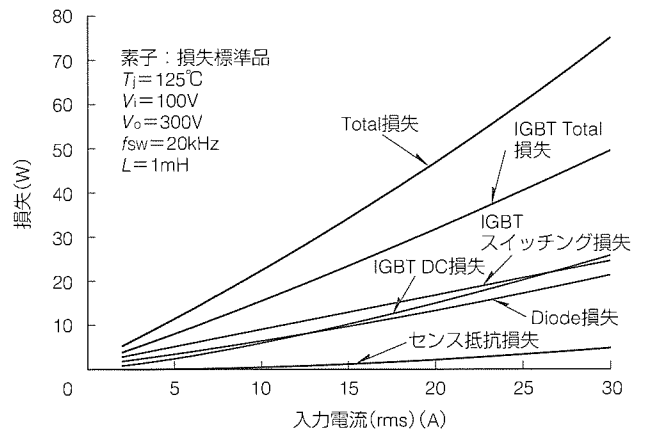


図7. 入力電流対損失特性

表1. 昇圧形チョップパ方式アクティブフィルタの損失実測値

入力電源電圧	入力電流	出力電圧	出力電流	入力電力	出力電力	効率	アクティブフィルタ損失	アクティブフィルタ効率
100.34V	20.98A	299.9V	6.29A	2,008W	1,886W	99.6%	122W	93.9%

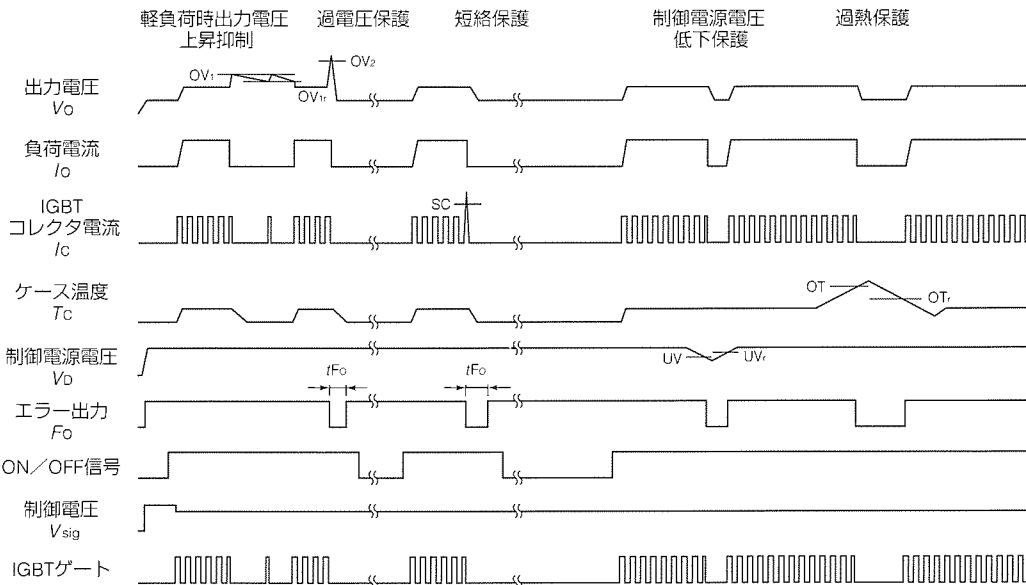
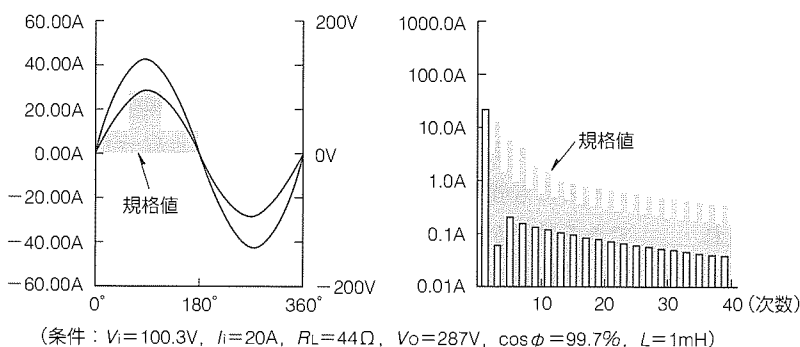


図8. 保護機能タイミングチャート

表 2. PM52AUBW060の定格と特性

記号	項目	条件	定格/特性
$V_i$	入力電源電圧	$P_i$ - $N_i$ 端子間, 単相全波整流波形	255Vrms
$V_{CES}$	コレクタ-エミッタ電圧		600V
$I_i$	入力電流	$T_c \leq 90^\circ\text{C}$ , $V_i = 100 \sim 200\text{V}$	20Arms
$I^2t$	電流二乗時間積	1msサージ順電流に対する値	120A <sup>2</sup> ·s
$V_{CE(sat)}$	コレクタ-エミッタ飽和電圧	$I_c = 50\text{A}$	1.8V typ.
$V_{FM}$	ダイオード順電圧降下	$I_{FM} = 50\text{A}$	2.1V typ.
$f_{sw}$	スイッチング周波数		20kHz typ.
SC	短絡保護レベル		100A typ.
$OV_1$	出力電圧上昇抑制		( $V_o + 20\text{V}$ ) typ.
$OV_2$	過電圧保護レベル		420V typ.
$\cos\phi$	力率	定格負荷	99% min.



(a) 入力波形 (b) 電源高調波電流バークラフ

図 9. 電源高調波電流実測値

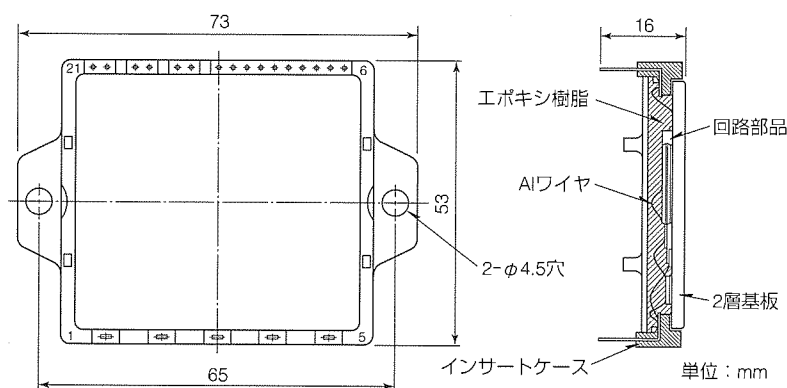


図10. PM52AUBW060の外形と断面構造

出力端子間の電解コンデンサ容量が極端に小さくなったとき、アクティブフィルタIPMを起動すると前述の $OV_1$ が動作し、出力電圧上昇を抑制しようとするが、抑制しきれず出力電圧が瞬時に大きく上昇する。このようなとき、コンデンサ及び素子が耐圧破壊する可能性がある。これを保護する目的で過電圧保護機能を採用した(図2)。

5.3 短絡保護(SC)

リアクトルが短絡状態で起動すると、急しゅん(峻)で過大な短絡電流が流れる。この短絡電流からIGBTを保護する目的で、短絡電流を検出して急速遮断する短絡保護回路を採用した。

5.4 ソフトスタート機能

起動直後の過電流を抑制するために、ソフトスタート回路を採用した。

5.5 制御電源電圧低下保護(UV)と過熱保護(OT)

制御電源電圧がトリップレベルまで低下すると、IGBTのゲート電圧を遮断し、エラー信号を出力する。また、半導体温度センサでケース温度を検出し、トリップ温度以上にケース温度が上昇すると、IGBTのゲート電圧を遮断する各保護回路を採用した。

6. 定格と特性

表2に主要な定格と特性を示す。図9は入力電圧 $V_i = 100\text{V}$ 、出力電圧 $V_o = 287\text{V}$ 、入力電流 $I_i = 20\text{A}$ の条件で実動作させたときの入力電流波形と電源高調波バークラフである。IEC規制IEC1000-3-2を十分クリアしている。

7. 構造

図10に外形と断面構造を示す。主素子と回路部品を除いた残りの構成部品は2層基板、端子インサートケース、それに注型樹脂の3点である。第三世代小容量IPM(30A以下)よりも構成部品点数を少なくすることによって、より生産性を上げ、コスト低減を図った。

8. むすび

以上、今回開発し製品化した昇圧形チョップ方式アクティブフィルタIPMについて紹介した。今後エアコンでは、この方式のアクティブフィルタIPMの採用率が大きくなっていくと予想される。しかし一方、より改善を求めてアクティブフィルタ方式についての各種試みが進行すると思われる。これらの動向を踏まえて、特長ある製品化実現に努めたい。

参考文献

(1) Herfurth, M.: Switching Power Supplies for Electronic Devices with Sine Wave Current Consumption from the Line, PCI '81 PROCEEDINGS, 111 (1981)



# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

## 半導体装置 (特許 第1949457号)

発明者 大島征一

この発明は、SSR(Solid State Relay)等の外来ノイズが印加された時の誤動作耐量を改善した半導体装置を提供するものである。トライアックなどのパワー素子とこのパワー素子を制御する制御素子を結合してなる半導体装置において、放熱のための金属板と前記制御素子が

接続された制御回路パターンとの間に、前記制御パターン各々と絶縁層を介して配線されたシールド用金属層を持つとともに前記制御

回路パターンに接続し前記パワー素子の主回路パターンが配設された絶縁基板を備え、前記シールド用金属層と前記主回路パターンとを導電体で接続することにより、ノイズによる電流を前記シールド用金属層で補足し、この電流を前記パワー素子の主回路の一部へ流すように構成したので、前記パワー素子の放熱が良好となるように前記絶縁基板を薄くしても前記ノイズ電流がパワー素子の誤動作電流となることを防止することができ、放熱性が良好でしかも外来ノイズにも強いことを特長とした半導体装置を得ることができる。図1にこの発明の一実施例の半導体装置の絶縁基板を示す。図2はこの発明の一実施例による半導体装置の斜視図である。図3はこの発明の一実施例による半導体装置の回路図である。図において、(5)はトライアックカプラ、(7)は

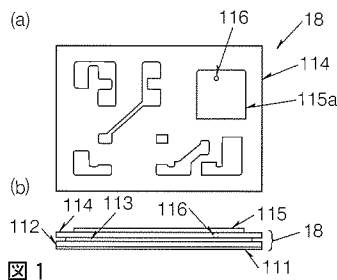


図1

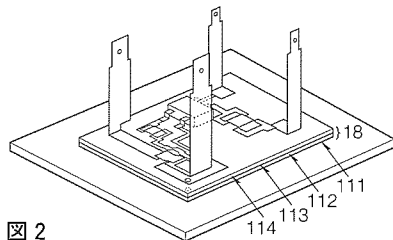


図2

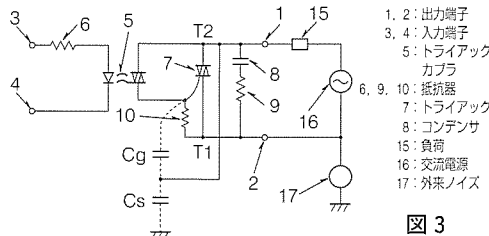


図3

内部はそれぞれ(111), (113), (115)はメタライズ層, (112), (114)はセラミック, (116)はスルーホールを示す。(17)は外来ノイズ源を示す。

## 光増幅装置 (米国特許 第5,510,930号) (仏国特許 第2,708,152号)

発明者 三菱電機(株) 本島邦明, 北山忠善, 山下純一郎, 仲川栄一

国際電信電話(株) 秋葉重幸, 鈴木正敏, 後藤光司, 阿部春夫, 則松直樹

この発明は、光海底中継器として使用される光ファイバ増幅器の励起光源の冗長化構成に関するものである。

従来のこの種の技術には図1に示すものがあり、励起LD1, 2の電力が3dBカプラで分配され、50%ずつが希土類添加光ファイバに入力される。これにより、LD1又はLD2に障害が発生しても正常なLDで50%の励起光が希土類添加光ファイバに入力され、この結果、システム寿命の長期化が達成できる。しかし、励起LD1, 2が伝送路ファイバからの反射によって結合(互いに他の光を注入される。)し、周波数、位相のそろった状態で発振する注入同期現象が発生する場合がある。注入同期現象が発生すると、3dBカプラの分岐比が励起LD1, 2の出力光の位相によって変動し、この結果として、中継器利得が変動して伝送特性に大きな影響を与える。

この発明では、光アイソレータ1, 2を3dBカプラと励起LD1, 2の間に挿入し、伝送路ファイバからの反射光が励起LD1, 2に入力されることを防ぐ。これにより、二つの励起LD1, 2が注入同期状態に陥ることを防ぐことができる。したがって、希土類添加ファイバ1, 2には常に励起LD1, 2の出力電力の50%ずつが供給され、安定した利得がえられる。

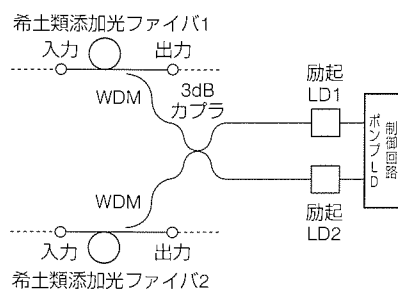


図1. 従来例の構成

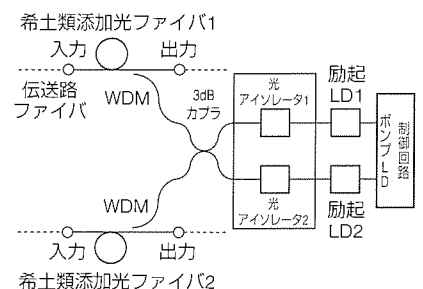


図2. この発明の構成



# 特許と新案\*\*\*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは  
三菱電機株式会社 知的財産渉外部  
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

## ゲートターンオフサイリスタの製造方法 (特許 第1982973号)

発明者 萩野浩靖

この発明は、ターンオン特性を犠牲にすることなくターンオフ特性を改善できる、大電力・高耐圧アノードショート形ゲートターンオフサイリスタの製造方法に関するものである。

第1、第2の主表面を持つ半導体基板に、上記第1の主表面から順に配設された第1のn形不純物領域、第2のp形不純物領域、第3のn形不純物領域、第4のp形不純物領域、及び前記第3のn形不純物と前記第2の主表面側で前記第4のp形不純物領域と互いに隣接する第5のn<sup>+</sup>形不純物領域を短絡する電極、を備えたアノードショート形のゲートターンオフサイリスタ(以下“GTO”という。)の製造方法において、阻止電圧が1,000~2,000V, 2,000~3,000V, 3,000~5,000Vの範囲のGTOを製造する際には拡散温度をそれぞれ820~845℃, 800~830℃, 760~810℃に設定して前記第3のn形不純物領域に金を拡散することで、阻止電圧の面からも第3のn形ベース領域の厚さが厚くなる高耐圧GTOにおいても、低オン電圧でターンオフ損失が小さく、しかも最小ターンオフ期間が短く、優れた高周波動作を提供し得ることを特長とする。

図1はこの発明の一実施例によるGTOの製造方法を説明するためのGTOエレメントの断面図である。①はn形不純物第三領域、②はp形不純物第二領域、③はp形不純物第四領域、④はn形不純物第一領域、(200)は半導体基板、(201)は第2の主表面、(202)は第1の主表面を示す。図2はGTOのターンオフ損失 $P_{off}$ 及びオン電圧 $V_{TM}$ と金拡散温度との依存関係を示すための特性図であり、実線がオン電圧、破線がターンオフ損失の関係を示す。図中のa, b, cは上記の目標とする耐圧クラスを示す。図3はGTOのオン電圧 $V_{TM}$ と最小ターンオフ期間との関係を示すための説明図である。図中の曲線Bが従来のもので、曲線Aがこの発明の実施例による効果を示したもので、アノード短絡構造のGTOに金拡散を実施しnベースのライフタイムを制御することによって最小ターンオフ時間を著しく短くできる。

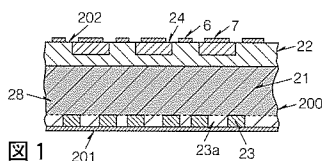


図1

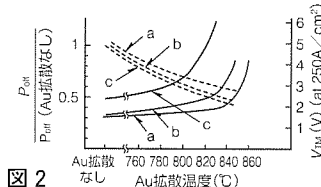


図2

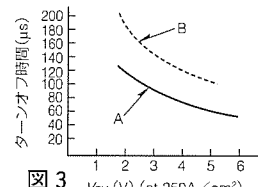


図3

### <次号予定> 三菱電機技報 Vol.73 No.1 “技術の進歩” 特集

- 研究・開発
- 宇宙及び衛星通信、電波応用関連機器・システム
- 住環境機器・システム
- 電力及びエネルギー関連機器・システム
- 通信関連機器・システム
- 産業及びFA関連機器・システム
- ビル及び公共関連機器・システム
- 情報関連機器・システム
- 自動車関連機器・システム
- 電気鉄道関連機器・システム
- 映像情報関連機器・システム
- 半導体と電子デバイス

### <おわびと訂正>

本誌10月号(昇降機・ビルシステム特集号)の表紙裏面に掲載された表紙写真②の説明文の中で“神戸市交通局ポートアイランド納め長機長トラベータ”とあるのは誤りで、正しくは“神戸市港湾整備局 新都市整備本部 ポートアイランド納め長機長トラベータ”です。おわびして訂正いたします。

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 鈴木 新</p> <p>委員 山田英世 河内浩明 宇治資正 永峰 隆 植木恵介 内藤明彦 奥山雅和 石川孝治 小林保雄 前田信吾 畑谷正雄 才田敏和 野沢俊治 猪熊 章 井上誠也</p> <p>幹事 鈴木隆二</p> <p>12月号特集担当 片岡信弘 仲川栄一 森 敏</p>	<p>三菱電機技報 72巻12号 1998年12月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 1998年12月25日 発行</p> <p>編集人 鈴木 新</p> <p>発行人 鈴木 隆二</p> <p>発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 ドキュメント事業部 〒105-0004 東京都港区新橋六丁目4番地9号 北海ビル新橋 電話 (03) 3437局2692</p> <p>印刷所 菱電印刷株式会社</p> <p>発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03) 3233局0641</p> <p>定 価 1部735円(本体700円) 送料別</p> <p>お問い合わせ先 giho@hon.melco.co.jp</p>
---	--

# 三菱電機技報 (1998年 第72巻) 総目次

1号 ビジョン21特集	5号 特集“暗号・セキュリティ技術及びその応用”	10号 特集“昇降機・ビルシステム”
2号 特集“イントラネットソリューション”	6号 特集“21世紀を拓く電気鉄道”	11号 特集“人と地球に優しい住環境機器・システム”
3号 特集“LSI”	7号 特集“受配電システム”	“製造業を革新するCALSとPPDM”
4号 特集“トランスナショナル企業を支える生産技術／超薄型・超軽量携帯パソコンPedion”	8号 特集“デジタル放送を支える先端技術”	“データウェアハウス・ソリューション”
	9号 特集“デジタルイメージング技術”	12号 特集“情報システム革新”
		“光海底ケーブルシステム”
		“パワーデバイス”

## “ビジョン21”特集

号	ページ	号	ページ
巻頭言	1 … 4	5. “セキュリティ”関連機器・システム	1 … 57
“ビジョン21について”	1 … 6	6. “移動・コミュニケーション”関連機器・システム	1 … 61
カラーピックアップ・社外技術表彰	1 … 8	7. “電子デバイス”	1 … 71
1. “環境”関連機器・システム	1 … 37	8. “生産インフラ”	1 … 79
2. “エネルギー”関連機器・システム	1 … 41	9. “研究・開発”	1 … 86
3. “ウェルネス”関連機器・システム	1 … 45	社外技術表彰一覧・総目次	1 … 97
4. “アメニティ”関連機器・システム	1 … 49		

## 特集論文

### 特集 “イントラネットソリューション”

1. イン트라ネットの動向と三菱電機のソリューションコンセプト	長澤一嘉・佐田耕一	2 … 108
2. 三菱イントラネットシステムソリューション“IntraProp”(情報共有パック)	永寿孝一・茂木 強・二井正雄・梅田 憲・中村 淳	2 … 113
3. 三菱イントラネットシステムソリューション“IntraProp”(モバイル)	相馬仁志・土屋 隆・田中 朗・稲葉直人・倉地史朗	2 … 120
4. 三菱イントラネットシステムソリューション“IntraProp”(営業支援パック)	原 泰成 津下豊太郎・茂木 強	2 … 124
5. イン트라ネットミドルウェア“INTRACENTER”	虎渡昌史・篠崎 衛・古家俊幸	2 … 129
6. イン트라ネットメディアサーバ“MediaGallery”	石川康雄・明石俊一・稲垣尚史・鷹取功人	2 … 133
7. エンタープライズオフィスシステム	堀内哲朗・有馬純一郎・高橋律夫・坂田直武・伊藤尚子	2 … 138
8. 三菱EDIパッケージ“EDIFOAS/Web”	黒田淳司・吉崎正幸・上田 淳	2 … 142
9. “MISTY”と電子認証書を用いたWWWサーバアクセス制御システム	田中 学・北山泰英・原田雅史・小林信博・亀多 徹	2 … 146
10. イン트라ネット対応 図面／文書管理システム“FINALFILING Webオプション”	大野文人・難波奈須夫・稲葉 豊・富樫昌孝・中島 靖	2 … 150
11. 三菱電機のイントラネット教育研修システム	吉富洋己・佐藤 剛・山井孝雄・佐藤克彦・大竹良一・春日正博	2 … 154
12. 事業所におけるイントラネット構築事例	浜口ゆかり・上田敏晴・真崎和美・杉山美佐子・廣 恵太	2 … 158
13. 日本道路公団納めイントラネット気象中央局システム	松本克平・垣根一富・畑森壽文・野村 立	2 … 162
14. ジャパンネット(株)向け電子商取引システム	佐々木武男・大谷彰宏・佐々木道雄・勝山光太郎・佐伯正夫・中村吉人	2 … 166
15. イン트라ネット支援システム“ProWeb”の小売業システムへの応用	竜野俊幸・根符純二・諸岡 徹・神永一二	2 … 170
16. イン트라ネット作業計画管理システム	村山 聡・久保田雅巳	2 … 174

### 特集 “LSI”

1. LSIの現状と展望	長澤絃一・松本平八	3 … 190
2. eRAM/SIでのコダデザイン手法——メモリのアーキテクチャを含めたシステムの最適化——	坂下和広・安藤智子・石川淳士・東田基樹	3 … 196
3. 大容量フラッシュROM内蔵32ビットRISCマイコンM32R/Eシリーズ	杉田 充・阿部信介・樋口光誠・佐藤由和・角南利郎	3 … 200
4. DRAM内蔵32ビットRISCマイクロプロセッサM32R/Dを用いたJPEGソフトウェアソリューション	坂本直史	3 … 204
5. 第二世代3Dグラフィックチップセット	脇本欣吾・笹田達義・河合浩行・根岸博康・松岡秀人	3 … 208
6. チップセット開発事例——PHS用チップセット——	安井郁夫	3 … 212
7. 2.7V単一電源第二世代16MビットDINOR型フラッシュメモリ		

.....宮脇好和・杠幸二郎・帯刀恭彦・河井伸治・本間 剛	3	.....216	
8. 256MビットDRAMチップ .....	藤野 毅・谷崎哲志・築出正樹・有本和民	3	.....220
9. 64MビットシンクロナスDRAM .....	吹上貴彦・池田勇人・桜井幹夫・安田憲一・野口武志	3	.....224
10. 第三世代64MビットDRAM .....	井上好永・羽倉 司・早川吾郎・蜂須賀教司・白竹 茂	3	.....228
11. PCバス、IEバスインタフェース機能に対応した16ビットマイコンM16C/62 .....	黒岩通明・久保輝訓・瀧ノ上 勲	3	.....232
12. 通信機能を強化した小型8ビットワンチップマイコン .....	久保憲司・前村浩之・桜木 敦・熊谷 泉・村上貴志・山内直樹	3	.....236
13. 1Hディレイライン内蔵カラーテレビ用1チップLSI .....	出田 洋	3	.....242
14. 米国DTV用ディスプレイプロセッサ .....	細谷史郎・矢沢弥亘・須川 聡・林 直樹・篠原 隆	3	.....246
15. マルチメディアプロセッサ“D30V” .....	山田 朗・佐藤尚和・吉田豊彦・島津之彦・東谷恵市・毛利篤史	3	.....252
16. 0.35 $\mu$ m56万ゲートSOI-ASIC .....	和田佳樹・廣田尊則・新居浩二・前田茂伸・上田公大	3	.....256
17. RTAによるチャンネル構造制御を利用した最先端CMOS技術 .....	古川彰彦・清水 悟・佐山弘和・西田征男・阿部雄次	3	.....260
18. LSI対応I/Oバッファモデル開発システム .....	石田智男・中村旨生・Tam X. Cao・大崎秀史・三輪久晴	3	.....264
19. ボールグリッドアレーパッケージの最新技術 .....	竹本好孝・安永雅敏・馬場伸治・橋本知明	3	.....268
<b>特集 “トランスナショナル企業を支える生産技術/超薄型・超軽量携帯パソコンPedion”</b>			
1. グローバル化時代における生産技術 .....	小村宏次	4	.....278
2. 半導体工場のワールドワイド展開 .....	塚本克博・重富 晃・長田芳裕・岡本龍郎・傳田匡彦・木下繁治	4	.....281
3. メモリ半導体の歩留り向上技術 .....	大西 寛・櫻井光一・石井宏之・草壁嘉彦・古森秀樹	4	.....287
4. 高精細ビルドアップ基板 .....	須藤俊英・山路 修・村木健志・山口明彦・河嶋康夫・村井淳一	4	.....291
5. パワー回路の小型・低インダクタンス化 .....	足立栄之資・砂本昌利	4	.....295
6. FA制御機器実装における高密度化への挑戦 .....	松尾光恭・坂田哲夫・杉山 徹	4	.....299
7. 新形汎用ACサーボモータの生産技術 .....	池田洋一・中原裕治・伊藤浩美・齊藤直文	4	.....303
8. 高精度・高能率機械加工技術とその応用 .....	小寺 直・太田 努・狩山明賢・葛原晃一郎・桧垣文広・大谷真博	4	.....307
9. 冷凍空調用ロータリ圧縮機の同心組立技術 .....	原 正一郎・岩崎俊明・望月哲哉・浮岡元一・野田博之・富永孝介	4	.....313
10. Mitsubishi Electric MalaysiaへのVTRドラム自動組立ての技術移管 .....	岩井敏充・加茂範明・神原功泰・井上孝之	4	.....317
11. 携帯電話の自動検査と品質情報管理システム .....	広兼竜一・山田 剛・広岡邦江・笹井浩之・岩井匡代・増田 隆	4	.....321
12. マイコンウェーブプロセスの短工期化 .....	今井弘志・宮田和明・石本俊司郎・清水孝雄・小林則幸・松井恒一	4	.....325
13. 換気扇工場の生産性向上 .....	福山二郎・木枝鋼希・伊澤一重・桐 修一・竹腰幸典・中原裕治	4	.....329
14. 照明器具の市場即応型生産ライン .....	土井清朗・三宅信輔・諏訪正一・郡司正之・佐々木一登志・岡崎雄二	4	.....334
15. タイMCP社エアコン生産工場における一貫生産体制の構築 .....	大塚哲也・平石康太郎・白瀬洋治	4	.....338
16. China Ryoden Co., Ltd.昇降機工場の総合工期短縮 .....	横山佳士・水越雅則・野間 務	4	.....342
17. 外鉄形変圧器コイル組立て1個流し生産体制の構築 .....	徳丸 透・岸下和義	4	.....346
18. 超薄型・超軽量携帯パソコンPedionの特長 .....	平山正治・山田忠利・山本 卓・岡部正志・小野正夫・竹内 哲	4	.....352
19. Pedionの筐体一体型LCDモジュール .....	梅崎光政・結城昭正・松本真行・熊谷 隆・爰河 徹・古内浩二	4	.....358
20. Pedionの超薄型キーボード .....	内澤 学・表野 匡・松山 賢・羽島一夫・石塚健彦	4	.....362
21. Pedionのバッテリーシステム .....	河田 薫・鬼沢 聡・小林 孝	4	.....366
22. Pedionの筐体実装設計 .....	川辺 伸・有田直喜・中岡邦夫・福山勝夫・岡本伸一郎・能 弘明	4	.....370
23. Pedionの熱設計 .....	小林 孝・大串哲朗・藤井雅雄・角 憲明・渡辺寛二	4	.....374
24. Pedionのデザインコンセプト .....	岩本秀人・酒井正幸・荒井秀文・福山勝夫	4	.....378
<b>特集 “暗号・セキュリティ技術及びその応用”</b>			
1. 暗号・セキュリティ技術の現状と展望 .....	片木孝至・池端重樹・竹田栄作	5	.....390
2. 暗号解読・強度評価技術 .....	時田俊雄・松井 充・反町 亨	5	.....396
3. ブロック暗号アルゴリズム“MISTY” .....	松井 充・時田俊雄・反町 亨	5	.....400
4. 公開鍵暗号 .....	酒井康行・長谷川俊夫・中嶋純子	5	.....404
5. 三菱電機情報セキュリティアーキテクチャ .....	勝山光太郎・藤井誠司・鈴木 博・米田 健	5	.....408
6. 共通鍵暗号“MISTY”評価用LSI .....	加藤潤二・反町 亨・市川哲也・松井 充	5	.....412
7. ネットワークセキュリティ“MELWALL” .....	時庭康久・後沢 忍・稲田 徹・泉 祐市・渡辺 晃	5	.....416
8. 公開鍵インフラストラクチャ構築技術 .....	佐伯正夫・吉武 淳・辻 宏郷・坂上 勉	5	.....420
9. デジタルコンテンツ流通技術 .....	中川路哲男・宮崎一哉・中嶋春光・石塚裕一	5	.....424
10. 指紋判別装置 .....	藤原秀人・鷺見和彦・大森 正	5	.....428
11. オンライン筆者照合技術 .....	依田文夫・小川 勇・川又武典	5	.....432

12. アクセスマネジメントシステム	野沢俊治・笹川耕一	5	436
13. 監視カメラシステム	布野健二・佐藤正弘	5	440
14. 誤報を低減した侵入監視装置	関 明伸・橋本 学・鷺見和彦・新冨健一	5	445
15. 統合ビルセキュリティシステム	山田邦雄・曾我部秀史	5	449
16. JapanNet認証サービスを利用した社内情報システム	遠藤 淳・桑原 悟	5	454
17. ノンストップ自動料金収受システム	内藤 博・森吉国治・相川昭仁・近澤 武・野崎 充	5	459
<b>特集 “21世紀を拓く電気鉄道”</b>			
1. 鉄道への期待と技術の展望	成戸昌司	6	476
2. 車両システムの統合化と最適化	四方 進・本間英寿	6	480
3. インテリジェント車両推進制御システム	小尾秀夫・児仁井克己・塩見省吾	6	484
4. 車両最適化補助システム	大山裕二・吉村圭二・下釜三嘉・梅崎達昭	6	492
5. 鉄道における運行情報制御システム	舘 精作・山口文敏・伊地知政弘	6	499
6. 鉄道における最新の通信システム	田子憲三・川本真紀夫・新倉弘久・山川恭一・津久井志朗	6	506
7. 電気・信号設備の監視・保全システム	村木一巳・金藤 悟・城ヶ崎 亨・高橋正芳	6	510
8. 九州旅客鉄道(株)納め作業計画管理システム	村山 聡・小佐野賢治・松原啓介	6	515
9. 鉄道広域情報システム	岩根真一・福井 毅・柴田文夫・森 勝・芝 直樹	6	521
10. 最近の車両基地管理・電力管理システム	小山 優・内本章二・水谷次雄・村上正春	6	528
11. 山梨リニア実験線用超電導磁石及び地上コイル	地蔵吉洋・板橋好文・赤木秀成・沖 雅雄・山口 孝・寺井元昭・五十嵐基仁・土島秀雄	6	534
12. 山梨リニア実験線の駆動・推進制御システム及び車上電源システム	枋原秀樹・糺 芳信・田上吉洋	6	541
<b>特集 “受配電システム”</b>			
1. 受配電システムの現状と展望	富澤幸一・山田賢治・池守 正・福智 正	7	564
2. 電力の信頼性と品質～高調波対策(アクティブフィルタ)	小笠原康司	7	568
3. 電力の信頼性と品質～無停電電源システム	野川智章	7	572
4. 電力の信頼性と品質～耐震技術	細谷亮造	7	576
5. 電力の効率運用～コジェネレーションシステム	増元茂喜	7	580
6. 電力の効率運用～氷蓄熱空調システム	小松正樹	7	584
7. 省人システム～受配電設備運転支援システム及び統合型自動検針システム	宇野正嘉・春名 治・石井 睦	7	587
8. 省人システム～受配電保全支援システム	城ヶ崎 亨・高橋正芳	7	593
9. 省人システム～保守省力化機器	小林 稔・野尻秀夫・中谷一三・松川公映・十鳥 洋	7	597
10. 省エネルギー～エネルギー監視制御システム	川口真由・友田雅雄・丹重憲治・鈴木健司・岩坪幸喜	7	601
11. 省エネルギー～MDUブレーカを使った電路監視システム	石井和宏・土本雄二・榎本光広・山崎晴彦・金高修子	7	607
12. 省エネルギー～アクティブコンデンサ	小笠原康司	7	610
13. サポート技術～伝送技術	佐々木文夫・金藤 悟・大西宏明・渡辺秀隆	7	614
14. サポート技術～デジタル技術	野間元暢・小林哲治・宮内俊彦・橋本 正・岡 聡史	7	620
15. サポート技術～ガス絶縁機器	植主雅史・吉田 暁・有岡正博・沼田伸一	7	626
16. サポート技術～最新機器・最新技術	山田賢治・石川雅廣・松本正市・平野大寿・奥野満晴・山崎晴彦	7	632
<b>特集 “デジタル放送を支える先端技術”</b>			
1. デジタル放送の現状と課題	村上篤道・山口哲成・T.C.Poon・P.A.Ratliff・野間口 有	8	641
2. デジタル放送モデルステーション	岡 進・加藤嘉明・松崎一博・中澤宣彦・松室昌宏・三澤康雄	8	648
3. デジタル放送と家庭内ネットワークの融合——DAVIC——	加藤嘉明・赤津慎二・松原雅美	8	655
4. MPEG符号化技術	浅井光太郎・小川文伸・西川博文・山田悦久・関口俊一・海老沢秀明	8	662
5. デジタル放送コーデック	丹野興一・田中浩一・柴田邦夫・秋田康貴・本多孝司・有田雅雄	8	669
6. SNGコーデック	浅野研一・高谷善人・服部伸一・猪股英樹・佐々木 源・安田吉男	8	676
7. DTV受像機	網島健次・菅 隆志・宗石圭一・森川浩樹・茅嶋 宏	8	682
8. DTV用LSI	松村哲哉・細谷史郎・大平英雄・中山裕之・吉田豊彦・角 正	8	688
9. データ放送サービス	横山幸雄・泉 丙完・福地雄史・厚井裕司・内海義夫	8	695
10. 超高精細画像システム	鈴木隆太・川浦健央・加藤聖崇・越地正行・岩間保之・小倉康二	8	701
<b>特集 “デジタルイメージング技術”</b>			
1. デジタルイメージング——その現状と展望——	立木武彦・小野文孝・近藤光治	9	716
2. 人工網膜チップ	新田嘉一・小守伸史・久間和生	9	720
3. 三次元グラフィックス技術と3Dチップセットへの応用	亀山正俊・根岸博康・中村 尚・笹田達義・河合浩行	9	724



4. 超薄型デジタルスチールカメラ	……的場成浩・久野徹也・山下孝一・宮田彰久・上田俊史	9	……728
5. 熱転写プリンタのデジタル処理技術	……小林忠昭・富永健司・吉村知樹	9	……732
6. 書換え可能型DVDシステム	……中根和彦・杉山和宏・島元昌美・五嶋賢治・石田禎宣・吉田英夫	9	……736
7. 120MバイトFDDの薄型化技術	……上田 淳・河野裕之・今城昭彦・玉山 等・菅原直人	9	……741
8. LANファクシミリ“FA-9570”	……曾我巖哉	9	……746
9. 画像・地図統合型都市景観表現システム	……亀井克之・玉田隆史・瀬尾和男	9	……752
10. 仮想三次元空間表示技術を応用した昇降機のバーチャルモダニゼーション	……前原秀明・中村 亘・田中 聡・蒲原捷行・佐藤好春	9	……756
11. 自発光型ディスプレイの高画質化技術	……岩崎直子・白松直樹・岩田修司	9	……761
12. ソフトコピー表示における2値画像の多値化縮小処理	……吉田雅之・渥美栄司・高橋利至	9	……765
13. カラーマッチング技術とその応用	……齋藤雅行・佐藤恒夫・高橋万里子	9	……769
14. 多値ロスレス符号化標準と当社技術の採用	……上野幾朗・柳谷太一・木村智広・吉田雅之・小野文孝	9	……774
15. グラフィカルユーザーインターフェースに対する視点	……岩崎建樹・土屋雅人・山崎友賀・小川健一・杉村美砂	9	……778

**特集“昇降機・ビルシステム”**

1. 昇降機・ビルシステムの現状と展望	……新妻敬太郎・阿部 茂・岡村 繁・富田 悟	10	……788
2. 三菱乗用エレベーターのモデルチェンジ	……池島宏行・安藤 宏・林 美克・河合清司・吉田研治・春日 敬	10	……793
3. 三菱機械室レスエレベーター“ELEPAQ(エレパック)”	……杉田和彦・本田武信・安藤英司・山川茂樹・安江正徳	10	……799
4. 三菱中低層共同住宅用エレベーター“MEL WIDE”	……岡田浩二・久保田猛彦・河合清司・門井明宏・渡辺誠治	10	……803
5. モダニゼーションメニューの拡充	……榎本 篤・吉田元紀・永沼 功	10	……807
6. 超高速大容量エレベーター	……荒木博司・加藤 寛・小泉喜彦・茶谷康史・匹田志朗・須藤信博	10	……811
7. 駅用エレベーター	……下宮浩志・山本和美・高橋達司	10	……817
8. 新ホームエレベーター“ウェルファミリー”	……神谷代詞男・八尾知彦・近藤丈治・平野 廣・岡野謙二	10	……821
9. 省スペース・省エネルギー型エスカレーター	……治田康雅・杉山美樹・千村大介	10	……827
10. 昇降機の据付工法の改善	……鈴木 正・門村 勝	10	……831
11. 昇降機リモート点検システム	……塩崎秀樹・伊藤 寛・河合清司・安藤 宏	10	……835
12. エレベーター製品情報システム	……市岡洋一・堀場一夫・岩田正一・石井元彦・勝山恒吉	10	……840
13. 昇降機製造・物流システム	……岩岸政敏・伊藤征一・橋口直樹・梶原一雄	10	……844
14. メルセントリー群管理システム	……高部克則・藤原誠司	10	……848
15. 新指紋照合装置“FPR-MK II”	……大森 正・足達満則	10	……852
16. 三菱統合ビルオートメーションシステム“MELBAS-AD”シリーズ	……後藤裕香里・松尾明美・永野伸明・衣笠紀子・上田隆美	10	……856

**特集“人と地球に優しい住環境機器・システム”“製造業を革新するCALSとPPDM”“データウェアハウス・ソリューション”**

1. 環境共生を配慮する住環境機器・システム	……菅波拓也・中村利之・田中 博	11	……864
2. 環境共生住宅を支える住環境機器・システム	……佐藤 務・中村裕信・横山 博・岡部正義	11	……870
3. 本格リビング対応エアコン霧ヶ峰“LXシリーズ”	……鈴木 聡	11	……876
4. 三面マルチフロー冷蔵庫“前から冷やそ”	……猪狩桂子	11	……880
5. 省エネルギー照明制御システム“メルセーブベシックII”	……伴 和生・岩坪幸喜・山本圭一	11	……884
6. 氷蓄熱利用空調システム	……倉地光教・大塚 修・榎本寿彦	11	……888
7. CALS/PPDMによる設計革新	……片岡正俊・斉藤美邦・川上真二	11	……894
8. コーポレートPPDM	……大師堂清美・中島 靖・吉岡義弘・小山内幹夫・田中研二・桑田隆行	11	……898
9. 三次元モデルとPPDM	……前川宗久・木村宣仁・阪下武則	11	……902
10. 次世代型無人宇宙実験システム“USERS”の三次元設計	……坂井英明・庄山高央・川北泰之・角田昌人・下山田幸一・串間由起	11	……906
11. 発電機における設計統合化システム	……長江雅史・長谷潤一郎・松枝泰生・岩本直子・田中 満	11	……911
12. 電気系CADツール“Rschemer”	……風間由美子・仁志真由美・左向隆一・森 雅克・国立政也	11	……915
13. データウェアハウスの動向と三菱“DIAPRISM”のコンセプト	……樋口雅宏・西崎 亨・伏見信也・齋藤 巧	11	……920
14. 三菱“DIAPRISM”の高速化技術	……平岡精一・藤原聡子・山岸義徳・郡 光則・東 辰輔・三角武嗣	11	……924
15. 三菱“DIAPRISM”のソリューション	……塩尻浩司・森田 登・中野 孝・近藤誠一・中込 宏・小倉春男	11	……928
16. 凸版印刷(株)向けデータベースマーケティングシステム	……氷見基治・草場信夫・松浦 聡・藤井宏尚・岩上祐司・中込昌吾	11	……932
17. 当社製作所におけるエンドユーザー主導の経営情報管理システム	……大谷 淳・磯部雅裕・大川真一郎	11	……936
18. (株)フレール館納め販売データ分析システム	……赤池洋二・藤村 隆・有島良昭・馬場慎也・大友栄悦	11	……940

特集 “情報システム革新” “光海底ケーブルシステム” “パワーデバイス”

1. 情報システム革新の原点	大淵啓史・野村進二	12	950
2. 個産系生産管理システム革新事例	阿部 元・門脇浩二・橋本功衛・北條達也	12	955
3. 量産系生産管理システム革新事例	菊池正浩・藪下幹根・武藤秀吉・平河敏秋・池尻 宏	12	959
4. 海外システム革新事例	福味郁二・対馬寿世	12	963
5. 知財権統合情報システム“MIPAT”の革新事例	飯田俊之・熱田ミハル・亀 一夫・中川雅之・加藤嘉一・長山 馨	12	967
6. 販売システム革新事例	小坂直司・深堀秀一・吉田二郎・野村 裕・浦津多恵	12	971
7. 光海底ケーブルシステムへの取組	北山忠善・手島邦夫	12	976
8. 光海底中継器及び海中分岐装置回路	仲川栄一・北垣俊一・熊安 敏・松下 究・本島邦明・十倉俊之	12	980
9. 2.5G 8波 波長多重光端局装置	下笠 清・水落隆司・尾崎陽二郎・武村伸之・大田 聡・溝口隆宏	12	984
10. 波長多重光海底ケーブルシステム用デバイス	本島邦明・久保和夫・渡辺弘光・金子進一・武本 彰・石村栄太郎	12	989
11. パワーデバイスの低ノイズ化動向	山田富久	12	996
12. 1,200VトレンチIGBTモジュール	新井規由・田畑光晴・高橋英樹・平川 聡	12	1001
13. 600V高耐圧接合分離技術によるPDP, 蛍光灯用HVIC	福永匡則・田中良和・吉村浩介・坂田浩司・折田昭一	12	1005
14. 電気自動車用IPM	藤田 晃・吉田茂一・白澤敬昭・王丸武志	12	1009
15. 高耐圧インテリジェントパワーモジュール	石井一史・木全政弘	12	1013
16. エアコン用アクティブフィルタIPM	大島征一・瀬尾 護・市村 徹・財前紀行・十河尚宏	12	1017

普通論文

日本マルチメディアサービス(株)納め携帯電話番号案内システム	清水光洋・濱田 剛・大友範章	2	178
三菱メールテレフォニーサーバ“CallMail”	太田一史・村田 篤・石川 泰・佐藤勝幸	2	182
“中部電力(株)お客さま申込工事支援システム”における携帯端末“AMITY”の利用	山本正明・田中康弘・太田竜児	4	382
次世代汎用インバータ“FREQROL-A500シリーズ”	桜井寿夫・栗山茂三・今中 晶・貝谷敏之・奥山美保	5	464
DLP方式マルチプロジェクト“LVP-DM1”	杉山和幸・竹内 茂・米岡 勲・川本直紀・小田切健介	6	548
原子力プラント向け新型中央計装システム開発の取り組み	今瀬正博・岡本浩希	6	554
宇宙電波監視システム	大橋由昌・比嘉盛雄・柳沢 基・金城益夫・小西善彦	8	707

# スポットライト

# 1.3μm帯光ファイバ増幅器 (PDFA)

光通信における重要な波長帯である1.3μm帯についても、実用的な光ファイバ増幅器の実現が望まれていました。特に、国内電力会社で使用されている自営通信用光伝送路はその大半が1.3μm帯零分散光ファイバであり、これら既存の光ファイバを活用した1.3μm帯信号光による安定した大容量・長距離光伝送の実現が望まれていました。

このような要求から、三菱電機(株)は、東京電力(株)との共同開発により、1.3μm帯光ファイバ増幅器(Praseodymium Doped Fiber Amplifier : PDFA)を開発し、製品化しました。

1.3μm帯光ファイバ増幅器は、励起光源として新規に開発した長期信頼性に優れた高出力励起用半導体レーザーを使用することにより、通信装置として実用的な信頼性を得ています。

## 特長

### 1. 高出力・長距離伝送

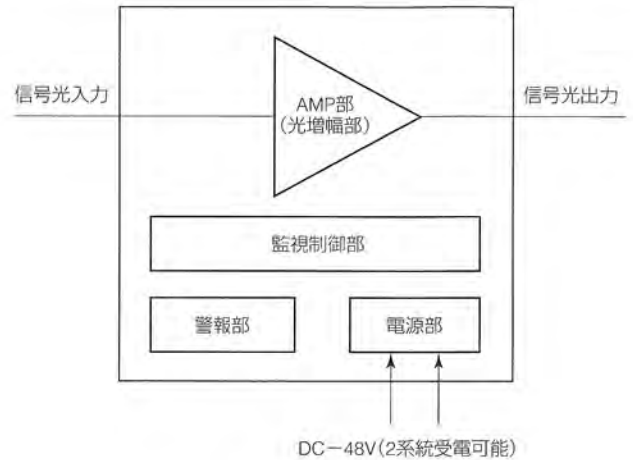
光出力+13dBm以上(最大出力+16dBm : 40mW)で、伝送速度2.4GbpsのSDH端局と組み合わせる場合、無中継伝送距離を60km以上に拡大可能です。

### 2. 長期信頼性

150mW級の高信頼な1.01μm帯励起用半導体レーザーを開発し、通信装置として必要な長期信頼性を達成しました。

### 3. デジタル実装汎用架に搭載可能

デジタル実装汎用架ハーフユニットサイズとなっており、SDH端局装置に容易に混載できます。



1.3μm帯光ファイバ増幅器の構成

## 1.3μm帯光ファイバ増幅器の仕様

項目	仕様
適用光ファイバ	1.3μm零分散ファイバ(SMF)
光出力	13dBm以上(入力+3dBm時)
信号光波長範囲	1.290~1.325μm
励起光波長範囲	1.010μm
電源電圧	DC-48V(2系統受電可能)
消費電流	1A以下
警報監視項目	光入力信号断、光出力コネクタ外れ、AMP部出力異常、AMP部励起故障、警報制御部異常、電源部異常
警報出力	無電圧接点出力及びLED表示
周囲温度	0~40℃



1.3μm帯光ファイバ増幅器の外観