

# 鉄道車両用SiCダイオード搭載大容量パワーモジュール

## Large Capacity Power Module with SiC Diodes for Traction Inverter

電力用半導体は比較的小容量の家電向けから大容量の電力向けまで広い分野のパワーエレクトロニクス機器に用いられている(図1)。従来、電力用半導体にはシリコン(Si)が用いられてきたが、その損失特性の改善は限界に近づきつつあり、次世代半導体材料としてシリコンカーバイド(SiC)が期待されている。SiCはSiに比べて低損失で高温動作可能なことから、パワーエレクトロニクス機器の小型・軽量化、高効率化が可能となる。

当社ではSiC半導体、及びその応用技術の開発を進めており、これまでに産業用などに用いられる1,200V耐圧のSiC半導体を用いたインバータを試作し、出力20kWまでの動作実証を行ってきた。今回、鉄道車両用に1,700V耐圧のSiCダイオードを搭載した大容量パワーモジュールを開発し、このパワーモジュールを用いて、最大出力300kW相当での鉄道車両用電動機駆動試験を実施した。

SiCはSiに比べて、バンドギャップが約3倍、絶縁破壊強度が約10倍という優れた特性を持つ。ダイオードにSiCを用いる場合、絶縁破壊強度が高いことから、1,700V耐圧でもショットキーバリアダイオード(SBD)の適用が可能となる。SBDではリカバリー電流がほとんど流れないことから、

リカバリー損失の大幅低減が可能となり、また、ダイオードだけでなく、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)のターンオン損失も低減される。

図2に開発したSiCダイオード搭載パワーモジュールの外観を示す。開発したパワーモジュールは定格電圧1,700V、定格電流1,200Aであり、Si-IGBTとSiC-SBDを搭載している。表1に従来のSiパワーモジュールとの特性比較を示す。リカバリー損失は、従来品に比べて95%以上と大幅に低減している。また、IGBTのターンオン損失も、従来品に比べ、55%低減している。

開発したSiCダイオード搭載パワーモジュールでインバータを試作し、鉄道車両用電動機の駆動を試みた。低速から高速まで全領域で安定に動作し、最大出力300kW相当の負荷でも問題ないことを確認した。また、1,700V耐圧のパワーモジュールが適用される750V直流架線の都市部通勤路線を想定した走行シミュレーションを実施した。図3にSiCダイオード搭載品と従来品(Si)との損失比較を示す。SiCダイオード搭載品は従来のSi品に比べて、損失が最大で28%、平均で18%低減することを確認した。

SiCは20kWまでの中容量クラスでは動作実証が行われてきたが、今回の鉄道車両向けの開発で大容量化についても動作上問題ないことが確認できた。今後は信頼性検証などを実施し、早期実用化を目指す予定である。

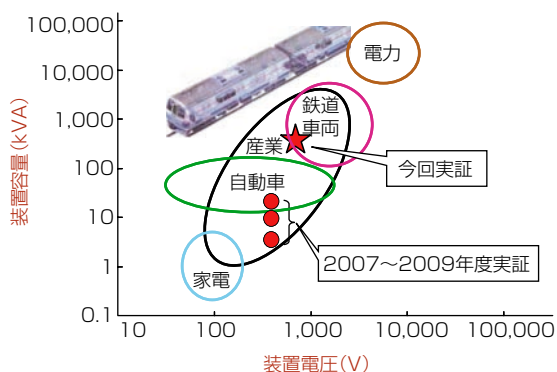


図1. パワーエレクトロニクス機器容量マップ



図2. SiCダイオード搭載パワーモジュール

表1. モジュール特性比較  
(電流1,200A, E<sub>on</sub>, E<sub>off</sub>, E<sub>rec</sub>時の電圧850V)

項目	従来品 (Si-IGBT, Si-Diode)	開発品 (Si-IGBT, SiC-Diode)
コレクタ飽和電圧V <sub>ce(sat)</sub>	2.74V	2.40V
ターンオン損失E <sub>on</sub>	0.40J/P	0.18J/P
ターンオフ損失E <sub>off</sub>	0.37J/P	0.36J/P
エミッタコレクタ間電圧V <sub>ec</sub>	2.35V	2.40V
リカバリー損失E <sub>rec</sub>	0.19J/P	0.01J/P以下

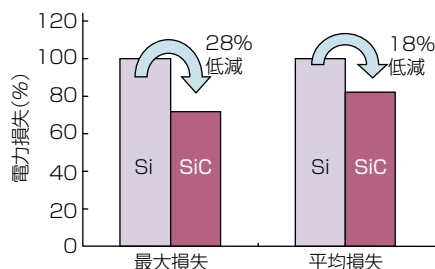


図3. 走行シミュレーションによる損失比較  
(従来品(Si)を100%として記載)

# スマートグリッド社内実証システム

## Smart Grid Demonstration System

低炭素化社会実現のため、電力システム技術とIT技術を融合したスマートグリッドに注目が集まっている。当社では、将来の送配電網を想定したスマートグリッド実証実験システムを社内に構築し、技術の早期確立と製品化を目指して準備を進めている。

社内実証実験では、基幹系、配電系、需要家系の各システムを構築する。主要設備は、太陽光発電システム、可変速揚水発電模擬装置、系統用蓄電池、模擬配電線、次世代電子メータ、電気自動車、電力系統シミュレーター、需給制御システム、配電制御システム、自動検針システムなどがある。

主要検証課題は次のとおりである。

- (1) 余剰電力や周波数変動対策技術：可変速揚水発電や蓄電池を最適制御して、周波数変動を最小に制御する。
- (2) 電圧上昇・変動対策技術：配電系統機器を最適制御して、配電系統の電圧を規定値内に最適制御する。
- (3) 次世代電子メータ：自動検針システムと無線メッシュネットワークで、大規模ネットワーク構築の基盤技術及び性能を検証する。

自社設備のメリットを生かし、将来の予想されるあらゆるケースを想定した実証実験を進め、スマートグリッド事業の強化推進を図り、低炭素化社会への貢献に取り組む。



スマートグリッド自社実証実験の概要

# 準天頂衛星初号機“みちびき”を支える技術

## Technologies to Support Quasi-zenith Satellite-1 "Michibiki"

2010年9月に打ち上げられた準天頂衛星初号機“みちびき”で、次の3つの技術を開発した。

### (1) 軌道保持技術

外乱モデルで誤差を予測し、軌道制御の時期を最適選択することで、測位サービスの中断につながる軌道保持のための制御を最小化

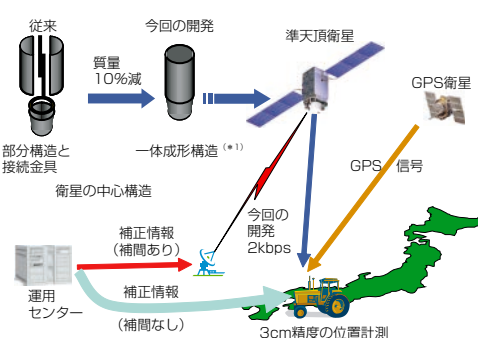
### (2) 軽量化技術

衛星の中心構造に複合材料設計解析技術を活用し、ひずみの少ない一体成形構造（質量10%削減）を実現。より多くの機器搭載が可能

### (2) 位置計測技術

国土全域のGPS(Global Positioning System)誤差補正情報を、近接エリアの誤差情報の補間によって2 kbps(従来

方式の場合の1/1000)に削減し、衛星回線で配信し、3 cm精度の位置計測を実現見込み(2011年実証予定)



\*1 経済産業省から委託を受けた(財)無人宇宙実験システム研究開発機構の指導の下、開発を実施

“みちびき”を支える技術の概要

### プラスチックリサイクルの大量処理化技術の確立による素材化事業の実現

#### Mass Processing of Plastic Recycling System from Waste Household Appliances

使用済み家電製品から回収したプラスチックを再び当社家電製品に再利用する自己循環リサイクルの拡大を目指し、2010年4月、日本初のリサイクルプラスチック素材化工場、(株)グリーンサイクルシステムズの稼働を開始した。プラスチックを大量かつ低コストで回収するため、できるだけ製品に近い状態で粉碎して様々なプラスチックが混在する混合プラスチックを回収し、その中から家電に使用されるプラスチックの7割を占めるポリプロピレン(PP)、ポリスチレン(PS)、アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン(ABS)を高純度に自動選別して回収する技術を開発してき

た。純度99%以上を実現する比重選別技術、静電選別技術を独自開発するとともに、X線透過像を利用した分析選別手法によって、RoHS(Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)指令対象物質である臭素系難燃剤を含有するプラスチック破砕片を高速に除去する革新的な量産装置(図1)を業界で初めて(\*1)開発した。これによって、プラスチックの自己循環リサイクルフロー(図2)を確立するとともに、処理能力10,000トン/年、純度99%以上、回収率60%以上を実現するリサイクルシステムを構築できた。

\*1 2010年6月2日現在、当社調べ

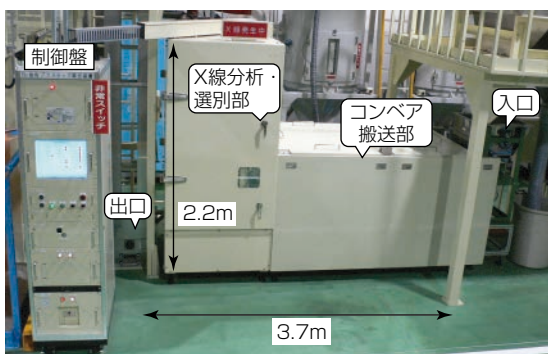


図1. X線分析選別量産装置

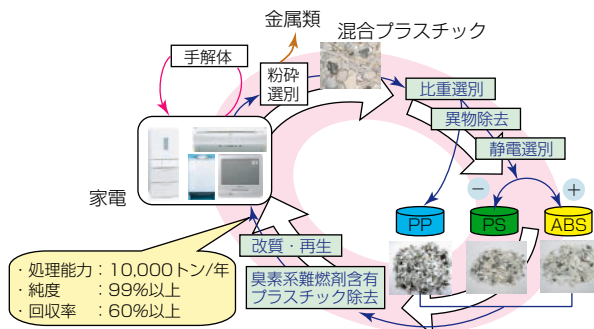


図2. プラスチックの自己循環リサイクルフロー

### マイクロレーザ加工機の高速度化技術

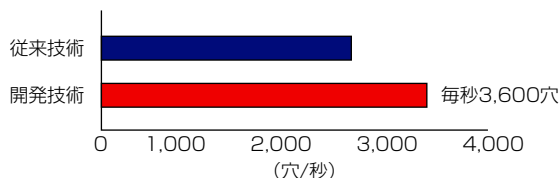
#### High Speed Processing Technology for Laser Drilling Machine

携帯電話やデジタル家電の高機能化に伴い、内蔵するプリント基板に穴をあけるレーザ加工機の生産性向上がますます求められている。

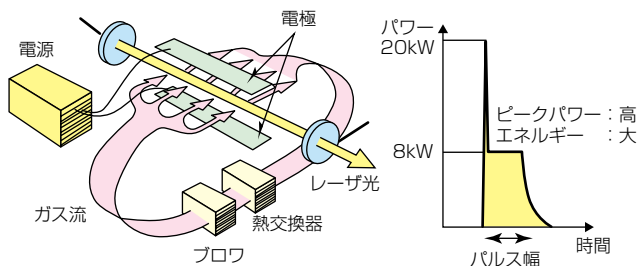
今回、プリント基板穴あけに適した高ピーク・短パルスのレーザを出力する当社独自の三軸直交方式レーザ発振器の性能を向上させ、更にレーザビームを位置決めするガルバノスキャナの駆動制御で、1.5倍高速なデジタルコントローラと最新のモデルベース制御方式を適用した。その結果、標準的な加工パターンで、従来比1.3倍となる毎秒

3,600穴の加工速度を実現した。

開発した技術は、当社の最新式マイクロレーザ加工機“ML605GTWⅢ-5200U”に搭載している。



加工速度の比較



三軸直交方式レーザ発振器の構成と出力波形



ML605GTWⅢ(2ヘッド2ビーム機)

# 40Gbps予等化伝送技術

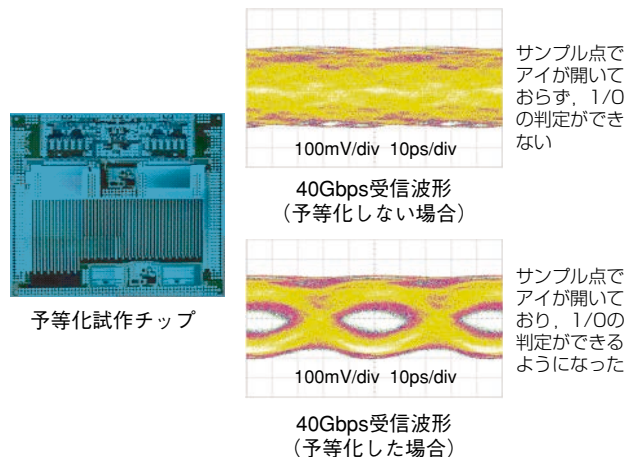
## 40Gbps Pre-equalization Transmission Technology

40Gbps光通信システムの波形歪(ひず)みを電氣的に解決する予等化伝送技術を開発した。従来、伝送路光ファイバの逆特性を持つ分散補償光ファイバを受信側に挿入することで波長分散による波形歪みを補正していたが、高価で大型になる課題があった。今回、安価かつ小型のデジタル信号処理回路によって、送信側で波形歪みを補正する予等化技術を開発し2,500ps/nmの分散補償を可能にした。これまで10Gbpsの予等化は報告されているが、40Gbpsは世界初<sup>(\*)1</sup>である。これは毎秒43Gサンプルかつ6ビットのD/Aコンバータ回路及び任意波形を生成する高速デジタル信号処理回路を搭載したチップを試作することで可能となった。予等化技術は、多段接続された伝送装置内のフィルタによって狭窄(きょうさく)化されたスペクトル歪み補正も可能にする。

この技術を40Gbpsの分岐挿入多重システムに用いることで、再生中継距離の延伸化が可能になるとともに、既存

10Gbpsシステムからのアップグレードも容易に可能となる。大容量通信ネットワークの一層の普及に貢献するものと期待される。

\*1 2010年9月23日現在、当社調べ



予等化試作チップと40Gbps受信

# 液晶テレビ“REAL MDR1シリーズ”のインターフェースデザイン

## Interface Design of LCD TV "REAL MDR1 Series"

ハードディスクとブルーレイディスクドライブの両方を搭載した液晶テレビで、“予約する”“見る”“残す(ダビング)”の使い勝手を向上した。

- (1) リモコンの大型ボタン(“予約する”“見る”)から基本操作は2ステップで完結できるようにした。
- (2) ディスク挿入で自動的にメディアを切り換えて、再生を開始する。ディスクが入っているときは、“見る”ボタンを押すと選択画面を表示する。これらによって迷いやすいメディア切り換え操作をなくした。
- (3) “残す”操作では、空のディスク挿入でダビング操作へ誘導し、番組選択後、おすすめのディスクフォーマットとダビングモードを表示することで、迷いの少ないダビング操作を実現した。

各操作画面では、アウトラインフォントの採用で文字の読みやすさを向上した。録画一覧・予約一覧・ダビング一覧では、フォーカスをあてた行を拡大して2行表示すると同時に文字サイズを大きくすることで、選択中項目の情報の分かりやすさを向上した。また、各操作画面でカラーキーへの機能割り振りを統一し、画面下部の操作ガイド表示を充実させることで各機能にアクセスしやすくした。



(1) リモコンの大型ボタン(2ステップ操作)



(2) メディア切換え操作不要 (3) 迷いの少ないダビング操作

基本操作とダビング操作の画面表示及びリモコン

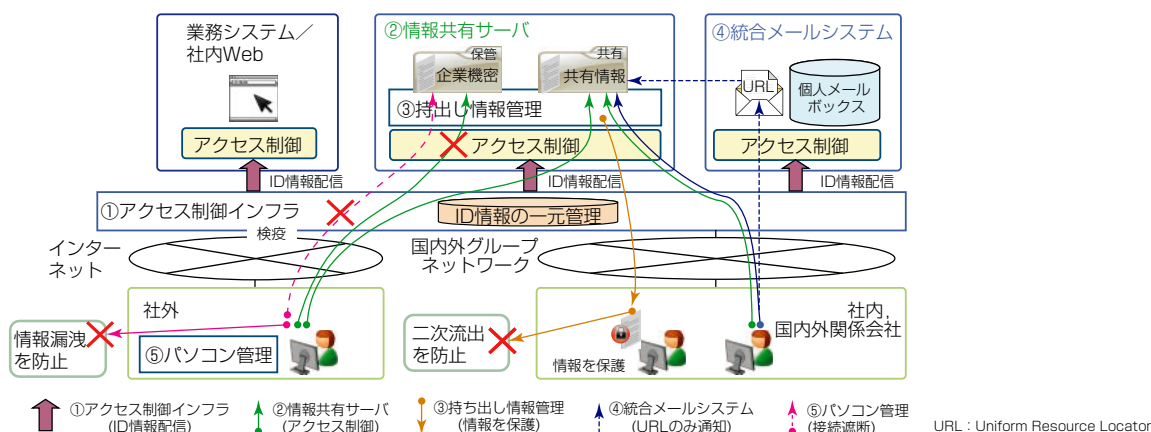
### グローバルに活用できるセキュアな情報共有基盤

#### Secure Infrastructure for Global Information Sharing

事業のグローバル展開の推進に伴い、社内・国内外関係会社で共有すべき情報量と取引先を含む連携先が増加している。そこで情報技術の活用によって距離と時間を圧縮し、グローバルにセキュアかつ効率的な情報の共有・連携を実現するためのインフラとして“グループ情報共有基盤”を開発中である。この基盤では以下の仕組みを複合的に用いることによってセキュリティを担保する。

(1) アクセス制御インフラ：個人の認証に必要なID情報をグローバルに一元管理し、システムへ配信する。

- (2) 情報共有サーバ：フォルダへの保護設定(閲覧, 編集, コピー, 印刷等の禁止と有効期限の設定)を行い, 適切なアクセス権を持つ利用者によりのみアクセスを許可する。
- (3) 持ち出し情報管理：情報共有サーバから持ち出された情報を保護して, 二次流出を防止する。
- (4) 統合メールシステム：情報共有サーバの利用によって添付ファイルを削減し, 情報のコピー・散逸を抑制する。
- (5) パソコン管理：セキュリティポリシーに違反するパソコンの検出や接続の遮断(検疫)を行い, 情報漏洩(ろうえい)を防止する。



グループ情報共有基盤の概念

### C/C++言語ソースコード品質の点数化

#### Quality Scoring for Source Code of C/C++ Language

静的解析の結果で示されたソフトウェアのソースコード品質を、定量化・可視化する手法を確立した。主な特長は次のとおりである。

(1) 理解しやすい指標

直感的に理解しやすい、0～100点という点数でコード品質を示すことができる。

(2) メトリクス値による計算

静的解析から得られるメトリクス値のみを使用し、単純な計算式で点数を求めることができる。

この点数化手法によって、コード品質を構成単位で把握できるようになるため、次のような用途に利用することが有効であると考えられる。

①開発中のコード品質の劣化検出

開発中のコードの点数を逐次比較することで、再利用に伴うコード品質の劣化の兆候を検出する。

②開発ソフトウェアのコード品質維持・管理

機能追加などの改修で、コード品質の維持・管理の指標とする。

③外注先からの納入ソフトウェアコードの受け入れ基準

納品されたコード品質を測定し、合格点数未満のコードは受け入れないなどの基準とする。

