

MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.75 No.11

特集Ⅰ「広がりゆくマイクロマシン」
特集Ⅱ「最新のビルシステム」

2001/11



目 次

特集Ⅰ「広がりゆくマイクロマシン」

マイクロマシンはまだ黎明期	1
三浦宏文	
基礎から応用へ広がるマイクロマシン	2
木股雅章・武田宗久	
マイクロ電磁デバイス	7
太田 斎・小原隆雄・唐田行庸・武田宗久	
新三次元シリコンエッチング技術	13
大路 浩・出尾晋一・堤 和彦	
微小ポリシリコン構造体の強度特性評価	17
濱田 繁・谷 周一・堀川牧夫・大谷 浩・吉川英治	
超小型光学式距離センサ	21
岡 徹・白附晶英・番 政広・仲嶋 一・Jürgen Mohr	
SOIダイオード方式非冷却型赤外線センサ	25
石川智広・太田泰昭・上野雅史・瀬戸俊樹	
小型ロボット用マイクログリップ	31
村松直樹・寺内常雄・多田友好	

特集Ⅱ「最新のビルシステム」

ビルシステム特集に寄せて	37
常岡俊一	
ITと環境対応で進化を続けるビルシステム	38
富田 悟	
三菱統合ビルシステム“MELUNTY/MELSAFETYシリーズ”	43
曾我部淳子	
三菱統合ビルオートメーションシステム“MELBAS-ADシリーズ”	47
岡野 勝・福田浩士・後藤裕香里・織野由香里	
三菱ビルマネジメントシステム	51
鈴木勇人・曾我部秀史・阪田 哲	
三菱小型指紋照合装置“FPR-MKⅢシリーズ”	55
伊藤英明	
次世代マンションインテグレートッドシステム	59
深澤 豊・大森 正・河合清司・松岡達雄・藤原将芳	

特許と新案

「赤外線固体撮像素子」「入退室管理システム」	63
「防犯システム」	64

スポットライト

三菱サーマルイメージャ “IR-U300M1S”	(表3)
--------------------------------	------

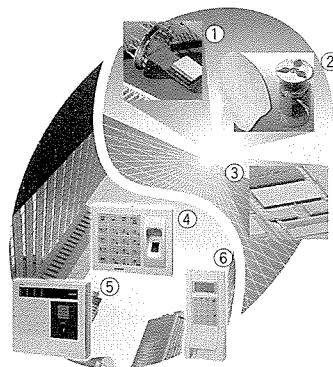
表紙

広がりゆくマイクロマシン

マイクロマシン技術の今後の展開を、“どこまでも広がる技術空間の遙か彼方を目指していく”イメージで表現した。写真は①超小型光学式距離センサ、②マイクロ電磁モータと米粒、③エレクトロケミカルエッチングによって作製した加速度センサ構造である。

最新のビルシステム

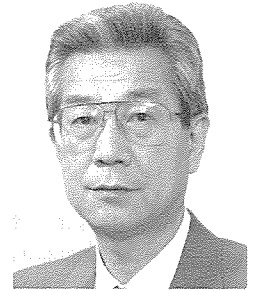
豊富な実績とノウハウでIT時代にこたえる統合ビルセキュリティシステム“MELSAFETY-S10・S30”を開発した。写真は様々なビル群のセキュリティニーズから生まれた多彩な個人識別をイメージして、代表的端末機器として④指紋照合装置、⑤指紋キーボックス、⑥ICカードリーダー(グッドデザイン賞受賞)を配置した。



『 マイクロマシンはまだ黎明期

工学院大学教授
東京大学名誉教授

三浦宏文



10年前(1991年)に大きな関心を集めて始められた産技プロジェクト“マイクロマシン技術”が、本年の3月で一応の終結を見た。来年からは、それを発展させる形で、ナノスケールまで含めた微小サイズに関する科学技術プロジェクトが再開されるようである。

私は、技術委員長を仰せ付かっていたこともあって、プロジェクト“マイクロマシン技術”の評価や、これから進むべき方向についての意見を聞かれることも多い。プロジェクトで作られたマシンをどこへ、どのように使うのかまで議論しようとする人もいる。

そのようなとき、私は、“ちょっと待ってくださいよ”と思わず言ってしまう。そもそも、マイクロマシン技術の概念が生まれたのは、1988年、米国科学財団(NSF)の“Small Machines, Large Opportunities”というレポートが出たころと考えてよかろう。ほんの10何年か前のことである。新しく生まれた科学技術が真に役立つようになるには40年ぐらひが必要であった例が多い。

例えば、ゴダードが世界で最初のロケットを飛ばして(1926)から世界に宇宙時代到来を納得させた“月着陸”(1969)までは40年以上。米国のジョンソン大統領が人工臓器研究の隆盛を見て“米人工心臓計画”(1964)を宣言してから世界初の完全埋め込み型人工心臓の手術が話題になった今年の7月まで約40年。ワトソン・クリックがDNAの二重らせん構造を突き止めて(1953)以来、徐々に解読が進められ、バイオ創薬などで役立ちそうになったのはごく最近のことである。クリントン大統領がナノテクノロジーについて演説したときも、“30年、40年先の将来を考えて、・・・”という言葉があった。

マイクロマシンは、上にも述べたように、まだ10年しか

たっていない技術なのである。この時期は、まだ研究が主体で、可能性の追求が中心課題である。その段階では、個人的な興味の研究のモチベーションになり、信念を持って突進する研究者たちの情熱こそが発展への原動力となる。いろいろな知識と経験を持つ人々が、いろいろな視点から、いろいろなアイデアで挑戦していくことが積み重なりながら、その技術が本当に役立つものに育っていくのである。それには、それだけの時間が必要であると私は思っている。

今回のプロジェクトは、マイクロマシンというものに初めて出会った者たちが集まって、どのような新しいものが生まれ得るのかを考えることから始まった。そして、10年間続いた熱意が、多くのものを作り上げた。マイクロ発電機、管内自走マシン、細管群検査システムなどである。それらは、そのまま実用に供せられるようなものではない。しかし、マイクロマシン技術は、積極的に推進を図る価値のあるものだということを認識させる要素は豊富に含まれている。マイクロコイル作製技術、マイクロ駆動技術など枚挙にいとまがない。

10年間で、マイクロマシン技術というものの存在を知る人口は予想以上に増えた。それに夢をかけようとする研究者が大学にも企業にも非常に多くなった。やはり、研究や開発は、それに熱中し信念を持って夢中になる人が、がむしゃらに進めるといふ側面が大切である。マイクロマシンのようにれい(黎明)期にある若い技術の場合は、特に、何に役立つかにこだわってはいは大きな発展はなかろう。遺伝子工学の父といわれるコーンバーグ博士は、“必要が発明の母であることは滅多にない。真の発明が必要を生む”と言った。新産業創出とは、そういうことだと思う。



木股雅章*



武田宗久**

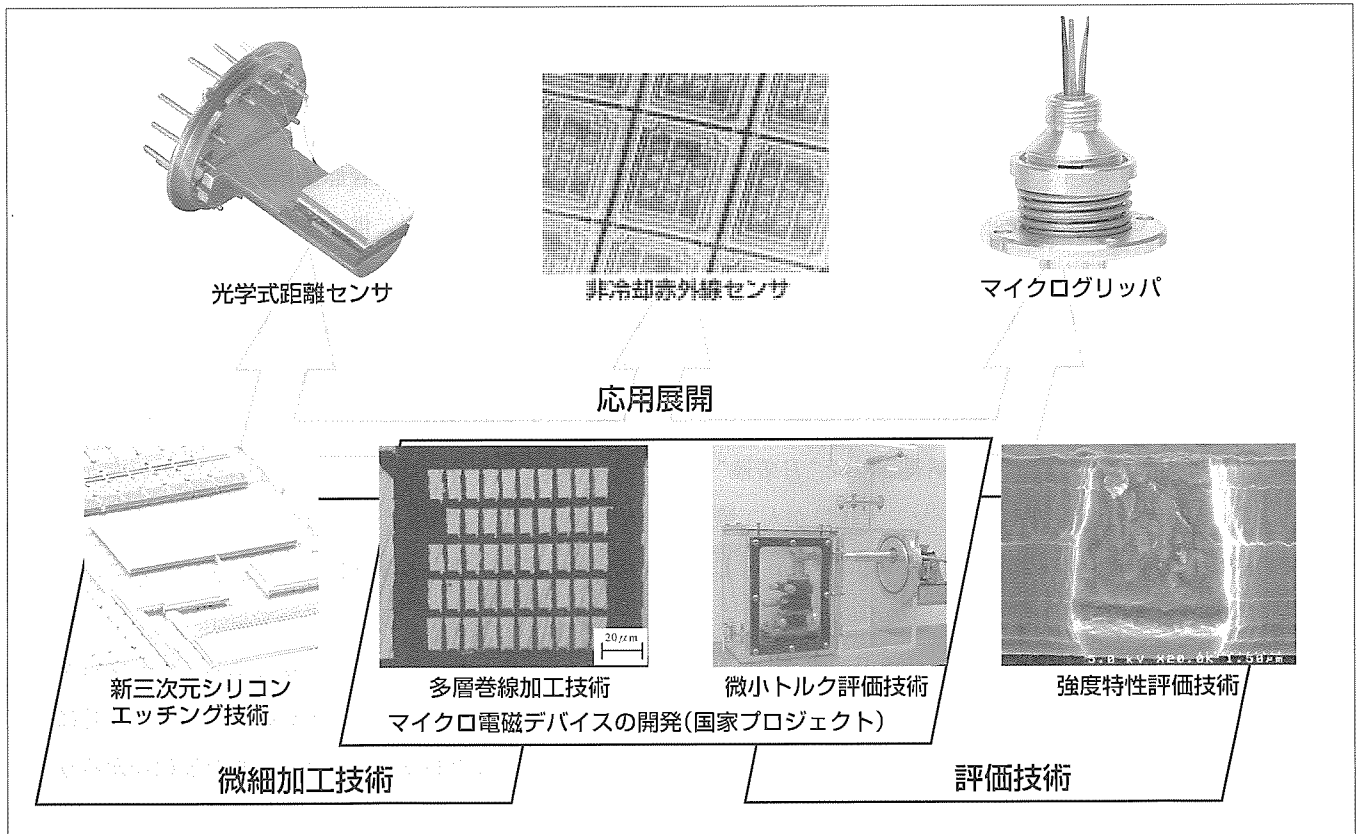
基礎から応用へ広がるマイクロマシン

要旨

近年、微細加工技術を利用したデバイスや機器の小型化・高性能化の研究開発が、“マイクロマシン”等と呼ばれ、活発に行われている。この技術は、シリコンLSI技術に次ぐ高生産性加工技術として期待されている。三菱電機においても、この技術に対して、基礎から応用まで幅広い研究開発を実施している。そこで、今回“広がりゆくマイクロマシン”と題して、この小特集を組んだ。この小特集では、まず、この分野の第一人者であられる工学院大学の三浦教授にれい(黎)明期にあるマイクロマシン研究への意気込みについて述べていただき、続くこの巻頭論文においては、この分野における世の中の動向及び技術的・応用的広がりについて概説するとともに、当社におけるこの分野の研究開発の取組及び現状について紹介する。続く特集論文では、

経済産業省の産技プロに参画して実施したマイクロ電磁デバイスの内容や当社独自の研究開発として、基礎技術領域から新しい微細加工技術及び材料評価技術について、応用領域から光学式距離センサ、非冷却赤外線センサ及びマイクログリッパについて紹介する。マイクロマシン技術は、最初の応用製品である圧力センサが実用化されてから20年以上が経過し、ようやく研究開発から事業への動きが活発になってきた黎明期を迎えている。応用可能な領域はセンサから光学素子、高周波素子、バイオ素子、マイクロメカニズムなどへ大きな広がりを見せており、今後の大きな発展に向けて基礎技術をベースに応用展開を図っていく予定である。

特集
I



当社におけるマイクロマシン研究開発の進め方

三菱電機では、微細加工技術及び評価技術といったマイクロマシン技術の基礎技術に関して国家プロジェクト及び当社独自の研究開発の中での着実な技術蓄積を進めるとともに、事業部門と研究部門が緊密に連携をとりながら、社内で生産する意義が十分見いだせるデバイスに特化して開発を進めている。その一例として、光学式距離センサ、非冷却赤外線センサ、マイクログリッパを示している。

1. ま え が き

“マイクロマシン”という言葉で一般の人が想像するものとしては、1969年のSF映画“ミクロの決死圏”において登場した体内潜航艇が挙げられる。血管内を自由に動き回り病巣を治療できるような小さなマシンは、30年前にはSFの世界の産物でしかなかった。ところが、約20年後の1987年に米国のAT&Tベル研とMITにおいてシリコン基板上に機械部品である歯車が、また、翌1988年にはUCバークレーとMITにおいて静電気で動く直径100 μm 強のモータが製作されるようになり、にわかに現実味を帯びるようになってきた。

高度情報化・パーソナル化を支える機器の高機能化・知能化、及びそれと相矛盾する小型化・軽量化を支えてきたのは電子デバイスの集積化するICや超LSIであった。機械部品はダウンサイジングが行われているといっても、電子部品と比較すると何倍も遅れをとっていた。これに対して、シリコン基板上に形成された機械部品は、機械部品の電子部品に相当する小型化が実現できることを実証したものである。また、電子部品と機械部品を統合した新たな機能デバイスの創出を予感させるものであり、世界各国で活発な研究開発が行われるようになった。米国ではMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) と呼ばれ、半導体加工技術を発展させて、主にシリコン材料を用いた新しいデバイスの研究開発が行われている。ヨーロッパではMST (Micro Systems Technology) と呼ばれ、米国よりはシステム指向し、また特にドイツではLIGA (Lithographie Galvano-formung Abformung) と呼ばれ、X線リソグラフィと電鍍及びモールドング技術を組み合わせ、シリコンでない材料も含めた機能デバイスの研究開発が行われている。日本では、1991年に通産省工技院(現在経済産業省)の産業科学技術研究開発制度(以下“産技プロ”という。)の下、欧米とは視点を変えて機械加工技術の微細化をも取り入れた“マイクロマシン技術”の研究開発がスタートした。また、このような微細加工技術全般は“マイクロマシニング技術”とも呼ばれている。このように、呼び名は種々異なるが、微細加工技術を利用したデバイスや機器の小型化・高性能化は今後ますます重要になってくると考えられる。三菱電機においても、基礎から応用まで幅広い研究開発を実施している。そこで、今回“広がりゆくマイクロマシン”と題して、三菱電機技報において小特集を組んだ。この小特集では、まず、この分野の第一人者であられる工学院大学の三浦教授に巻頭言をいただき、続くこの巻頭論文においては、“基礎から応用へ広がるマイクロマシン”と題して、この分野における世の中の動向について概説するとともに、当社におけるこの分野の研究開発の取組及び現状について紹介する。特に産技プロに参画して実施した研究内容を概説す

るとともに、当社のマイクロマシニング技術応用デバイス開発の取組について、幾つかの具体的な例を示しながら紹介する。

2. マイクロマシンの広がり

まえがきにおいて、この分野は世界各国でそれぞれ異なった視点やアプローチで種々の研究開発が実施されまた種々の呼び名で呼ばれていることを説明した。このようにマイクロマシンはその発生段階から広がりを持った研究開発領域であるが、その特長は、加工範囲が数 μm から数百 μm にあると言える。従来の半導体加工技術の加工範囲は1 μm 以下であり、また従来の機械加工技術の加工範囲はサブmm以上であるので、この間を埋める加工技術を基本としていると言える。このため、マイクロマシンの加工は、半導体加工技術のような写真製版の技術を利用したフォトファブリケーションと写真製版の技術を用いない非フォトファブリケーションに大別できる。それぞれの代表的な加工技術には以下に示すものがあり、これらを複合することで、より複雑で実用的な機能デバイスが実現できる。

- (1) フォトファブリケーション
 - バルクマイクロマシニング
 - サーフェスマイクロマシニング
 - LIGAプロセス など
- (2) 非フォトファブリケーション
 - ビーム加工
 - 放電加工
 - 微細機械加工(切削, 研削等) など

このようにマイクロマシンは加工技術としても広がりを持った技術であることが分かるが、実用的な機能デバイスを構築するためには、対象が小さいこともあり、新たな強度特性評価技術や微小力・トルクの評価技術等の性能評価技術としても幅広い技術開発が必要になり、非常に技術として広がりを持っている。

一方、製作・評価技術の発展に伴い、その応用に関しても種々の活動がなされている。技術自体が汎用であるので、その適用分野が限定されないことから種々の分野における研究開発が活発に行われている。応用分野として最も進んでいるのはセンサ分野である。センサを小型化することで機器の小型化が図れるとともに多数のセンサの搭載が可能となり、機器の高機能化にも貢献できる。また、センサの小型化によって微量のセンシングが可能となり、高感度化も実現できる。具体的には、圧力センサ、加速度センサ、ジャイロ等の機械量センサは、自動車用を始めとして、実用化のフェーズに入っている。また、種々の化学物質のセンサは研究開発段階のものが多いが、バイオ、環境分野の発展に伴い、今後ますます活発な研究開発及び実用化が行われるものと考えられる。

センサ分野以外の実用化としては、Texas Instruments社が開発した微小ミラーアレーであるDMD (Digital Micromirror DeviceTM)が挙げられる。当社においても、DMDを用いたプロジェクションテレビの製品化を行っている。また、最近では光スイッチ等も活発な研究開発が行われており、光関連のマイクロマシンは“OPTICAL MEMS”と呼ばれる一分野を形成している。

さらに、最近では高周波の無線通信用のRFスイッチやフィルタ、アンテナ等に関しても微小化の研究開発が活発に行われ、“RF MEMS”と呼ばれる分野を形成している。

化学分野においても、センサだけでなく、“ μ TAS (Total Analysis System)”と呼ばれる微小流路と電気泳動を利用した微量検体の検査システムが開発されている。このように、検査システムの微小化を図ることで大量の入手が困難な検体の検査をオンサイトで実現できるメリットがある。また最近では、バイオや遺伝子の分野でのデバイスの微小化も活発に行われ、“Bio MEMS”という分野を形成している。さらに、化学の分野では、分析だけでなく、合成を微小領域で実現することによって従来のマクロの領域では実現不可能な化学合成が実現できるとともに、その収率の向上も図れるものとして期待されている。

このように、マイクロマシンは、その応用分野においても広がりを持っている。

3. 産技プロへの取組

3.1 産技プロの概要

産技プロでは、マイクロマシン技術の体系化を図るため、共通基盤技術、機能デバイスの高度化技術、システム化技術を含めた研究開発を、1991年から10年間、研究開発費総額約250億円の計画で実施してきた。研究体制としては、工技院の機械技術研究所、計量研究所と電子技術総合研究所の3国立研究所(現産業技術総合研究所)と新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受けた(財)マイクロマシンセンターの再委託事業として28研究機関が参画して実施してきた。

10年間の研究期間は5年ごとに第1期と第2期に別れ、前半の第1期では主に要素技術の研究開発として、静電、電磁、圧電、形状記憶合金など種々のアクチュエータや、CCD、イメージファイバスコープ、スキャナ等のイメージセンサを中心とする種々のセンサ、ポンプ、バルブ等の流体デバイスやジョイント等の種々のマイクロメカニズム及びそれらを製作するための三次元付加加工、除去加工、複合加工技術、さらには光電変換デバイス、マイクロ波給電デバイス、マイクロ発電機、マイクロバッテリー等のエネルギー供給技術や行動型制御、群制御等のマイクロに適した制御技術の研究開発が行われた。

第2期では、これらの機能デバイスの幾つかを組み合わせ

せてマイクロマシンスystemを構築するためのシステム化技術、及び機能デバイスの高度化技術と共通基盤技術に関する研究開発が行われた。システム化技術を検討するための試作システムとしては、メンテナンス用の3システム(管内自走環境認識用試作システム、細管群外部検査用試作システム、機器内部作業用試作システム)とマイクロファクトリーの四つの試作システムの研究開発が行われた。

3.2 三菱電機への取組

当社は、産技プロの立ち上げ当初から、先端技術総合研究所を中心としてこのプロジェクトに積極的に参加し、第1期にはマイクロ発電機の研究開発を、第2期には細管群外部検査用試作システムの研究開発を幹事会社として実施した。産技プロでは、電機メーカーとして将来的に重要になると考えられる基礎技術の研究開発を行うことを目的に、電磁デバイスを取り上げ、それに必要な要素技術の研究開発を実施した。詳細な技術の説明に関しては特集論文の中で述べることにし、ここでは、これら研究開発の意義や特集論文で述べられていない技術に関して簡単に紹介する。

マイクロマシンの分野では、製作が簡単なことから、静電アクチュエータの開発が活発に行われていた。マクロの世界で効率と発生力の観点から支配的である電磁アクチュエータは製作が困難な三次元微細巻線が必要なことから余り研究はされていなかったが、数mmのサイズではまだ電磁方式の方が有効との考えから、第1期では三次元微細巻線技術が必要なマイクロ発電機の開発を行った。フレキシブルフィルム上に半導体プロセスを発展させたプロセスで多層のコイルを製作し、この中にコアをめっきで形成した後回転子の周りに巻き付ける新たな加工プロセスを開発することで、直径1.2mmのマイクロ発電機を完成させた。

小さくなると出力が低下するため、大きな出力を得るためには、発電機を高速で回転させる必要がある。高速回転時に発生する機械損を低減するため、マイクロスパイラルグループ軸受⁽¹⁾を開発した。この軸受では、図1に示すように、直径0.5mmの軸にレーザアシストエッチングによって三次元的な微細溝を形成し、30万r/minの高速回転を実現した。さらに、起動・停止時のしゅう(摺)動にも耐え得

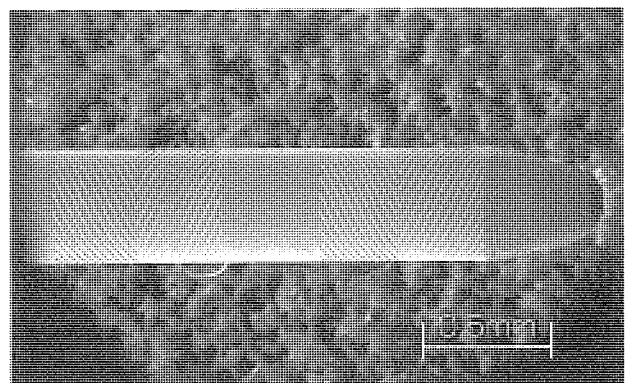


図1. マイクロスパイラルグループ軸受

る表面改質技術も開発した。

第2期では、細管群外部検査用試作システムに搭載するマイクロ電磁モータの開発を行った。基本的には第1期開発のマイクロ発電機と同じ構造であるが、コイルの占積率向上のための高アスペクト比コイル形成技術と耐熱性を確保するためのSiO₂絶縁厚膜の低残留応力膜形成技術を開発することで、直径1.6mmのマイクロ電磁モータを完成させた。なお、マイクロ電磁モータで発生するトルクは微小であるため、既存のトルク測定装置ではそのトルクを計測することが困難であった。そこで、風力によって非接触でモータに負荷を与え、10⁻⁸N・mオーダーの微小トルクが計測可能な新たな微小トルク評価法を開発した。

マイクロ電磁デバイス以外の研究としては、永久磁石の極性と吸引力を利用した新たな微細部品の組立技術を開発した。また、マイクロマシンは小さいので一つのマシンに多数の機能を搭載することが困難なため、多数のマシンに機能を分散させて作業領域で機能分散されたマシンが連結して協調動作をする多数分散型マイクロマシンシステムの開発を住友電気工業㈱、松下電器産業㈱と共同で実施した。

4. 社内研究開発

当社では、3章で紹介した産技プロの一環として行ってきた微小機械システムの研究開発と並行して、マイクロマシニング技術を応用したマイクロデバイスの研究開発を推進している。ここでは、当社のマイクロマシニング技術応用デバイス開発の取組について、幾つかの具体的な例を示しながら紹介する。

マイクロマシニング技術は、シリコンLSI技術に次ぐ高生産性加工技術として期待されている。シリコンLSIの開発ではプロセス技術のレベルアップを図るため代表的なデバイスをテクノロジードライバと位置付けて先行的開発を行い、そこで開発された汎用的な技術を他のデバイス開発に波及させていくという開発形態がとられることが多かった。こうした開発システムが有効に働くのはいかにして製造するかという“how”が重要な時代であり、1980年代の日本のLSI産業は正にこのhowで他を圧倒し、優位に立つことができた。その後、1990年代に入ると製造技術が装置内に組み込まれ、開発の視点がhowから“what”に移り、日本のLSI産業は苦戦を強いられている。マイクロマシニング技術を利用して作り出されるマイクロデバイスは、シリコンLSIと異なり、デバイス構造が多彩で、プロセス技術も多岐にわたる。マイクロマシニング技術応用デバイスには、シリコンLSIのメモリやマイクロプロセッサに相当する技術分野を代表するデバイスは存在しない。そのため、マイクロマシニング技術の分野では最初からwhatが非常に重要な意味を持っている。当社では、事業部門と研究部門が緊密に連携をとりながら、社内で生産する意義が十分

見いだせるデバイスに特化して開発を進めている。

GMR(Giant Magneto-Resistance)回転センサ¹²⁾は当社のマイクロマシニング技術応用デバイスの代表的な一例である。このデバイスは、他の多くのマイクロマシニング技術応用デバイスのようにデバイス内にメンブレン構造や中空構造を持つものではないが、GMR磁性薄膜をシリコンLSI上に集積した新しいセンサである。このデバイスの開発では研究部門が保有していた高度な磁性薄膜技術を有効に活用し、独自性の高いセンサを実現できた。図2にGMR回転センサのチップ写真を示す。このデバイスは、高感度という特長を生かして、車載用回転センサとして活用されている。自動車用電子デバイス分野はマイクロマシニング技術の特長を生かせる重要分野であり、当社では、GMR回転センサ以外にもいろいろな車載用マイクロセンサを開発している。

当社は民生用赤外線カメラの分野では豊富な経験を持っており、マイクロマシニング技術の進歩で実用的な性能が得られるようになった非冷却赤外線イメージセンサは最も重要な研究開発対象の一つになっている。非冷却赤外線イメージセンサとしては多くのメーカーが酸化バナジウムを用いたマイクロボロメータ方式を採用している。酸化バナジウムマイクロボロメータ方式非冷却赤外線イメージセンサは下地のシリコン信号読出回路をシリコンLSI製造ラインで製造した後に別の専用ラインで酸化バナジウムの形成とマイクロマシニングプロセスを行っているが、当社は、低コスト化、高生産性を実現するために社内シリコンLSI製造ラインを最大限に活用できる独自の方式を考案し、実用化している。この方式では赤外線吸収による画素の温度変化を単結晶シリコンダイオードで検出しており、赤外線吸収を効率的に行うための構造にも工夫を凝らしている。独自の画素構造を実現するために、当社では、独自のマイクロマシニングプロセス技術を開発した。このプロセス技術では、SOI基板の埋込酸化膜をエッチングストップとすることでサーフェスマイクロマシニングとバルクマイクロマシニングを同時に行うことができる。

マイクロマシニング技術は、光学デバイスでは小型で高精度な光学系を低コストで生産するのにも威力を発揮する。

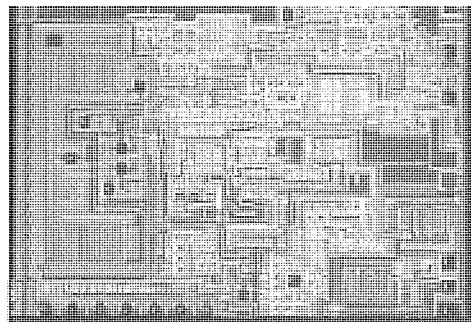


図2. GMR回転センサ

この特集号に掲載された超小型光学式距離センサはその一例であり、このほかに、バルクマイクロマシニング技術を用いて圧電セラミック駆動走査ミラーなども開発している。

プロセス要素技術の開発はデバイス開発の中で行っており、要素技術のためだけの技術開発は行っていない。しかし、新しい展開が期待できる要素技術については、当面の対象を越えた可能性の追求に努力している。この特集に収録されているエレクトロケミカルエッチングによる三次元構造作製技術はその一例である。この技術を用いると、エッチング時に照射する光の強度を制御することによって1回のエッチング工程だけで三次元構造を作製することができる。マイクロマシニング技術応用デバイスではアスペクト比の大きい溝や穴をエッチング加工で作製することが多いが、光制御エレクトロケミカルエッチング技術はこうした加工に広く適用できる可能性がある。図3は、この技術を用いて作製した三次元構造体の例である。この構造は一定の光を照射しながらエレクトロケミカルエッチングを行って形成した多数の穴を熱酸化した後に等方的なシリコンエッチングを行って作製したもので、試験管のように見える微小な構造体はシリコン酸化膜できている。この技術では、熱酸化によって写真製版の能力で決まる寸法限界よりも小さな数百から数十ナノメートルのすき(隙)間を形成することができる。こうした特長を生かして、この技術をこれまで開発対象としてきたセンサデバイスだけでなく微細流路を持ったバイオデバイスに適用する検討を進めている⁽³⁾。

マイクロマシニングプロセス要素技術としてはKOHやTMAH(Tetramethyl Ammonium Hydroxide)を用いたウェット方式の異方性エッチング技術、シリコンに深い穴や溝を形成するICP-RIE(Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching)技術、シリコン酸化膜やアモルファスシリコン、ポリイミドなど各種犠牲層を用いたサーフェスマイクロマシニング技術などを保有しており、こうしたマイクロマシニング技術を使って作製した構造体の機械特性などの基礎的なデータ蓄積及び評価技術に関しても、この特集論文にあるように、力を入れている。

さらに、この特集に収録されているマイクログリッパのように、プロセス要素技術は用いていないが、マイクロパーツの取扱いに優れたユニークなマイクロメカニズムの開発も積極的に行っている。

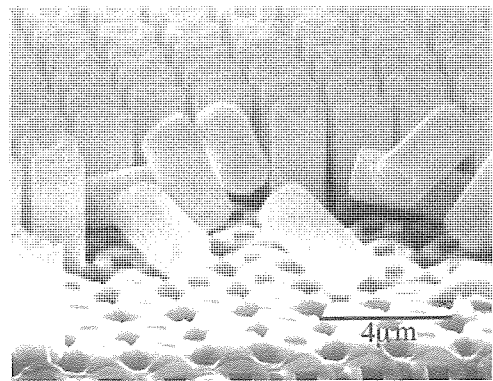


図3. エレクトロケミカルエッチングで作製した三次元微細構造

5. む す び

産技プロで目指したマイクロマシシステムのような微小機械システムの実現にはいまだ研究開発要素が多い。しかし、マイクロマシニング技術は最初の応用製品である圧力センサが実用化されてから20年以上が経過し、ようやく研究開発から事業への動きが活発になってきた。応用可能な領域はセンサから光学素子、高周波素子、バイオ素子、マイクロメカニズムなどへ大きな広がりを見せており、製造技術レベルはこうした新しいアイデアの素子の実現に十分なレベルに達しつつある。マイクロマシニング技術にとって目前の最重要課題は事業としての成功例を積み重ねていくことであり、このために少量多品種のデバイスを効率良く生産できるシステムを構築していく必要がある。

なお、この研究の一部は、経産省産技プロジェクトの一環として、NEDOから委託を受けた(財)マイクロマシセンターの再委託業務として三菱電機が実施したものである。

参 考 文 献

- (1) Ota, H., Matsukawa, K., Takeda, M., Ohara, T., Narumiya, H.: Fabrication and Surface Modification Process for Micro Gas Bearing, IEEE MEMS '98, 284~289(1998)
- (2) 深見達也, 新條 出, 横谷昌広, 堤 和彦: 車載用集積化GMR回転センサ, 電気学会論文誌E, 120-E, No.5, 219~224(2000)
- (3) Ohji, H., Izuo, S., French, P.J., Tsutsumi, K.: Pillar Structure with the Space of Sub-Microns fabricated by the Macroporous Based Micromachining, Tech. Digest of Transducers '01, 1132~1135 (2001)

マイクロ電磁デバイス

太田 齋* 武田宗久**
 小原隆雄*
 唐田行庸*

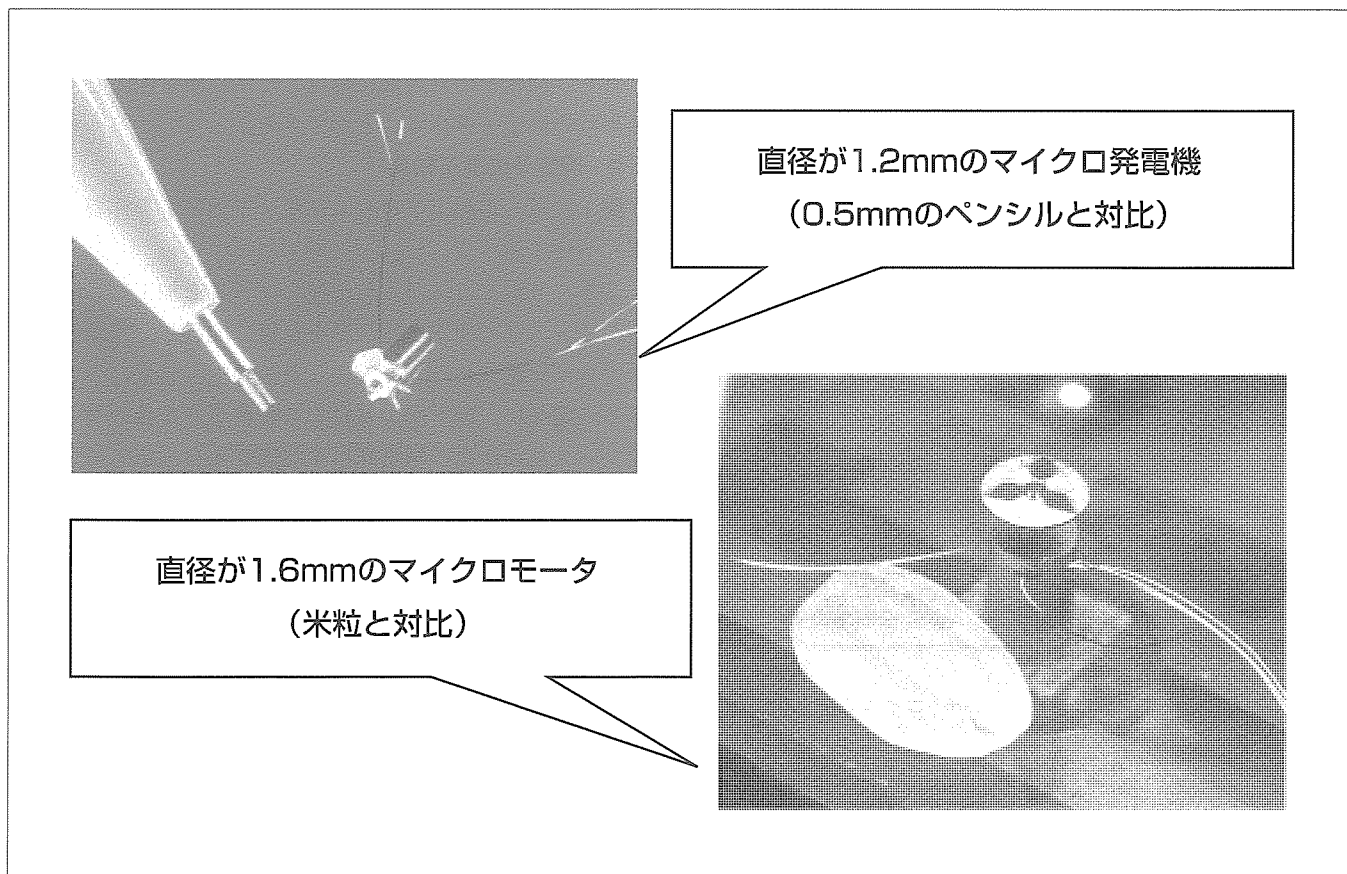
要 旨

近年、機器の超小型化のための研究が盛んに行われており、数十マイクロンから数ミリの大きさの静電モータや電磁モータの開発が行われている。静電モータに関しては種々の方式が提案されており小型化が期待されるが、出力が小さい欠点がある。機械システムが極端に小さくなった場合には静電力を利用した機械システムが有効と考えられるが、ある程度実用的な出力を取り出すためには、電磁力を利用したミリサイズのデバイスを組み合わせて構成する機械システムが必要と考えられる。

今回の研究では、高効率期待できる電磁デバイスとしてラジアルギャップ型のマイクロ発電機とマイクロモータを取り上げ、その加工プロセスを検討した。シリコン基板

上に可とう(撓)性を持つ微小なコイルを形成してこのコイルを折り曲げることによって円筒形状の固定子を作製するプロセスを提案する。マイクロ発電機についてはコイルとコアの一部を同一基板上に形成するプロセスを、マイクロモータについては高アスペクト比のコイルをコアに巻き付けるプロセスを検討し、直径が1.2mmのマイクロ発電機と直径が1.6mmのマイクロモータを試作した結果について述べる。

さらに、電磁デバイスの微小なトルクを測定する手法について検討し、風圧を利用して非接触で負荷を与える新しい評価方法を提示する。試作したデバイスの出力を測定して、この研究で提示した加工プロセスの妥当性を検証する。



マイクロ発電機とマイクロモータ

直径が1.2mmのマイクロ発電機には直径が1mmの円筒形状の固定子が組み込まれており、軸の先端には直径が2.5mmのタービンが取り付けられている。マイクロモータの直径は1.6mmで、最大48,000r/minの回転数で回転させることが可能である。これらの電磁デバイスは、反応性イオンエッチングやプラズマCVDなどの微細なデバイスを作製する装置で加工されている。

特集
I

1. ま え が き

現在、電磁力を応用したデバイスに関する研究は、構造が平面的なものが多い。例えば、電磁アクチュエータの分野では、アキシアルギャップ型のアクチュエータの研究例⁽¹⁾はあるが、固定子が円筒状になるラジアルギャップ型のアクチュエータに関する研究⁽²⁾は少ない。これは、円筒状の固定子へのコイル巻線が困難であるためと推察される。

効率の点からは、アキシアルギャップ型よりもラジアルギャップ型の方が有利と考えられ、円筒状の固定子のコイル巻線プロセスを開発することによって高効率のマイクロ電磁デバイスの実現が可能と考えられる。

今回は、電磁デバイスとしてラジアルギャップ型のマイクロ発電機とマイクロモータを取り上げ、半導体加工プロセスを応用してシリコン基板上にスパイラル型のコイルを積層し、このコイルを円筒形状に形成して固定子を加工するプロセスを考案した。このプロセスに基づいて可撓性を持つ多層のコイルを作製して直径が1.2mmのマイクロ発電機と直径が1.6mmのマイクロモータを試作した結果について述べる。また、マイクロモータの回転中のトルクを評価するため、風圧を利用する新規な測定法を考案した。この出力を評価した結果について述べる。

2. マイクロ発電機

2.1 固定子の作製プロセス

図1に円筒形状の固定子の作製プロセスを示す。高効率の電磁デバイスの開発のためには、高占積率のコイルをコ

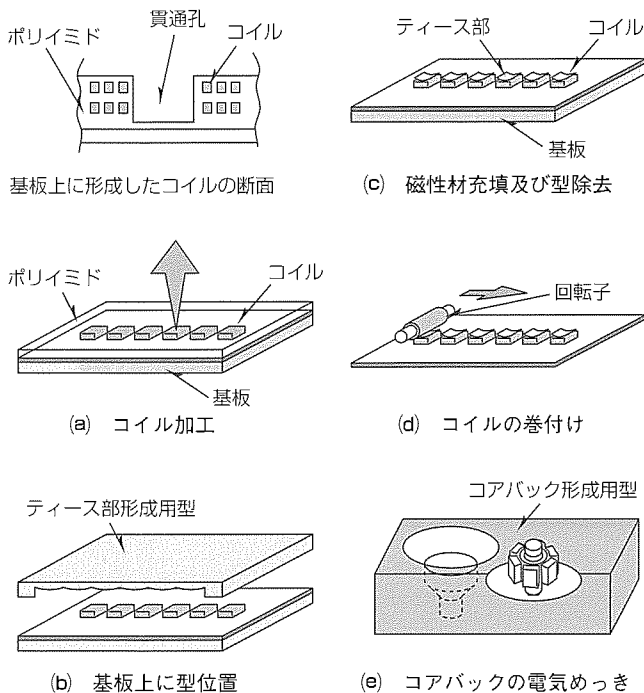


図1. マイクロ発電機の固定子の作製プロセス

アに巻線処理することがブレークスルーのポイントとなる。コイルの占積率向上のため、コイルとコイルに近接する箇所固定子のティース部を同一基板上に形成してコイルと磁性コアの間の無駄空間を小さくすることを試みた。

まず、図の(a)に示すようにシリコン基板上にコイルを形成する。このコイルはスパイラル型のコイルが積層されており、反応性イオンエッチング装置を用いてポリイミドで絶縁層を形成し、電気めっきで導体となる銅を充てん(填)する方法で作製する⁽³⁾。所定のターン数のコイルを基板上に形成した後、個々のコイルの中心部にコアを充填するための貫通孔を加工する。

次に、固定子のティース部の曲率を持つ型を基板上に固定する。コイルと型の間の空隙部に磁性材としてパーマロイを電気めっきで充填することによって、図の(c)に示すように、各コイルの中心部に固定子ティース部を基板上に一体で形成することができる。コイルと固定子のティース部を形成した後、基板を除去する。図の(d)に示すように、あらかじめ着磁した永久磁石回転子に犠牲層を形成して、この回転子をコイル/ティース部に配置する。ティース部と永久磁石の吸引力を利用して、回転子にコイル/ティース部を巻き付ける。そして、この回転子を型に挿入してティース部の外周に空隙部を設け、空隙部にパーマロイを電気めっきで充填する。最後に、型から回転子と固定子を取り外し、回転子の外周部に形成した犠牲層を除去して、円筒形状の固定子を得ることができる。

2.2 固定子の加工結果

図1に示した加工プロセスに従って固定子を作製した結果について述べる。

まず、基板上にスパイラル型のコイルを加工し、固定子のティース部の曲率を持つ型を基板に配置し、空隙部にパーマロイを電気めっきで充填した後の加工結果について述べる。図2に、図1(c)のプロセスが終了した後のコイル/ティース部の断面の写真を示す。図2から、ティース部の形状を持つ型を用いて磁性材を電気めっきで充填することによって固定子のティース部の曲率がほぼ形成されている

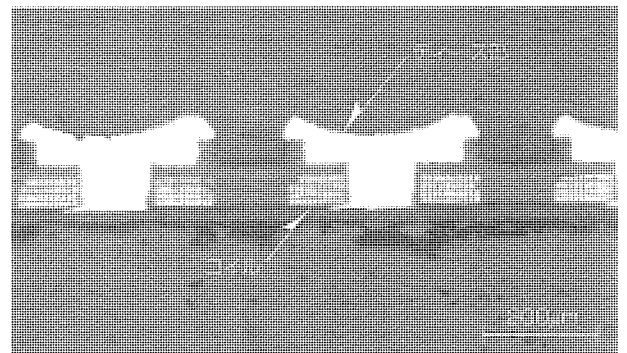


図2. コイルとティース部を形成した後の断面

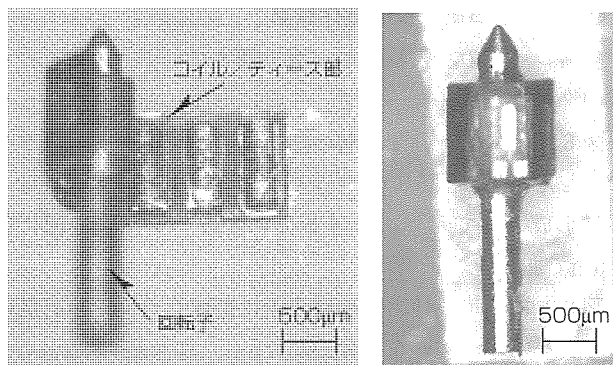
ことが分かる。また、コイルは、短絡せずに4層に加工されていることが分かる。図2に示したコイルの幅は6 μm 、厚さ7 μm で絶縁層の幅は3 μm 、層間の絶縁層の厚さは約4 μm である。

この研究で示したプロセスにより、コイルとティース部が同一基板上に形成されており、ティースの周囲に高密度にコイルが形成されている様子が分かる。

次に、マイクロ発電機の作製結果について述べる。図3に基板から分離したコイル/ティース部と回転子の写真を示す。図に示した結果は、図1(d)のプロセスの経過を示す写真である。図3(a)に示すように、回転子の永久磁石の吸引力を利用して、コイル/固定子ティース部を巻き付けた。ティース部の長さは約500 μm 、幅は約250 μm である。図3(b)は、巻付け後の写真である。

図1(e)に示したように図3(b)に示したコイルを巻き付けた回転子を再度型に挿入し、コアバックを形成した。

図4にコアバックをめっきした後の固定子と回転子の断面の写真を示す。図から、固定子と回転子の間にほぼ一定のすき間が形成されており、回転子に犠牲層が均一な厚さで形成されていることが分かる。また、コアバックもほぼ所定の形状に形成されていることが分かる。以上の実験結果から、今回提示したプロセスによって円筒形状のマイクロ発電機の作製が可能であることが分かる。



(a) 回転子と基板から分離したコイル/ティース部 (b) コイル/ティース部の巻付け後

図3. 回転子へのコイル/ティース部の巻付け状態

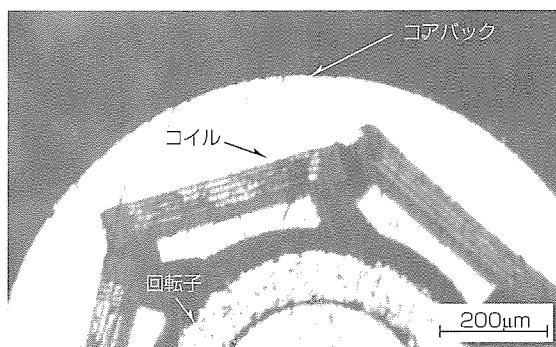


図4. 固定子の断面

2.3 マイクロ発電機の試作結果

マイクロ発電機の加工プロセスの妥当性を検証するため、作製した外径が1mmの固定子を用いてマイクロ発電機を試作し、出力発生の有無を確認した。図5に無負荷誘起電圧と回転子の回転数の関係を示す。図から、試作したマイクロ発電機は回転数にほぼ比例した無負荷電圧を取り出せることが分かり、今回検討した加工プロセスで電気的出力が取り出せるマイクロ発電機を作製できることが分かる。

3. マイクロモータ

3.1 コイルの作製プロセス

マイクロ発電機の場合には、入力するパワーを大きくできるため、高速で回転させることによって出力を大きくすることができる。一方、モータの場合には、入力は限られるため、効率の低下を抑制することが重要である。このため、鉄心として飽和磁束密度が大きいけい素鋼板を用い、コイルの占積率を大きくできる加工プロセスを考案した。

図6にマイクロモータのコイルの加工プロセスを示す。図の(a)に示すように、コイル部は、1個のモータに対して6個のスパイラル型のコイルが連なった構成となっている。これらのコイルのうち2個ずつを直列に接続して三相になるように可撓性の配線層で結線され、各コイルには電極パッドが設けられている。そして、その中心部にはコアをは(嵌)め込むための貫通孔が形成されている。

図の(a)に示したコイルは、以下のようにして作製する。まず、図の(b)に示すように、シリコン基板の上にコイル間の配線パターンをポリイミドを用いて形成し、この層で可撓性を持つようにした。次に、絶縁層としてSiO₂を用いてコイルを形成する。2章に示したマイクロ発電機のコイルにはポリイミドを絶縁層として用いたが、アスペクト比が大きくなると、導体である銅の電気めっき時に絶縁層が基板に対して傾斜して絶縁層の形状を保持することが困難

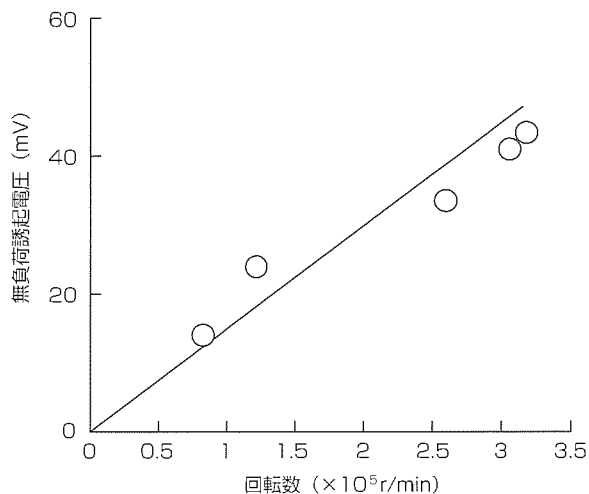


図5. 誘起電圧の測定結果

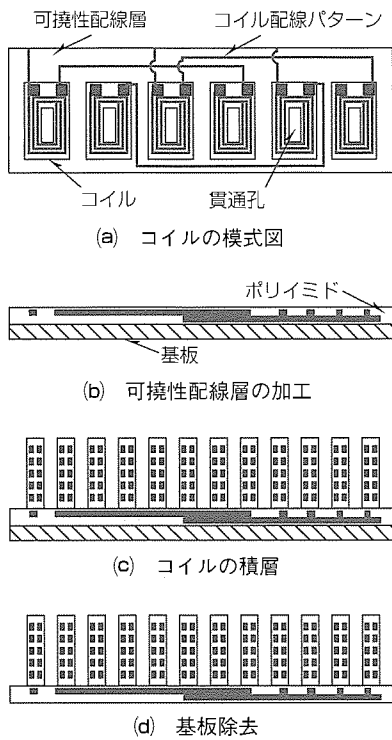


図6. マイクロモータのコイルの加工プロセス

となる。絶縁層としてSiO₂を用いることによって、絶縁層のアスペクト比を大きくして占積率を大きくすることができる。また、SiO₂を絶縁層とすることで、耐熱性も向上できる。

プラズマCVDでSiO₂を成膜した後⁽⁴⁾、反応性イオンエッチングにより、SiO₂を所定のパターンに加工して、コイルを形成する箇所に空隙部を形成する。この空隙部に電気めっきでCuを充填して、スパイラル型のコイルを形成することができる。これらのSiO₂のエッチングとCuの電気めっきを繰り返して多層のコイルを形成する(図の(c))。このようにして可撓性の配線層と多層コイルの加工を行った後、基板を除去して可撓性のコイルを得ることができる(図の(d))。

3.2 マイクロモータの作製プロセス

次に、前節で示したプロセスで得られたコイルを用いてマイクロモータの固定子を作製する方法について述べる。

図7にマイクロモータの作製プロセスを示す。図の(b)に示すように、コイルを巻き付けるコアを二つに分割して、ティース部とコアバックをワイヤ放電加工機で加工する。コイルをティース部に巻き付け(図の(c))、これにコアバックを接着して固定子を作製する(図の(d))。

固定子のティース部はスロットが分割された形状とはなっていないが、これは、スロットが分割されているとコイルの巻き付け後に固定子を円筒形に形成することが困難なためである。

また、回転子は、以下の手順で作製した。まず、軸を所

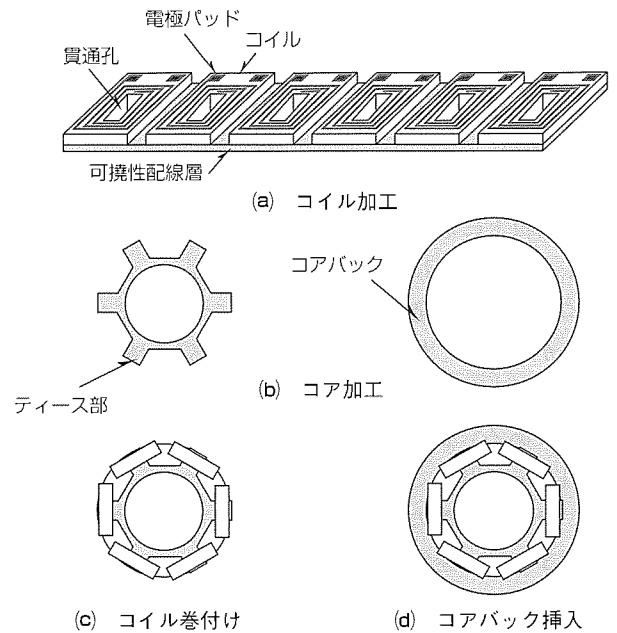


図7. マイクロモータの作製プロセス

定の寸法に機械加工する。次に、永久磁石をワイヤカット放電加工機で作製して、軸に挿入し、同軸加工を行った。この永久磁石にはFe-Nd-B系の焼結磁石を用い、回転子の加工後2極に着磁した。最後に、固定子及び固定子の支持部を接着し、回転子と軸受を組み込んでマイクロモータを作製した。

3.3 マイクロモータの試作結果

多層コイルの加工結果の一例を図8に示す。コイルの1層のターン数は10ターンで、5層に形成した。

図8(a)に可撓性の配線層の加工後の写真を示す。図3(a)に示した結果は図6(b)のプロセスに相当する。配線層は2層に形成されており、コイル間の配線パターンの幅は約70μmである。

図8(b)に、可撓性の配線層の上に形成したコイルの断面の写真を示す。図から、幅が約8μm、高さが約18μmのコイルが形成されていることが分かる。

また、図8(c)には、基板を除去した後(図6(d)のプロセスの終了後)の写真を示す。コイルの貫通部の端部に白抜き矢印で示した箇所は、基板のエッチング時の保護膜である。この膜の厚さは400Å以下の厚さであり、コイルはSiO₂の絶縁層で覆われているので、使用上の問題はない。

次に、作製した多層コイルを用いてマイクロモータを試作した。図9に、主要な部品として、固定子と回転子の顕微鏡写真を示す。図の(a)には、可撓性を持つコイルを折り曲げてティース部に挿入し、コイルを挿入した後にコアバック部を接着した後の顕微鏡写真を示す。図の(a)に示した加工結果から、可撓性の配線層上に作製したコイルが折り曲げられて、立体的な形状に形成されていることが分かる。図の(a)に示したコアは、厚さが0.35mmのけい素鋼

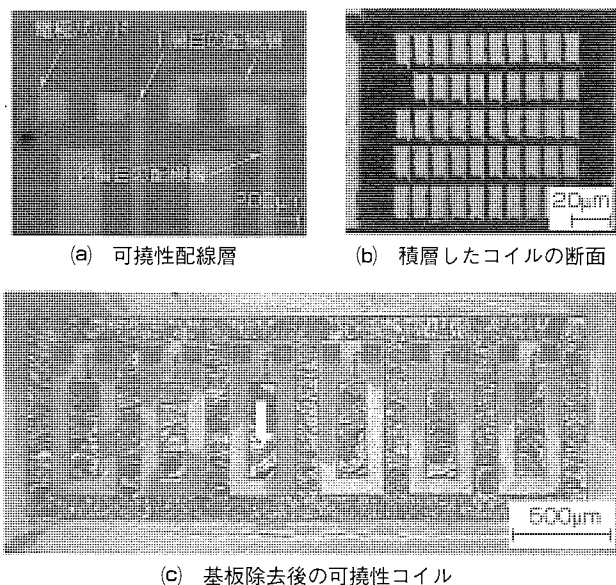


図8. 加工後のコイルの写真

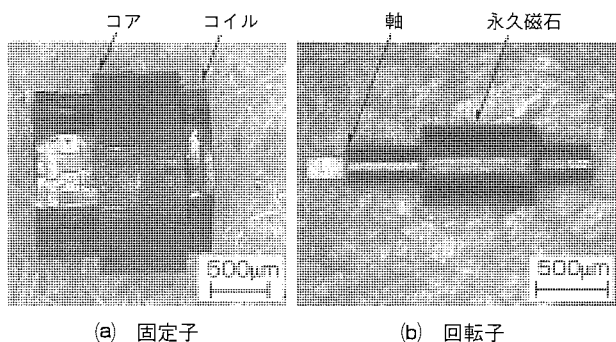


図9. マイクロモータの固定子と回転子

板を2枚重ねたものである。また、図の(b)に示した回転子の直径は0.76mmである。

最後に、作製した固定子と回転子を組み込んでマイクロモータを試作した。試作したモータの直径は1.6mm、長さは2mmである。また、固定子の内径は0.8mmであり、固定子と回転子の間のラジアルギャップは20μmである。このモータは最大48,000r/minの回転数で回転できることが確認されている。

3.4 マイクロモータのトルク評価

3.4.1 測定方法

最後に、試作したモータのトルクの評価法について述べる。従来の評価法では、弾性ばねを出力軸に押し付けて測定する手法があるが、接触部分での摩擦損失が無視できないほどに大きくなるため、微小なトルクの測定が困難になる。そこで、モータに負荷を与える手段として、風力を用いる方法を考案した。

図10に測定方法を示す⁽⁵⁾。まず、モータの出力軸に4枚の羽を持つ衝動タービンを取り付ける。このタービンの周囲にフランジを配置する。図の(b)に示すように、この

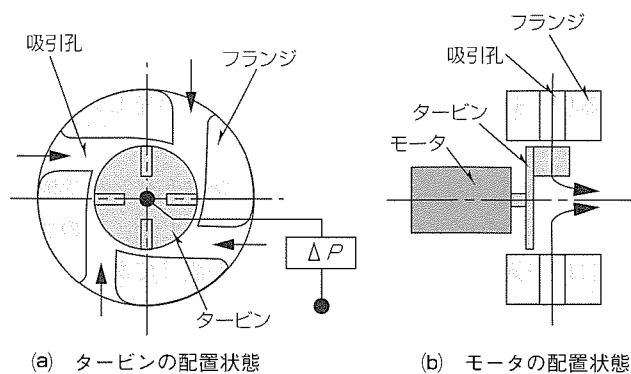


図10. 微小トルクの測定法の模式図

フランジにはタービンの羽根の枚数と同じ4個の空気の吸引孔を設ける。モータを回転させた状態で空気を吸引孔から吸い込んでタービンに風圧を与えることにより、モータに負荷を作用させる。吸引孔は90°間隔で位置をずらしてタービンに偶力が作用するように構成し、モータの軸受に余分の負荷が加わらないように構成してある。

空気を吸引したとき、フランジの内側と外側(大気)とで差圧が発生する。モータに作用する負荷 F_m は、フランジに設けられた空気の吸引孔の断面積 S に差圧 ΔP を積算したものに等しく、式(1)で与えられる。

$$F_m = \Delta P \times S \dots\dots\dots(1)$$

ここで、

- ΔP : フランジの内部と外部の差圧(Pa)
- S : 空気の吸引孔の面積(m²)

モータのトルク T は、式(1)で与えられる負荷 F にタービンの羽根の平均半径 r_m を積算した値となる。図に示すようにタービンの羽根の枚数が4枚であるので、空気を吸引したときにモータに作用するトルク T は次式で与えられる。

$$T = \Psi \times 4 \times r_m \times F_m \\ = \Psi \times 4 \times r_m \times S \times \Delta P (N \cdot m) \dots\dots\dots(2)$$

ここで、

- r_m : タービンの羽根の部分の平均半径(m)
- Ψ : 実験定数

式(2)中の Ψ は実験によって求める定数である。空気が吸引孔から噴き出されたときの圧力損失やタービンとフランジの間の空気の漏れによる損失などがあり、これらの損失を解析的に求めることが困難であることによる。そこで、特性が明らかになっている市販のDCモータのトルクを測定し、この測定結果から Ψ を求めておく必要がある。そして、同じタービンを用いて、マイクロモータのトルクを測定することができる。

3.4.2 トルク評価装置

図10に示した測定原理に基づいて評価装置を試作した。図11に装置の模式図を示す。装置は、モータに風圧

を与えるためのタービン、吸引孔を持つフランジ、チャンバ、クリーナー、風圧を調整する弁、チャンバの圧力を測定する圧力センサや回転数を測定するための光センサ等からなる。

図11に示すように、この装置は二つのチャンバで構成し、これらのチャンバ間にフランジを配置した。このフランジには空気を吸入するための吸引孔が設けてある。モータにタービンを固定して、モータをフランジ内に挿入した。クリーナーで空気を吸引してタービンに風圧を作用させ、モータに負荷を与えた。クリーナーによる空気の吸引時に二つのチャンバ間に圧力差が生じるとモータがクリーナー側チャンバに吸い込まれる力が作用してモータの軸方向に余分の負荷が生じることが予想された。このため、これらのチャンバ間に通気孔を設けて、二つのチャンバ間で圧力差を生じないようにした。

3.4.3 トルクの測定結果

図12に、停止する直前の圧力値からトルクを算出した結果を示す。図から、試作したマイクロモータは、回転数が5,000r/minのとき、最大 $4.8 \times 10^{-7} \text{N} \cdot \text{m}$ のトルクを持つことが分かる。そして、回転数が増加するとトルクは減少することが分かる。これは、回転数の増加に伴って、軸受部での機械損失が増加するためと考えられる。

4. む す び

マイクロ電磁デバイスとしてマイクロ発電機とマイクロモータを取り上げ、その加工プロセスを開発した。また、マイクロモータのトルクを測定する手法を考案して、評価が可能であることを示した。これらの加工・評価技術は、電磁デバイスの超小型化を達成する上で重要なものであり、将来、高効率の電磁デバイスの実現に有効である。

なお、この研究の一部は、経済産業省の産業科学技術研究開発制度に基づく「マイクロマシン技術の研究開発」の一環として、NEDOから委託を受けた(財)マイクロマシンセンターの再委託業務として、三菱電機が実施したものである。

参 考 文 献

(1) Chong, H., Yong, J. K., Mark, G. A. : A Planar Variable Reluctance Magnetic Micromotor with Fully Integrated Stator and Wrapped Coils, Proc. of IEEE Micro Electro Mechanical Systems, 1~6 (1993)
 (2) Guckel, H., Christenson, T. R., Skrobis, K. : A First

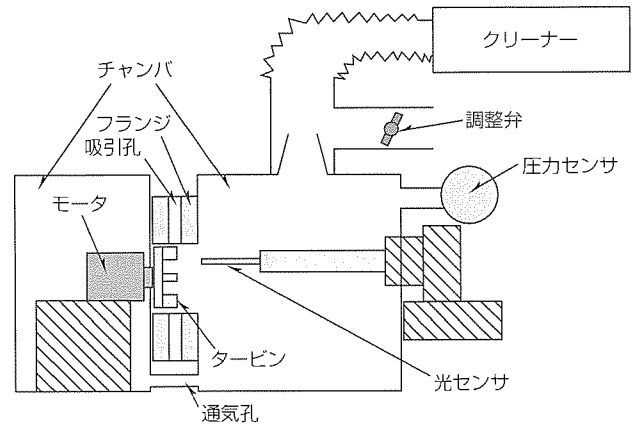


図11. 微小トルク評価装置の模式図

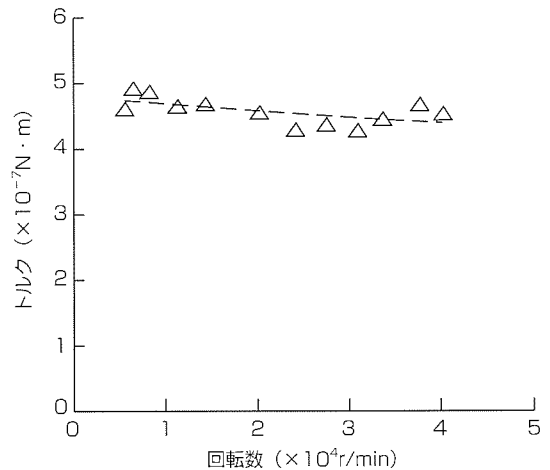


図12. マイクロモータのトルクの測定結果

Functional Current Excited Planar Rotational Magnetic Micromotor, Proc. of IEEE Micro Electro Mechanical Systems, 7~11 (1993)

(3) Ota, H., Araki, T., Narumiya, H., Oda, T., Kobayashi, M. : Coil Winding Process for Radial Gap Type Electromagnetic Devices with Cylindrical Stator, Proc. of IEEE Micro Electro Mechanical Systems, 325~331 (1996)
 (4) 太田 斎, 小原隆雄, 武田宗久 : 低残留応力膜の形成, 日本機械学会関西支部第76回定時総会講演会講演論文集, 45~46 (2001)
 (5) Ota, H., Luming, L., Takeda, M., Narumiya, H., Ohara, T., Namura, K. : Torque Measurement Method using Air Turbine for Micro Devices, Proc. of Micro Electro Mechanical Systems, 223~228 (2000)

新三次元シリコンエッチング技術

大路 浩*
出尾晋一*
堤 和彦**

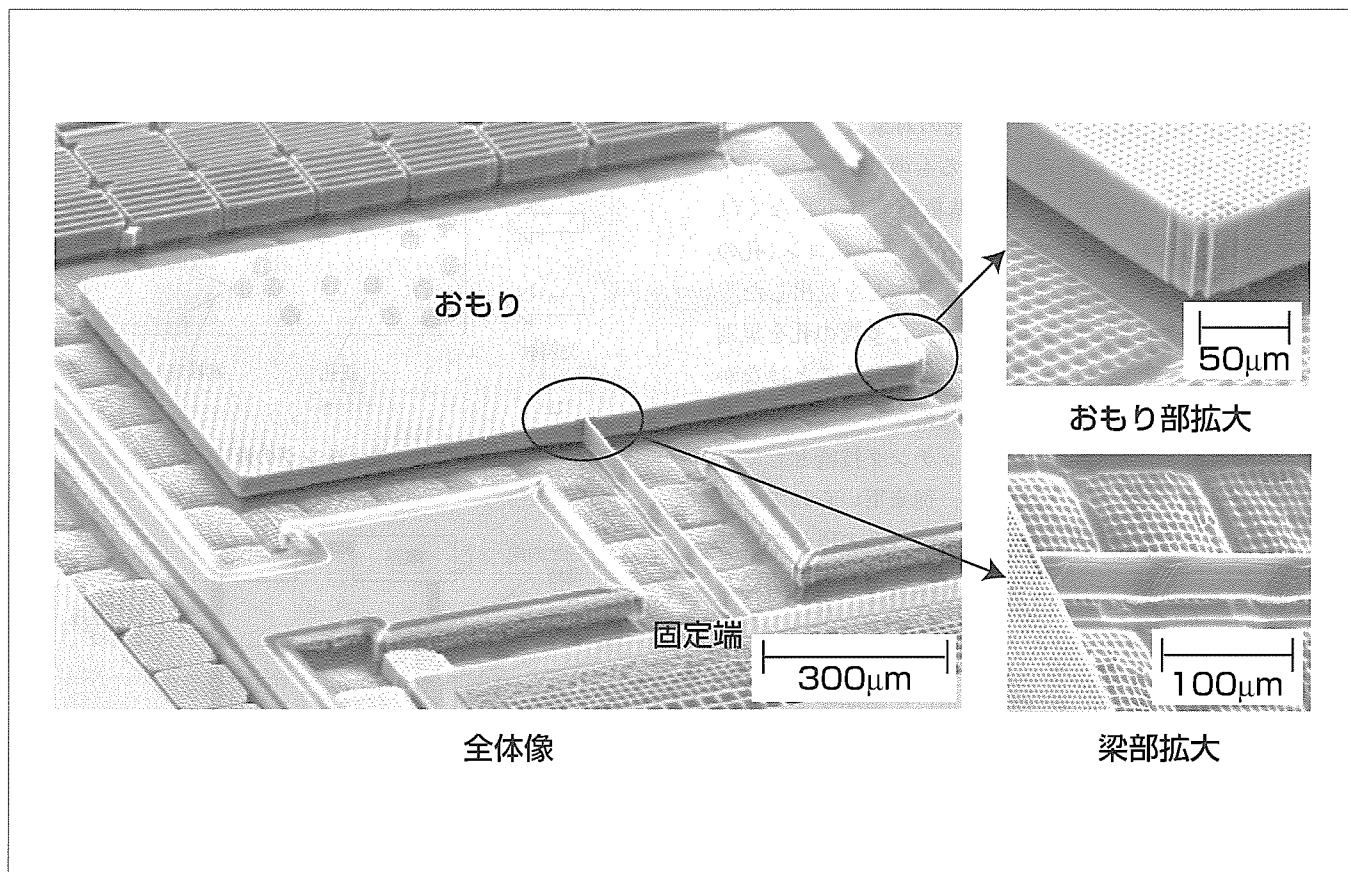
要 旨

近年、デバイスの小型化・高性能化が強く求められ、これを実現するため、マイクロマシニング技術を用いてシリコン基板上にデバイスを一括大量生産する試みが行われている。マイクロマシニング技術はセンサやアクチュエータを中心に開発が進められてきたが、近年、バイオケミカルデバイスや高周波デバイスへの適用検討も積極的に進められている。このような状況の中で、デバイスの形状を作り出すエッチング技術には、微細な加工と同時に、シリコン基板上に三次元形状を容易に作り出すことが切望されている。三菱電機では、このような要求を満たすことができる新しいシリコンのウェットエッチング技術を開発した。

今回開発した技術は、エレクトロケミカルエッチング技

術を発展させたものである。従来は規則的な孔をあけることに使われていたこの技術を、シリコンの三次元構造体を作製するための技術として開発した。このエッチング技術により、アスペクト比(エッチング深さ/エッチング幅)が60を超える溝の作製や、従来シリコン三次元構造体作製のために必要であった工程数を大幅に削減することが可能となった。さらに、従来のドライエッチング装置と比較すると、装置価格を1/10以下に抑えることができる。

現在このエッチング技術を適用した車載用の加速度センサの開発を進めており、中空構造を持つ加速度センサ構造を一工程で作製することに成功した。



エレクトロケミカルエッチングによって作製された加速度センサ構造

加速度センサを想定した構造体を、エレクトロケミカルエッチングによって作製した。従来、中空構造体を作製するには複数の工程を組み合わせなければならなかったが、写真に示した構造体は、エレクトロケミカルエッチングによって一工程で作製された。多数の孔のあいたおもりが一本の片持ちはり(梁)で保持されており、終端で基板に固定されている。おもり、片持ち梁ともに、基板から完全に切り離されているのが分かる。

*先端技術総合研究所 **同研究所(工博)

1. ま え が き

近年、デバイスの小型化・高性能化が強く求められ、これを実現するため、マイクロマシニング技術を用いてシリコン基板上にデバイスを一括大量生産する試みが行われている。このような状況の中で、センサやアクチュエータなどでは、マイクロマシニング技術を用いた製品が既に実用化されている。マイクロマシニング技術は、半導体微細加工技術を応用して発展してきている。一般に半導体デバイスでは表面的な加工が多いが、これに対してマイクロマシニング技術で作製されるデバイスは立体構造を持つものが多く、三次元的な加工が求められる。しかし構造体を作り出すシリコンエッチング技術は半導体デバイスで用いられる技術とは異なり、このため、種々のシリコンエッチング技術がマイクロマシニング独自技術として開発されてきている。

本稿では、シリコンのウェットエッチング技術として開発したエレクトロケミカルエッチング技術、及びその応用について述べる。

2. エレクトロケミカルエッチング

2.1 エレクトロケミカルエッチングとは

エレクトロケミカルエッチング(ECE)は、ポーラスシリコンを作製するための技術として1950年代から研究されている。ECEの歴史は古いが、研究の対象は主にポーラスシリコンの生成メカニズムに関するものであった。'90年代に入りドイツのリーマンらが、基板表面に小さなくぼ(窪み)を作ることによってマクロポーラスシリコン(孔の径が50nm以上)の孔の位置を制御できることを見出した⁽¹⁾。しかしながら、それ以降もシリコン基板に多数の孔を規則正しく作製すること以外にこの技術が使われることはなかった。我々は、この技術を孔の作製技術から発展させ、シリコンの構造体を作製するためのエッチング技術としてとらえて開発を進めてきた。その結果、従来用いられているシリコンのエッチング技術とは異なる幾つかの優れた特長を持ち、かつ、シリコンのエッチング技術として有望であることを明らかにした。

2.2 エッチングの原理

エッチングの原理について図1を用いて説明する。このエッチング技術は、マクロポーラスシリコンを作製する技術を基礎としている。マクロポーラスシリコンはn型のシリコン基板に形成することができる。シリコンがエッチング溶液に溶け出す電気化学反応は、正孔がシリコンとエッチング溶液の界面に到達することによって始まる。n型シリコン基板では、電子が多数キャリアであるため、正孔はシリコン基板内にはほとんど存在しない。これを補うためシリコン基板の裏面から光を照射することによって電子-

正孔対を生成し、シリコン溶解のための電気化学反応に供する。このとき、シリコン基板表面にはエッチングを行いたい箇所にあらかじめ小さな窪みを形成しておく。裏面で生成された正孔はこの窪みに集まり、選択的にシリコンの溶解反応が進行する。このようにして、このエッチング技術では、シリコン基板の表面に対して垂直な孔を作製することができる。

2.3 ECE技術

図2にECEの装置を示す。エッチングは5wt%のふっ酸水溶液中で行う。このとき、シリコン基板を陽極として対向電極である白金との間に電圧を印加する。シリコン基板は中心部に穴があけられた銅製の基板ホルダに保持され、この穴を通してシリコン基板の裏面を白色光で照射する。エッチングは電流値をモニタしながら実施し、この電流値は光の強度によって制御される。

図3(a), (b)にECE技術を用いて作製したシリコンの構造体を示す。深さのそろった均一な孔(図の(a))や深く細い溝(図の(b))を作製することができる。図の(a)の孔の深さは90 μm 、また図の(b)の溝の深さは75 μm 、幅が1.2 μm であり、アスペクト比(深さと幅の比)は60を超えている。このように、ECEでは、微細な構造体を簡単に作製することができる。

ECEにおいて、電気化学反応は光照射によって生成し

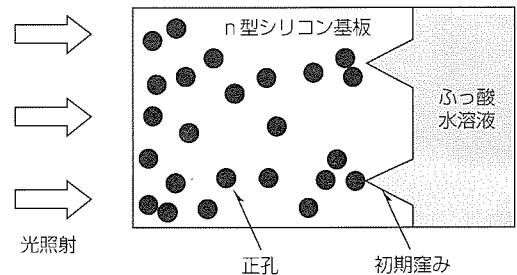


図1. エッチングの原理

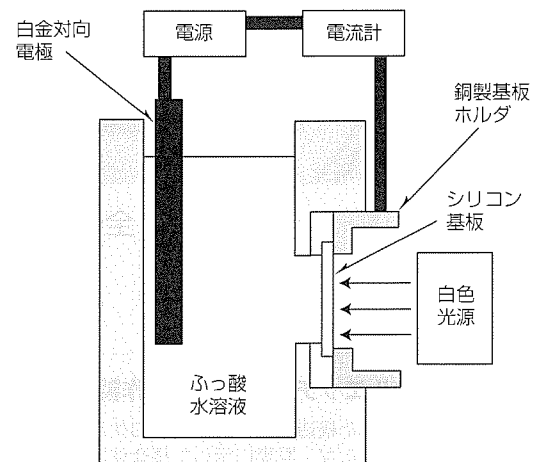


図2. ECEの装置

た正孔を用いており、光の強度がエッチングの状態を決める重要な要素の一つとなっている。図4に、光強度とエッチング速度の関係を示す黒丸で、光強度とエッチングされた孔の径の関係を示す白丸で示す。エッチング速度は光の強度変化の影響を受けず、ほぼ一定の値1.7 $\mu\text{m}/\text{分}$ となっている(黒丸)。これに対して、エッチングされた孔の径は、光の強度の増加に従って広がっている(白丸)。このように、ECEでは、エッチングされる孔径や溝幅を外部からの光の強度によって制御できる。さらに、シリコンが溶解する電気化学反応は孔又は溝の先端でのみ起きるため、エッチング中に光の強度を変化させても、既に形成された孔や溝には影響を与えない。このため、新たにエッチングされる領域にのみ光の強度変化が影響することになり、深さ方向にエッチング幅を変化させることができる。

3. ECE技術の応用

3.1 センサへの応用

ECEが幾つかの優れた特長を持つことを示してきた。これらの特長を活用できる分野の一つとして、加速度センサへの応用を示す⁽²⁾。マイクロマシニング技術を用いてシリコン基板上に加速度センサを作製する場合、加速度の印加によって可動する部分を作製し、この可動部の変位を電気信号に変換して加速度を計測する。このように、加速

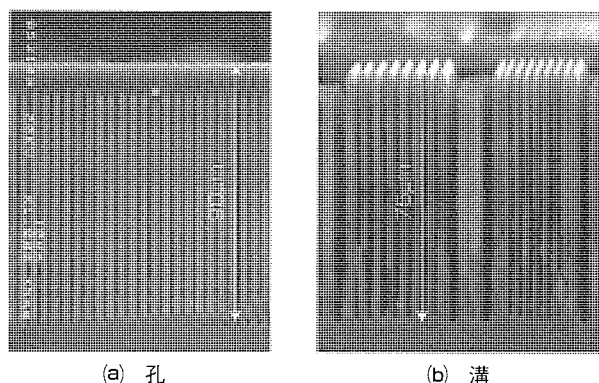


図3. ECE技術によって作製した構造

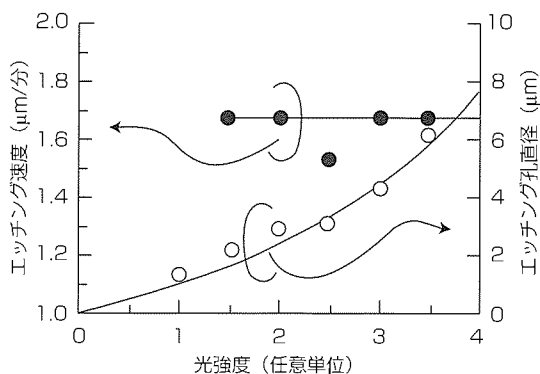


図4. ECEの基本特性

度センサには、シリコン基板から切り離された中空構造が必要となる。ECEでは、前に述べたように、孔径や溝幅を光の強度によって変化させることができる。この現象を更に発展させ、所望の深さまでエッチングを行った後、光の強度を十分に強くし、孔や溝の幅を広げ、隣り合う孔や溝をシリコン基板内部でつなげ、中空構造を簡単に作製することができる。図5に加速度センサの模式図を示す。おもりの部分に加速度が印加されると、このおもりの部分の質量と加速度の積に相当する力が発生し、片持ち梁に掛かる。固定端で固定された片持ち梁は、この力の大きさに比例してたわむ。片持ち梁の終端にピエゾ抵抗(ひずみによって抵抗値が変化する素子)を形成し、片持ち梁のたわみを測定し、加速度に変換する。図6にECEを用いて作製した加速度センサ構造のSEM写真を示す。基板から切り離された質量体(1mm \times 0.5mm)が一本の片持ち梁(長さ0.5mm, 幅6 μm)で保持され、固定端でシリコン基板に接続されている。ECEを用いることにより、複雑な三次元構造体を一工程で簡単に作製できることが明らかとなった。

3.2 p型基板への適用

従来、p型基板にマクロポラスシリコンを形成するのは困難であると考えられてきた。しかしながら、非水系のふっ酸溶液をエッチング溶液として用いるとマクロポラスシリコンの形成が可能であることが明らかとなってきた。図7に、p型シリコン基板に対してECEを適用し、溝構造を作製した例を示す。このようにp型シリコンにおいても、ECE技術を適用し、シリコン構造体の作製が可能であることを明らかにした⁽³⁾。

3.3 ウェーハサイズのエッチング

デバイスへの応用のためには、ウェーハサイズでのエッチングが重要となる。我々は、ウェーハ対応のためのエッチング装置を開発中であるが、図8に示すように、76mm(3インチ)ウェーハの中央部と端部で均一なエッチングを行うことができた⁽⁴⁾。今後さらに、ウェーハサイズの大口径化を目指すとともに、エッチングの均一性の向上を図る。

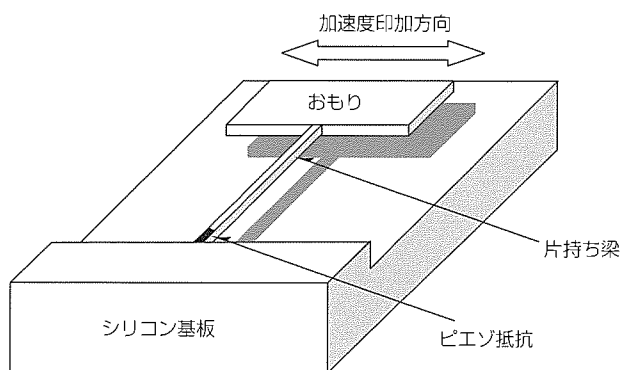


図5. 加速度センサ模式図

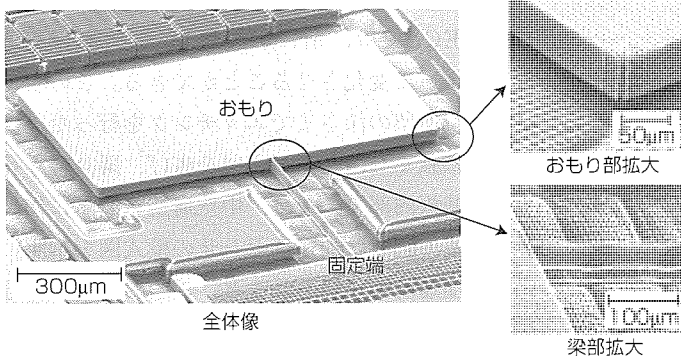


図 6. 中空構造を持つ加速度センサ構造

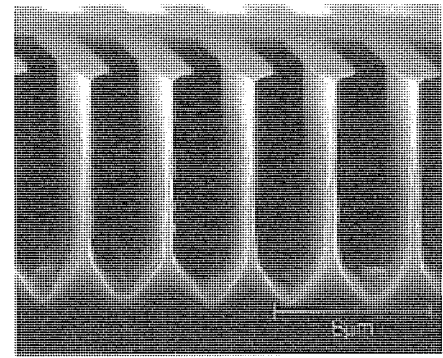
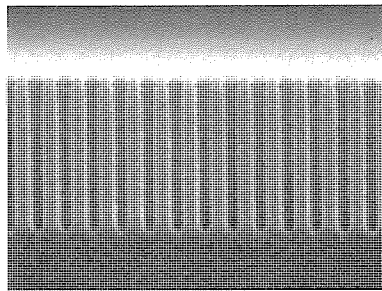
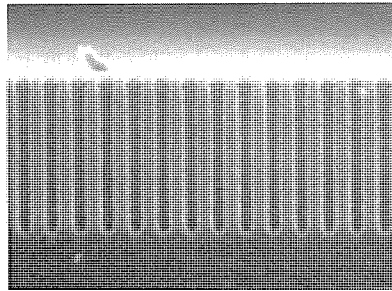


図 7. ECEのp型シリコンへの適用例

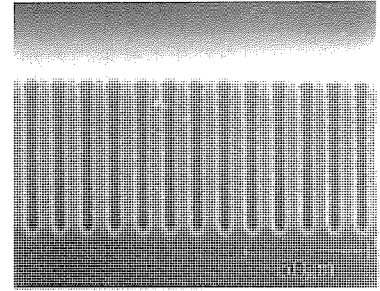
特集
1



(a) 中央より左30mm



(b) 中央



(c) 中央より右30mm

図 8. 76mm (3 インチ) ウェーハでのECE

4. む す び

マイクロマシニングに適用する新しいウェットエッチングの手法としてエレクトロケミカルエッチング技術を開発した。この技術は、特にシリコンの微細加工、三次元形状の作製に優れており、センサなど複雑な三次元形状を持つ構造体の作製に適している。さらに、従来のドライエッチング装置と比較すると装置価格は1/10以下であり、このエッチング技術を用いた製品の実用化において有利になると期待される。

今後、センサ等のデバイス応用とともに、ウェーハサイズでのエッチング装置の開発を進めていく。

参 考 文 献

(1) Lehmann, V., Foll, H.: Formation Mechanism and

Properties of Electrochemically Etched Trenches in n-Type Silicon, J. Electrochem. Soc., 137, 653~659 (1990)

- (2) Ohji, H., Gennissen, P. T. J., French, P. J., Tsutsumi, K.: Fabrication of a Beam-Mass Structure using Single-Step Electrochemical Etching for Micro Structure (SEEMS), J. Micromech. Microeng., 10, 440~444 (2000)
- (3) Ohji, H., French, P. J., Tsutsumi, K.: Fabrication of Mechanical Structures in p-type Silicon using Electrochemical Etching, Sensors and Actuators, A 82, 254~258 (2000)
- (4) Ohji, H., Izuo, S., French, P. J., Tsutsumi, K.: Macro-porous Based Micromachining on Full Wafers, Proceedings of Eurosensors 2000, 415~418 (2000)

微小ポリシリコン構造体の強度特性評価

濱田 繁* 大谷 浩**
 谷 周一* 吉川英治***
 堀川牧夫**

要 旨

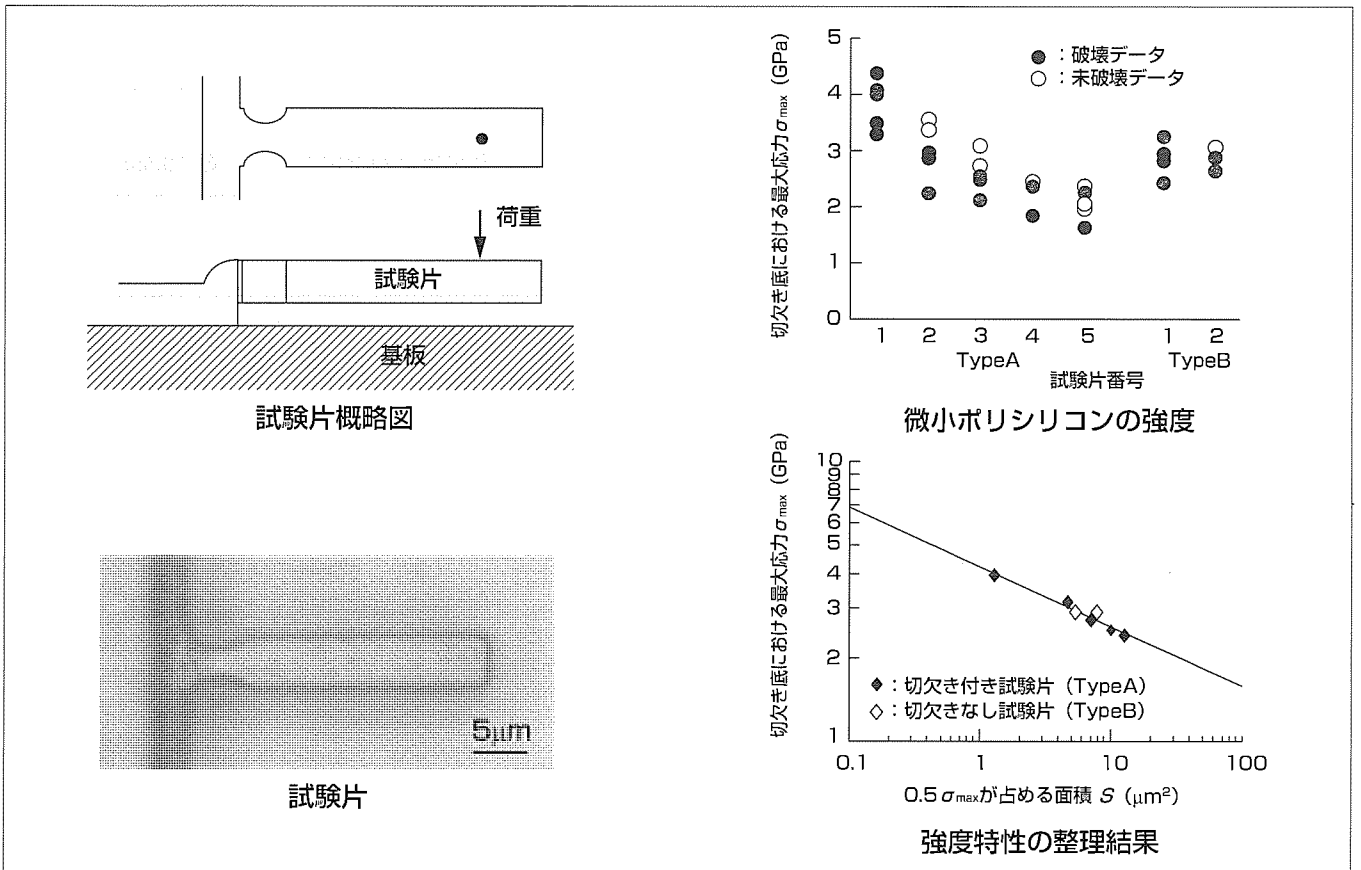
DMD(Digital Micromirror Device)やマイクロセンサ等に代表されるミクロンオーダーのMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)構造体には、主に微小ポリシリコンが用いられる。そのため、MEMS構造体を設計する際には、微小ポリシリコンの強度特性データベースの構築が不可欠である。一般的に、機械構造物は応力集中軽減のため角部にR加工が施されるが、半導体プロセスによって形成されるMEMS構造体は、マスクパターンに依存した角張った形状を呈する。したがって、角部の応力集中を十分考慮しなければならない。

本稿では、応力集中の程度を変化させたミクロンオーダーのポリシリコン片持ちり(梁)試験片を数種類作製して、その曲げ強度試験を行い、応力集中の程度と強度特性の関

係を明らかにした。また、試験に対応した有限要素法解析を行い、破壊現象の定量評価を試みた。その結果、

- (1) ポリシリコンはぜい(脆)性的な破壊を呈した。また、微小ポリシリコンは、強度が1,500MPa以上であり、一般的構造物の寸法(mm~)の強度特性とは掛け離れた高い強度特性を持っている。
- (2) 破壊起点部に作用する最大応力と応力の分布の広がり(広がりを示す面積)を用いた2パラメータによる評価を行うことで、応力集中部を持つ微小ポリシリコンの統一的な強度評価が可能である。

といった有益な知見を得るとともに、強度特性データベース及び評価手法を構築できた。



微小ポリシリコン構造体の強度特性評価用試験片と試験結果

微小ポリシリコン構造体の強度特性を評価するため、応力集中部を持つ片持ち梁試験片を作製し、曲げ試験を行った。図は試験片の形状及び試験結果を示すものである。

1. ま え が き

DMD⁽¹⁾やマイクロセンサ⁽²⁾等に代表されるミクロンオーダーのMEMS⁽³⁾構造体には微小ポリシリコンが用いられることが多い。そのため、MEMS構造体を設計する際には、微小ポリシリコンの強度特性データベースの構築が不可欠である⁽⁴⁾⁽⁵⁾。一般的に、機械構造物は応力集中軽減のため角部にR加工が施されるが、半導体プロセスによって形成されるMEMS構造体はマスクパターンに依存した角張った形状を呈する。したがって、このような微小構造物の強度設計を行う際には、MEMS構造体の構造的特徴である角部の応力集中を十分考慮しなければならない。

本稿では、応力集中の程度を変化させたミクロンオーダーのポリシリコン片持ち梁試験片を数種類作製して、その曲げ強度試験を行った。また、試験に対応したFEM(有限要素法)解析を行った。

2. 試験方法と結果

2.1 試験片形状と試験条件

試験は片持ち梁の曲げ試験を室温大気中で行った。試験片形状を図1に、試験片の写真を図2に示す。また、試験

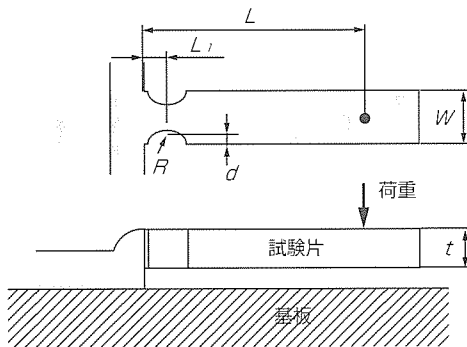
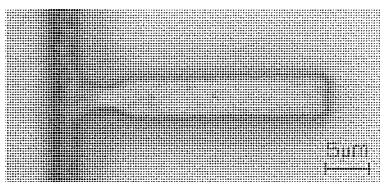
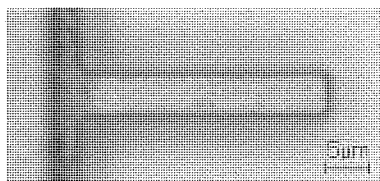


図1. 試験片形状



(a) 切欠き付き試験片(Type A No.3)



(b) 切欠きなし試験片(Type B No.2)

図2. 試験片の写真

片寸法を表1に示す。これらの試験片は、表面マイクロマシニングプロセスにより、3.5μm厚のポリシリコン薄膜から作製した。基板は単結晶シリコンであり、片持ち梁と基板のすき(隙)間は2μmである。この試験において、2種類の形状の試験片を準備した(Type A及びB)。Type A試験片の根元には、5種類(1~5μm)の切欠きを導入した。Type B試験片には、切欠きを導入していないが、試験片の顕微鏡観察によって曲率半径1μmのRが根元に観察された。これは表面マイクロマシニングプロセスによるものである。

微小片持ち梁の曲げ試験には、超微小硬度計を用いた。表2に試験機の諸元を、表3に試験条件を示す。荷重条件は試験片の長さに応じて変化させた。

2.2 試験結果

図3に、試験によって得られた荷重と変位の関係の例を示す。この図から、ポリシリコンは室温においては最終的な破断まで弾性的に変形する、つまり脆性的な挙動を示すことが分かる。図において、Type A No.3試験片の挙動は他の結果とA領域において異なることが分かる。これは、Aの時点において片持ち梁の自由端が基板に接触していることを示している。

図4に破面の一例(Type A No.1試験片)を示す。破壊の起点が明確に確認できる。破壊起点は、梁の根元の引張り側である。また、破面には他の脆性材料と同様なりバーバ

表1. 試験片寸法(単位: μm), (厚さ3.5μm)

Type	No.	幅 (W)	長さ (L)	切欠き半径 (R)	切欠き深さ (d)	切欠きまでの距離 (L _i)
A	1	5	15	1	1	1
	2			1	2	
	3			1	3	
	4			1	4	
	5			1	5	
B	1	5	15	no	no	no
	2			no	no	no

表2. 試験機の諸元

試験力範囲	0.1~1.961 (mN)
測定最小単位	0.2 (μN)
測定範囲	0~10 (μm)
測定最小単位	0.001 (μm)
圧子	三角すい(錐)圧子
圧子先端曲率半径	0.1μm以下
変位測定方法	差動トランス式
荷重負荷方式	電磁コイル式

表3. 試験条件

試験片	最大荷重	荷重負荷速度
Type A No. 1 ~ 5, Type B No. 2	1.96mN	1.421mN/s
Type B No. 1	9.8mN	14.21mN/s

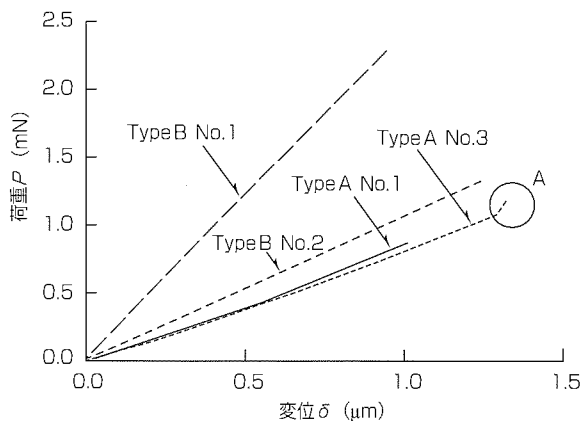
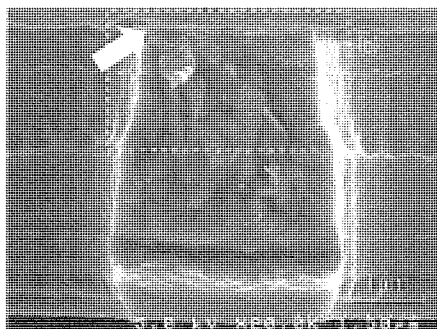
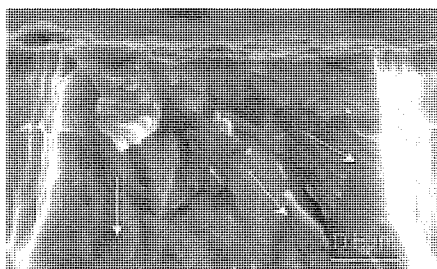


図3. 試験における荷重と変位の関係の例



(a) 破面の全体像(矢印は破壊起点を示す)



(b) 破壊起点付近拡大図(矢印はき裂の進展方向を示す)

図4. 試験片の破面

ターン⁽⁶⁾(破面に観察される、き裂の進行方向を示す条こん(痕))が確認できる。

3. 微小片持ち梁の有限要素解析

3.1 有限要素モデルと解析方法

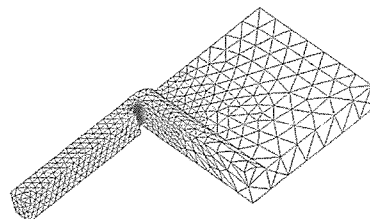
試験における破壊を定量化するため、三次元有限要素法解析を行った。表4に解析条件を示す。また、図5に有限要素分割の例(Type A No.1及びType B No.1)を示す。上で述べたType B試験片根元における1 μ mのRもモデル化した。要素サイズは約1 μ mであり、梁根元切欠き底の応力集中部の要素サイズは約0.1 μ mとした。表5に解析に用いた材料物性値を示す。荷重点に1 μ mの変位を与えた際に発生する応力を求めた。

3.2 解析結果

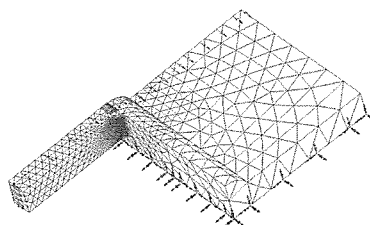
表6に解析によって得られた梁長手方向の最大応力を示

表4. 有限要素法解析における各条件

要素	三次元10節点三角錐
ソルバ	I-DEAS Master Series 7
負荷条件	荷重負荷点に1 μ mの変位を付加
要素数	約6,400
節点数	約11,000



(a) 切欠き付きモデル(Type A No.1)



(b) 切欠きなしモデル(Type B No.1)

図5. 有限要素モデルの例

表5. 有限要素法解析に用いた材料物性値

ヤング率	148GPa
ポアソン比	0.2

表6. 有限要素法解析の結果(荷重点に1 μ mの変位を付加)

Type	No.	反力P (mN)	最大応力 σ_{max} (GPa)
A	1	1.17	4.43
	2	1.19	3.47
	3	1.21	3.00
	4	1.23	2.67
	5	1.24	2.41
B	1	3.90	5.54
	2	1.42	3.08

し、図6に梁長手方向の応力分布の例(Type A No.1及びType A No.5)を示す。図4で示した破壊起点は最大応力が発生する梁根元の切欠き底とほぼ一致し、応力解析の妥当性を示している。さらに、切欠き底の応力が集中している面積は各モデルにおける応力集中の程度の違いによって異なっていることが分かった。

4. 考察

図7に、破断時における切欠き底の梁長手方向の最大応力(σ_{max})で整理した試験結果を示す。●で示した結果は破壊したデータであり、○で示したデータは上で述べたように梁先端自由端が基板に接触した時点の未破断データで

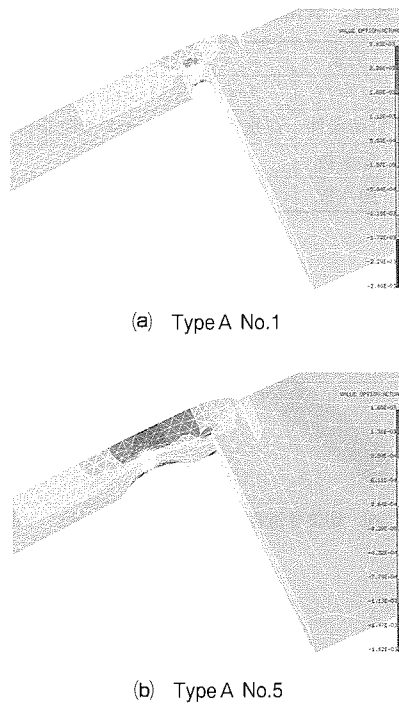


図6. 切欠き付近の応力分布の例

ある。図から、破断応力(σ_{max})は切欠き半径が大きくなると小さくなるのが分かる。これは、応力の分布が異なるためである。そのため、最大応力のみでは破壊現象を整理できないことが分かる。そこで、応力集中部における最大応力(σ_{max})と最大応力の50%の応力が占める面積による二つのパラメータを用いた整理方法を試みた。図8にその結果を示す。図における最大応力は、統計的に処理した未破断データを含む平均値⁽⁷⁾を用いた。最大応力(σ_{max})と最大応力の50%の応力が占める面積(S)の関係は次式で表される。

$$\sigma_{max} = 4.19S^{-0.212} \dots\dots\dots(1)$$

式(1)において、 S の単位は μm^2 であり、 σ_{max} はGPaである。式(1)は、微小片持ち梁の破壊を示し、微小ポリシリコン構造体の強度設計基準となるものである。

5. む す び

本稿では、応力集中の程度を変化させたミクロンオーダーのポリシリコン片持ち梁試験片を数種類作成してその曲げ強度試験を行い、応力集中の程度と強度特性の関係を明らかにした。また、試験に対応したFEM(有限要素法)解析を行い、破壊現象の定量評価を試みた。

強度試験とFEM解析の結果、

- (1) ポリシリコンは脆性的な破壊を呈した。また、微小ポリシリコンは、強度が1,500MPa以上であり、一般的構造物の寸法(mmオーダー〜)の強度特性とは掛け離れた高い強度特性を持っている。
- (2) 破壊起点部に作用する最大応力と応力の分布の広がり

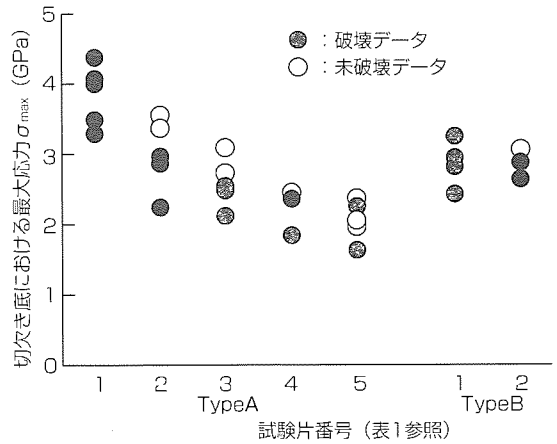


図7. 破断時の切欠き底における最大応力と試験片番号

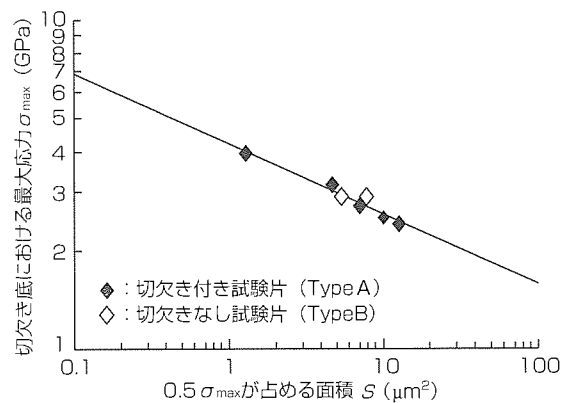


図8. 破断時の切欠き底における最大応力と $0.5\sigma_{max}$ の面積

(広がり)を示す面積)を用いた2パラメータによる評価を行うことで、応力集中部を持つ微小ポリシリコンの統一的な強度評価が可能である。

といった有益な知見を得るとともに、微小ポリシリコンMEMS構造体の強度設計に不可欠なデータベース及び強度特性評価手法を構築できた。

参 考 文 献

- (1) Douglass, M., Sontheimer, A. : Texas Instruments Technical Journal, **15**, No.3, 128~136 (1998)
- (2) Lüder, E. : Sensors and Actuators, **10**, 9~23 (1986)
- (3) Senturia, S. D. : Microsystem Design, Kluwer Academic Publishers (2000)
- (4) Greek, S., Ericson, F., Johansson, S., Schweitz, J. A. : Thin Solid Films, **292**, 247~254 (1997)
- (5) Tsuchiya, T., Tabata, O., Sakata, J., Taga, Y. : J. Microelectromechanical Systems, **7**, No.1, 106 (1998)
- (6) Hull, D. : Fractography, Cambridge University Press (1999)
- (7) Johnson, L. G. : The Statistical Treatment of Fatigue Experiments, Elsevier (1964)

超小型光学式距離センサ

岡 徹* 仲嶋 一**
白附晶英* Jürgen Mohr***
番 政広*

要 旨

産業やFA分野などで使用されるセンサの小型化・低コスト化・高機能化に対し、マイクロマシニング技術は、その課題を解決する一手法として注目されている。加速度センサやエアフローセンサなどは既に実用化されており、光学センサにおいても、マイクロマシニング技術が適用されたエンコーダや干渉計が研究されている。

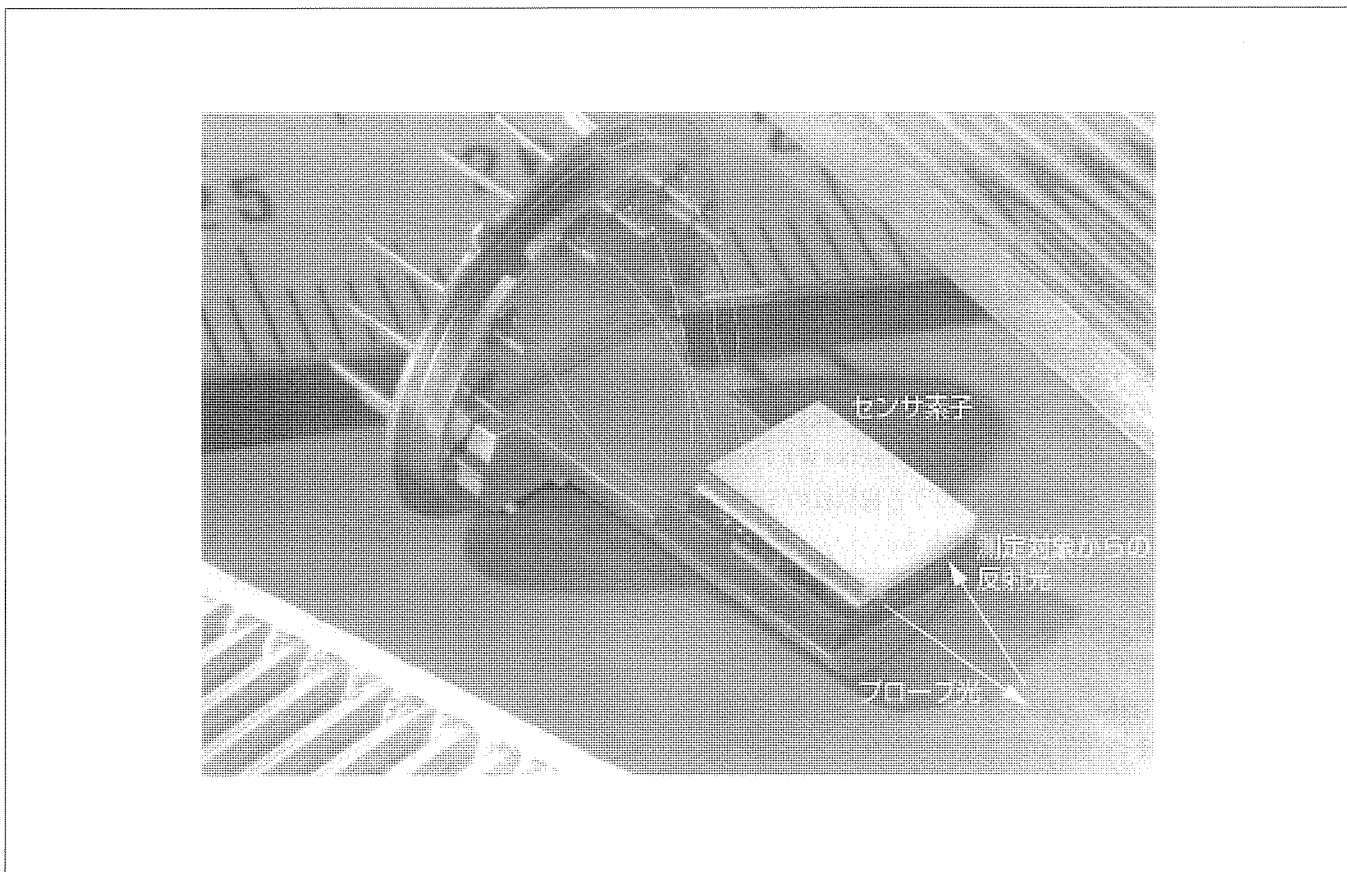
本稿では、三菱電機のマイクロマシニング技術を応用した開発事例として“超小型光学式距離センサ”を紹介する。

このセンサは、光学系基板と電気系基板で構成され、三角測量法に基づいて動作する。キーパーツとなる光学系の製作には“LIGA”プロセスを採用し、半導体レーザ、位置検出型素子などのE/O、O/E変換素子が搭載された電気

系基板はシリコンマイクロマシニング等で製作されている。

小型かつ複雑、高精度な光学系を実現するLIGAプロセスと新たに提案するアライメント手法により、径15mm×15mmと超小型ながら1mm、10mmの測定範囲を持つ光学式距離センサを実現した。さらに、マイクロマシニング技術の特長であるバッチプロセスにより、低価格化が期待でき、FA機器、半導体製造装置などへの埋め込みや多点測定など、従来困難であった新しいアプリケーションを創出する可能性を持っている。

この開発は、ドイツFZK(Forschungszentrum Karlsruhe)との共同研究で進めている。FZKはLIGAプロセスを開発した研究機関である。



試作した超小型光学式距離センサ

TO-8 GANパッケージ用のヘッダに搭載した試作センサを示す。パッケージング後のセンサ寸法が径15mm×15mmと超小型ながら、1mm、10mmの測定範囲を持つ従来にはない光学式距離センサを実現した。この写真では省略されているが、使用時には窓付きのキャップがかぶ(被)せられる。

1. ま え が き

光学式距離センサは多分野の製造ラインや製造設備に多く使用されているが、一般的にその大きさはタバコ箱程度であり、価格も数万円から数十万円と高価なものである。三菱電機では、従来その大きさ、価格面で困難であった光学式距離センサの機器への埋め込みというコンセプトを実現するために、マイクロマシニング^{(1)~(4)}技術を取り入れた“超小型光学式距離センサ”の開発を行っている。機器への埋め込みが可能となれば、高機能化や新たなアプリケーションの創出が実現できる。従来と同様の使用においても設備の省スペース化、機器自体の小型化が期待できる。

この開発ではレンズやミラーなど光学素子の製作にLIGA (ドイツ語の頭文字, Lithographie: リソグラフィ, Galvano-formung: 電鍍, Abformung: モールドイング) プロセス⁽⁵⁾を採用した。LIGAプロセスは、厚膜構造、加工精度、表面粗さ、材料の選択性の点で、他のマイクロマシニング技術よりも微小光学系の製作に適している。また、モールドイングによる大量生産が可能で低コスト化が期待できる。LIGAプロセスによって成形された光学系は半導体レーザ(LD)、位置検出型素子(Position Sensitive Device: PSD)などのE/O、O/E変換素子を備え、シリコンマイクロマシニング等で製作された電気系基板上に搭載される。

2. 超小型光学式距離センサの概要

この距離センサは、三角測量法に基づき、対象物体の位置、変位を検出する。光学系は、照射プローブ光を形成するプローブ光学系と対象物体からの反射光を検出する検出光学系に分けられる。図1、図2に超小型光学式距離センサの概略図を示す。このセンサは、LIGAプロセスによって一括成形されたマイクロ光学系とLD、PSD、LD光量をモニタリングするフォトダイオード(PD)を搭載した電気系基板上で構成されている。センサ素子の寸法は(W)7mm×(L)7mm×(H)3mmであり、そのうち複数枚のミラーを含むLIGA構造体の厚みは0.5mmである。

対象物体の変位はPSD上の光スポット位置の移動に変換される(図2)。LDから出射された光は2枚のミラーによって水平方向に、シリンドリカルレンズによって垂直方向に集束され、対象物体に照射される。照射された光は対象物体上で散乱し、その一部が図2左側のシリンドリカルレンズから検出光学系に入射する。入射光はシリンドリカルレンズと4枚のミラーによって垂直方向、水平方向にそれぞれ集束され、さらに図1のように45°ミラーで反射してPSD上で結像し検出される。PSD上の結像位置は対象物体の位置に依存するので、PSD出力から対象物体の位置と変位を測定することができる。

今回の開発では表1に示す2種類の距離センサを設計し、

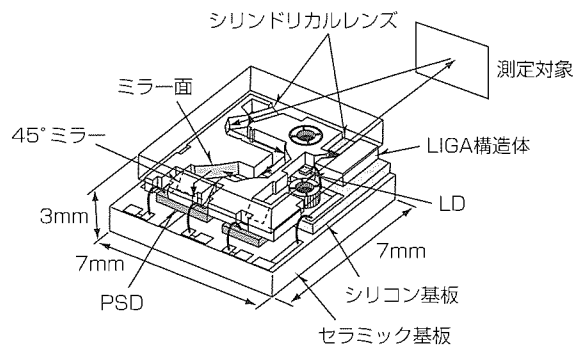


図1. 超小型光学式距離センサの概略図(斜視図)

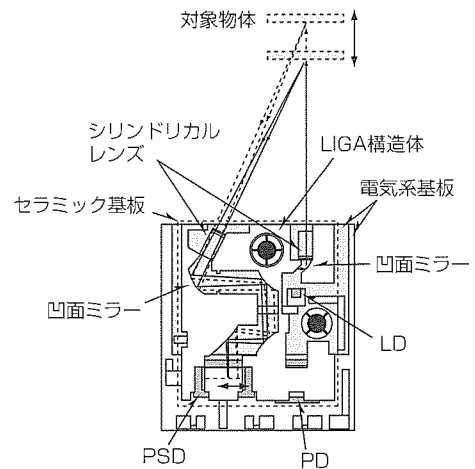


図2. 超小型光学式距離センサの概略図(平面図)

表1. 目標仕様

	測定範囲	作動距離*
Type1	1mm	6mm
Type2	10mm	16mm

*センサ端から測定範囲の中心までの距離

試作した。ミラー、レンズの形状を除き、センサ寸法は同じである。

3. 超小型光学式距離センサの製作

LIGA構造体、シリンドリカルレンズはX線リソグラフィによって成形される。LIGA構造体は、X線による成形の後、ミラー面を形成するために金蒸着が施される。図3はLIGA構造体のSEM写真である。写真右側がプローブ光学系、左側が検出光学系である。検出光学系には、迷光を除去するために、複数の絞りが設けられている。

図4は電気系基板の写真である。PSD、PDがセラミック基板上に、LDがシリコン基板上に搭載された後、2枚の基板はダイボンドによって接着されて電気系基板を構成する。なお、電気系基板はLDを除いてモノリシックに製作することも可能である。

LIGA構造体と電気系基板の組み付けには、二つの微小球をアライナとして使用する新たなアライメント法を適用

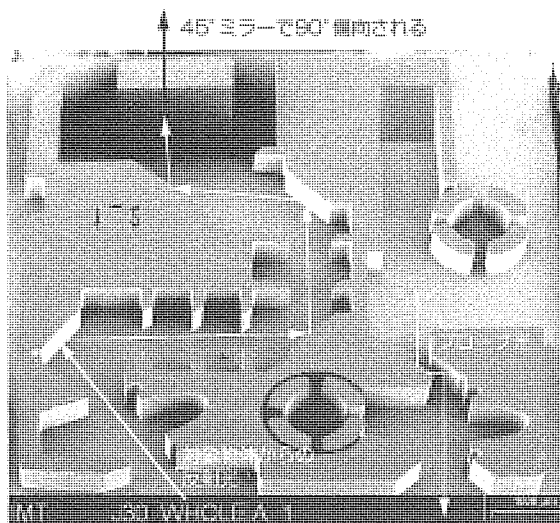


図3. LIGA構造体のSEM写真

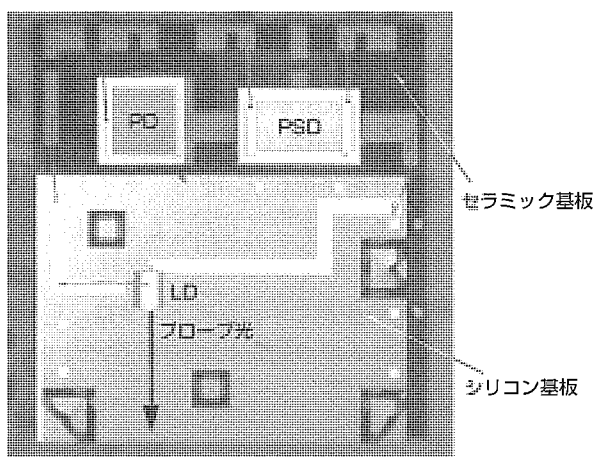


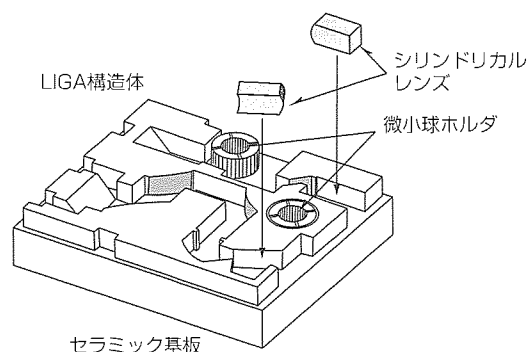
図4. 電気系基板

した。アセンブリ工程を図5に示す。

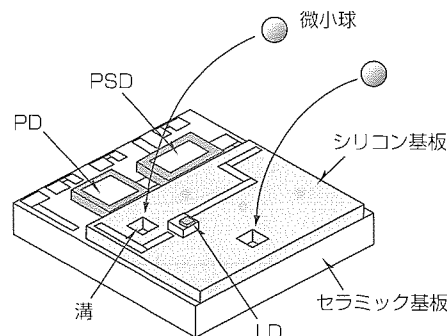
まず、二つのシリンドリカルレンズをLIGA構造体に配置する(図の(a))。

次に二つの微小球がシリコン基板のLD周りに作られた溝にそれぞれ配置される(図の(b))。このとき各微小球は溝の側壁4面に接触するが、溝底面には接触しない。この溝形状は四角すい(錐)の一部であるので、基板平面上の微小球の中心と溝の中心は一致する。

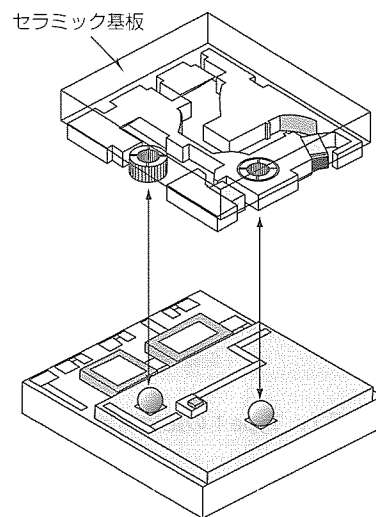
最後にLIGA構造体を電気系基板に搭載する(図の(c))。LIGA構造体にも上述の微小球が挿入される円筒形のホルダが備えられており、電気系基板との相対位置が水平方向に多少ずれていても円筒内側の縁が球表面に沿うようにして微小球がホルダ内に挿入される。アセンブリ工程2(図の(b))と同様、微小球の中心とホルダの中心は一致する。この手法を用いれば、画像処理などによる高度なアライメント手法を使わずとも、容易にLDと光学系の相対位置精度を向上できる。



(a) ステップ1



(b) ステップ2



(c) ステップ3

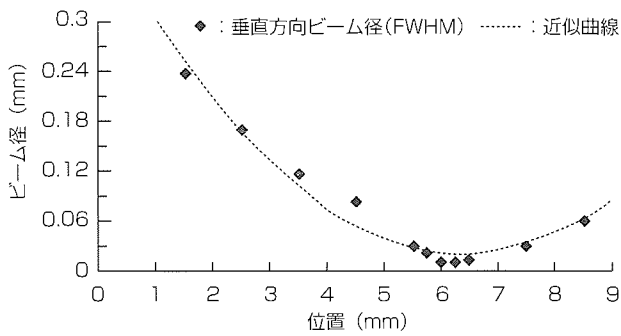
図5. 超小型光学式距離センサのアセンブリ工程

4. 性能評価

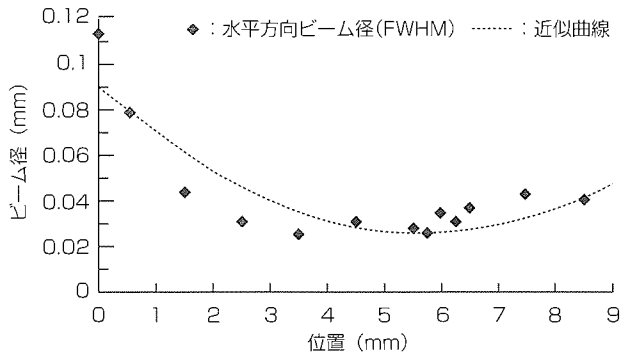
4.1 プローブビーム径の測定

センサからの距離とプローブビーム径の関係を測定した。Type 1に対する結果を図6に示す。図の(a)と(b)はそれぞれ、垂直方向、水平方向の結果を示している。上述したとおり、垂直方向の集束はシリンドリカルレンズで行い、水平方向の集束はミラーで行っている。なお、ここで言うプローブビーム径は半値全幅(FWHM)で定義している。

焦点位置は、ほぼ6 mmの位置に存在し、設計値どおり



(a) 垂直方向のプローブビーム径



(b) 水平方向のプローブビーム径

図6. センサからの距離とプローブビーム径の関係

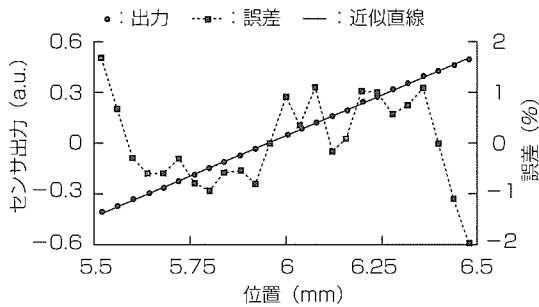


図7. Type 1 の距離測定結果

(表1の作動距離)製作できていることが分かる。フィッティングカーブから得られる焦点位置でのビーム径は、垂直方向、水平方向共に25 μ mとなり、良好なスポットが得られた。

4.2 距離測定

試作したType 1, Type 2を用いて距離測定を行った。距離に比例する出力DはPSDからの2出力、つまり I_1 と I_2 を用いて以下の演算によって求める。

$$D = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2}$$

図7, 図8にType 1の結果とType 2の結果をそれぞれ示す。

両タイプとも設計値どおり、作動距離6mm(Type 1), 16mm(Type 2)を中心に1mm(Type 1), 10mm(Type 2)の距離測定を実現している。直線性は、フルレンジに対し、

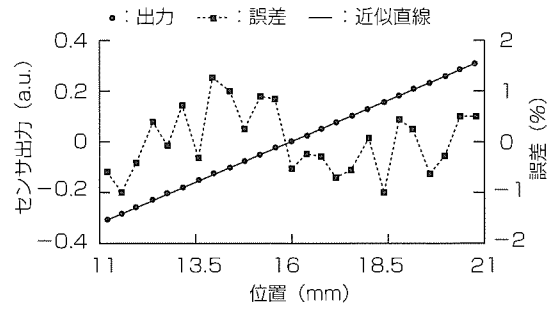


図8. Type 2 の距離測定結果

Type 1の場合 $\pm 2\%$ 以下、Type 2の場合 $\pm 1.5\%$ 以下となった。この値は光学設計時の期待値よりも若干大きい値であるが、光学設計の改良、光学系製作時のパラメータ最適化などによって改善できる。

5. むすび

超小型光学式距離センサの試作を行い、基礎特性評価を行った。LIGAプロセスをマイクロ光学系に、シリコンマイクロマシニングを電気系基板に適用することで、径15mm \times 15mmと超小型ながら1mm, 10mmの測定範囲を持つ光学式距離センサを実現した。また、マイクロマシニング技術の特長であるバッチプロセスによって低価格化が期待できる。

超小型、低価格な超小型光学式距離センサは、FA機器、半導体製造装置などへの埋め込みや多点測定など、従来困難であった新しいアプリケーションを創出する可能性を持っている。

参考文献

- (1) Miyajima, H., Yamamoto, E., Yanagisawa, K.: Optical Micro Encoder with Sub-micron Resolution using VCSEL, Sensor and Actuators, A71, 213~218 (1998)
- (2) Hane, K., Sasaki, M.: Transmission-Type Optical Sensors fabricated by Si Micromachining, Transducers '01, 524~527 (2001)
- (3) Nakajima, H., Ruther, P., Mohr, J., Nakashima, T., Takashima, K., Usami, T.: Micro Optical Distance Sensor fabricated by the LIGA Process, SPIE '98, 3513, 106~112 (1998)
- (4) Tsugai, M., Konno, N., Ariyoshi, Y., Usami, T.: A Link Beam Driven, Triple Axis Angular Rate Sensor based on a Double Gimbal Structure, Transducers '01, 460~463 (2001)
- (5) Müller, C., Mohr, J.: Microspectrometer fabricated by the LIGA Process, Interdisciplinary Science Reviews, 18, No. 3, 273~279 (1993)

SOIダイオード方式 非冷却型赤外線センサ

石川智広* 瀬戸俊樹**
太田泰昭*
上野雅史*

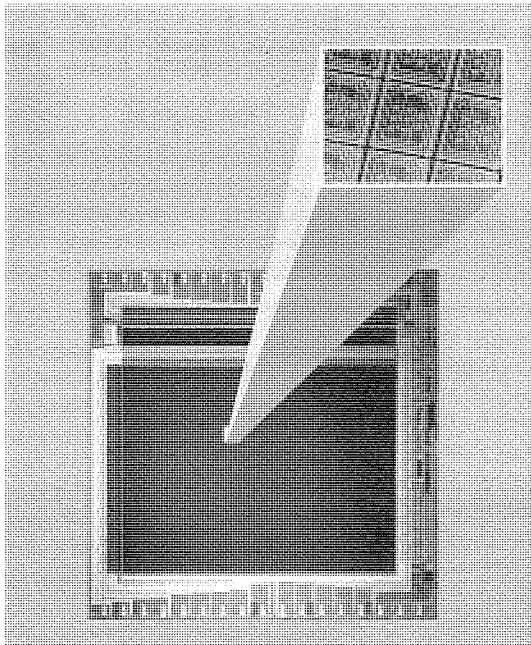
要 旨

赤外線イメージセンサは、物体(熱源)からふく(輻)射される赤外線を検知して熱画像を形成できる。この特性を利用した赤外線カメラは、撮影時に照明が不要な暗視カメラとして監視用途等で利用されている。非冷却赤外線イメージセンサは、冷凍機が必要な量子型赤外線イメージセンサと比べ、カメラの小型・低コスト化が可能で、新たな市場への展開が期待されている。従来の製造方式では、シリコン半導体プロセスに用いられない材料をセンサ部に使用していたため、読み出し回路の製造工程とは別にセンサ部専用の製造ラインが必要となり、低コスト化の障害となっていた。

今回開発したSOI(Silicon on Insulator)ダイオードを使った非冷却赤外線イメージセンサは、センサ部にシリコン

ダイオードを使用しているため、シリコン半導体ラインで一貫生産することができる。シリコンダイオードは、SOI薄膜中に作り込まれ、マイクロマシニング技術で作製したマイクロブリッジ構造によって高い断熱特性を持っている。ダイオードは高い結晶性を持つSOI薄膜に形成され、多結晶シリコン薄膜と比べ低雑音化、高均一性を達成している。センサには新たに赤外線吸収構造を設け、従来の構造と比較して高感度化を図っている。画素数320×240の素子で温度分解能0.12Kの性能を実現している。

SOIダイオードを使った非冷却赤外線センサは、赤外線カメラの新たな用途を作り出すキーデバイスになることが期待される。



SOIダイオード方式非冷却赤外線イメージセンサ



赤外線画像例

SOIダイオード方式非冷却赤外線イメージセンサと赤外線画像例

センサ部にシリコンダイオードを使用しているため、シリコン半導体ラインのみで製造可能である。シリコンダイオードは、SOI薄膜中に作り込まれ、マイクロブリッジ構造によって高い断熱特性を持っている。ダイオードは高い結晶性を持つSOI薄膜に形成され、多結晶シリコン薄膜と比べ低雑音化、高均一性を達成している。320×240画素の素子で温度分解能0.12Kの性能を実現している。

1. ま え が き

赤外線イメージセンサは、物体(熱源)から輻射される赤外線を検知して熱画像を形成することができる。この特性を利用した赤外線カメラは、撮影時に照明が不要な暗視カメラとして監視用途等で利用されている。また、赤外線カメラは、物体の温度分布を測定できるため、非接触の温度計測等にも応用されている。

赤外線イメージセンサは、検出原理の違いから量子型と熱型に分けることができる。量子型は赤外線を量子(フォトン)として扱い、直接遷移型半導体やショットキー障壁⁽¹⁾を利用したセンサが開発されている。量子型検出素子は室温付近で動作させると温度によって発生する暗電流雑音が大きくなるため、検出素子を極低温に冷却する必要がある。このため、量子型は冷却型とも呼ばれている。一方、熱型は赤外線を熱源として扱い、入射赤外線によるセンサの温度変化を抵抗値の変化⁽²⁾や容量値の変化⁽³⁾として読み出す方式が開発されている。熱型は、検出素子の冷却が不要であるため、非冷却型とも呼ばれる。一般に冷却型は、感度が高く高性能であるが、製造コストが高いために応用用途が限られてきた。一方非冷却型は、冷凍機が不要なためカメラ価格を大幅に低減することが可能であり、今まで利用されなかった分野での利用が期待されている。

従来の非冷却型イメージセンサは、まず読み出し回路をシリコン半導体ラインで製造し、その上部にセンサアレーを直接形成したり、センサアレーを張り合わせることで製造している。一般的に非冷却型のセンサプロセスはシリコンラインに導入できない材料を使うため、CCDやCMOS型の可視イメージセンサのようにシリコンラインで一貫生産できず、このことが低コスト化と量産性に対して障害となっていた。

今回、SOI基板の特長を生かしたマイクロマシニング技術を用いて、単結晶PN接合ダイオードを検出器とする新しい非冷却赤外線イメージセンサを開発した⁽⁴⁾。従来の非冷却型イメージセンサと異なり、読み出し回路を含むすべてをシリコンラインで製造可能なため、低コスト化と生産性向上に適している。

本稿では、SOIダイオードを使った非冷却赤外線イメージセンサの構造、読み出し回路構成、性能に関して述べる。

2. センサ設計

2.1 検出原理

図1にSOIダイオードを使った非冷却赤外線センサの構造を示す。センシング部は、マイクロブリッジ構造中に直列に接続されたダイオードで構成されている。ダイオードを含むセンシング部分は基板内に形成された空洞の上に支持脚で保持された高断熱構造をしており、入射赤外線量に

応じてダイオードの温度が変化している。ダイオードには外部から順バイアスで一定電流を流しておき、入射赤外線量をダイオードの温度変化による順方向電圧変化として読み出す。

2.2 センサ構造

図2にSOIダイオードを使った非冷却赤外線センサの断面構造を、図3にSEM写真を示す。ダイオードはSOI薄膜

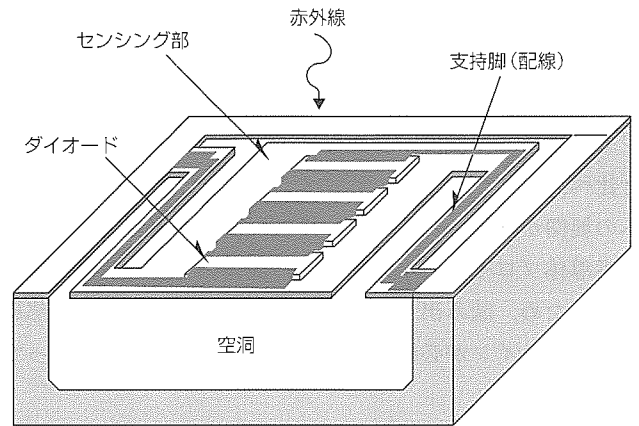


図1. SOIダイオード方式非冷却赤外線センサの構造

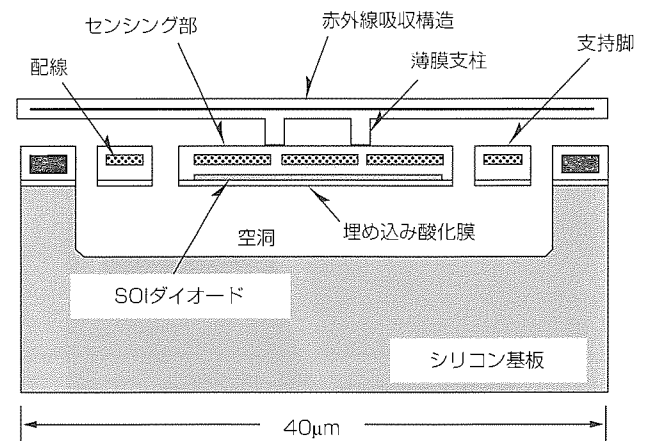


図2. SOIダイオードセンサの断面図

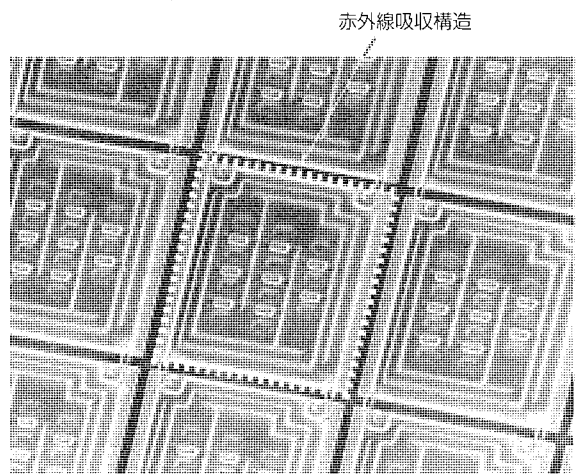


図3. 画素のSEM写真

中に作られたラテラル構造のPN接合ダイオードで、メタル配線を使い直列に8個接続されている。ダイオードを中空に保持する支持脚には配線が含まれており、ダイオードと読み出し回路を電氣的に接続する。SOIダイオードは、SOI薄膜とシリコン基板との間に存在する埋め込み酸化膜(Buried Oxide)とシリコンプロセスで形成するシリコン酸化膜で周囲を覆われている。

従来の非冷却センサでは、赤外線を受取る領域は支持脚を除いた中空部分(図1のセンシング部分)であり、画素面積に対する受光面積の割合である開口率が50%程度と小さいという問題があった。今回開発したセンサでは、新たにセンシング部を覆うように赤外線吸収構造を設けた。入射赤外線はこの構造体で吸収され、薄膜支柱を介してダイオードの温度を変化させる。この構造は支持脚領域の面積に関係なく開口率をほぼ100%近くまで増加できるので、高感度化が可能である。図4にマイクロマシニングプロセスのフローを示す。SOIダイオード及び配線を形成した後で、まず、第一エッチングホールを開口してシリコン基板の一部を露出する。第一エッチングホールのパターン形状は支持脚の長さや幅などの断熱特性を決める。次に、犠牲層となるシリコン薄膜をたい(堆)積する。シリコン薄膜とシリコン基板は第一エッチングホールで接触している。薄膜支柱を形成するためにシリコン薄膜の一部を加工し、次に赤外線吸収構造を構成する各部材を形成する。最後に、

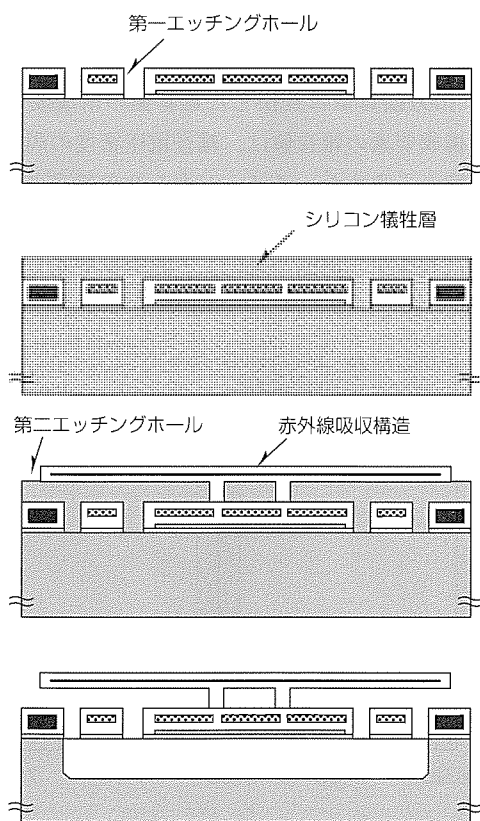


図4. マイクロマシニングプロセスのフロー

第二エッチングホールを開口することでシリコン薄膜の一部を露出し、各画素の赤外線吸収構造を分離する。エッチャントを使ってシリコン薄膜及びシリコン基板の一部を第二エッチングホールから一度にエッチングを行い、基板内に空洞を形成する。この新しいマイクロマシニング技術により、40 μ m角の画素で、開口率90%、熱コンダクタンス 1.1×10^{-7} W/Kが実現できている。

2.3 SOIダイオードの特性

一定の順バイアス電流下ではダイオードの順方向電圧は温度とともに変化する。その値は-1mV/Kから-2mV/K程度であるが、複数のダイオードを直列に連結すると順方向電圧 V_f の温度係数 dV_f/dT はダイオードの連結個数に比例して増加するため、直列連結個数を増やすことで高感度化が可能である。図5にSOIダイオードの連結個数と順方向電圧 V_f の温度係数の関係を示す。最終的にセンサに適用した連結個数は、電源電圧や性能等のトレードオフから決定している。

3. 読み出し回路設計

図6にSOIダイオードを使った赤外線イメージセンサのブロック図を示す。画素数は水平320画素、垂直240画素の構成となっている。各画素へは垂直シフトレジスタを使ってバイアスが供給され、行単位で動作状態となる。バイアスされないその他の画素は、SOIダイオードが逆方向バイアスになるために、非導通状態となる。このため、各画素は選択トランジスタなどの能動素子が不要である。行単位で読み出された信号は、積分回路によって増幅され、積分される。信号は、サンプルアンドホールド回路に蓄積され、水平シフトレジスタを使って順次読み出される。

冷却型と比べて感度の低い非冷却赤外線センサの高性能化には、低雑音化が非常に重要になってくる。非冷却赤外線イメージセンサの雑音には、各画素の雑音と読み出し回

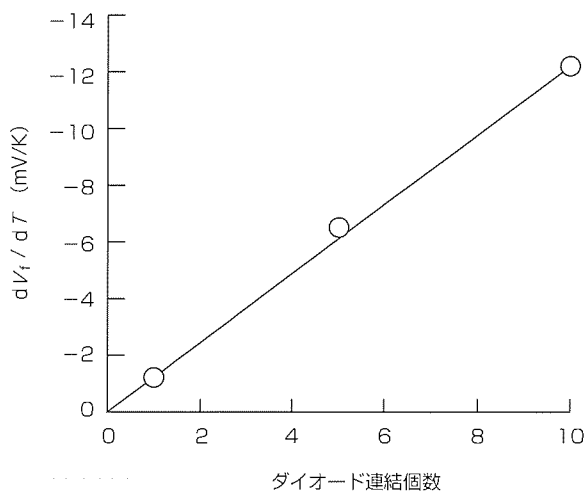


図5. ダイオード温度係数と連結個数の関係

路の雑音がある。イメージセンサのS/Nを向上させるためには①画素自体の雑音を低減する、②画素自体の雑音を可能な限り低減した上で、読み出し回路の雑音が画素雑音に比べ無視できるように設計することが必要とされる。画素自体の雑音低減には信号を積分して雑音帯域幅を狭くすることが有効である。この素子では、図7に示すようなゲート変調を使った積分回路を各列ごとに配置している。選択された画素の出力はゲート変調トランジスタのゲートに接続されていて、ゲート電圧の変動によって容量に蓄積された電荷の放電量を変化させることで積分動作を行っている。画素信号は水平読み出し期間(約60 μ s)積分され、画素自体と積分器の雑音を実効的に低減している。また、この積分器は、後段の回路雑音が無視できるように信号増幅の役目も兼ねており、センサ自体のS/Nが回路雑音によって損なわれないような設計になっている。

特集
I

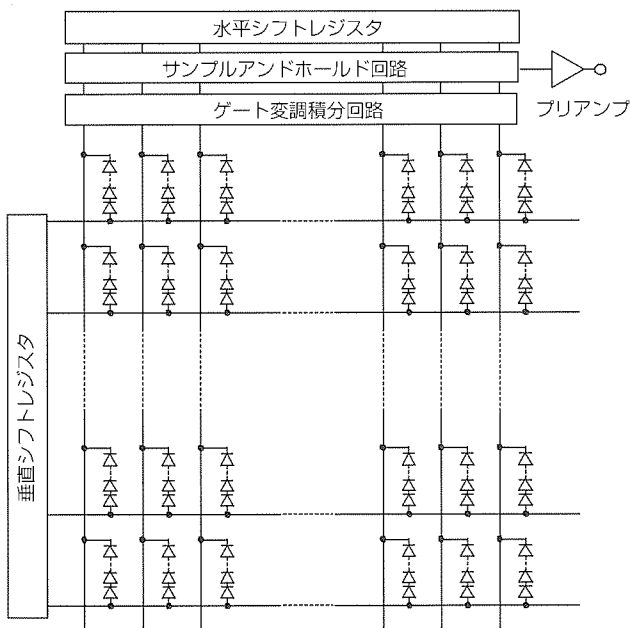


図6. イメージセンサのブロック図

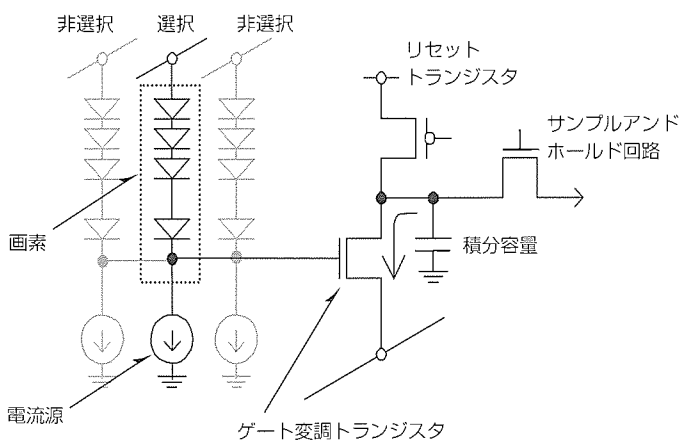


図7. 積分回路のブロック図

4. イメージセンサの特長

4.1 均一性

SOIダイオード方式の赤外線イメージセンサの特長として、画素間の特性のばらつきが小さく、均一性が高いことが挙げられる。図8にSOIダイオードの順方向電圧 V_f のウェーハ面内の均一性を示す。ウェーハ径は200mm(8インチ)で、順バイアス電流は10 μ Aである。ウェーハ面内の均一性は0.13%(標準偏差/平均値)である。例えば抵抗の温度変化をセンサに使うポロメータタイプは酸化バナジウム等の高い抵抗温度変化率を持つ材料をスパッタを使って製膜しているが、均一性は100mm(4インチ)ウェーハで数%程度であり⁽⁵⁾、これと比較して非常に高い均一性を持つことが分かる。これは、センサにばらつきの小さいシリコンPN接合ダイオードを使用していることと、シリコン薄膜に非常に結晶性の高いSOI薄膜を使用していることに起因する。温度係数 dV_f/dT の均一性も同様に高く、図9に示すように、ウェーハ面内で0.62%(標準偏差/平均値)である。順方向電圧、温度係数がウェーハ全体で均一であることは、イメージセンサとして重要な出力オフセットのばらつきや感度ばらつきが小さいといった利点があるだけでなく、量産性に対しても大きなメリットとなる。図10はSOIダイオードセンサアレーの各画素間の感度ばらつきを示している。画素数は320 \times 240画素で、f/1.0の光学系を用いて測定した。均一性は1.46%(標準偏差/平均値)と非常に良好な値となっている。

4.2 雑音構成要素

図11に出力換算値に変換した雑音値の構成要素比較を示す。各構成要素の雑音値は、雑音電圧密度の周波数特性と信号帯域から求めた。イメージセンサの雑音の主要因は、センサ単体の雑音、特に $1/f$ 雑音が支配的になっている。ただし図は読み出し回路で増幅した後の値を示しており、

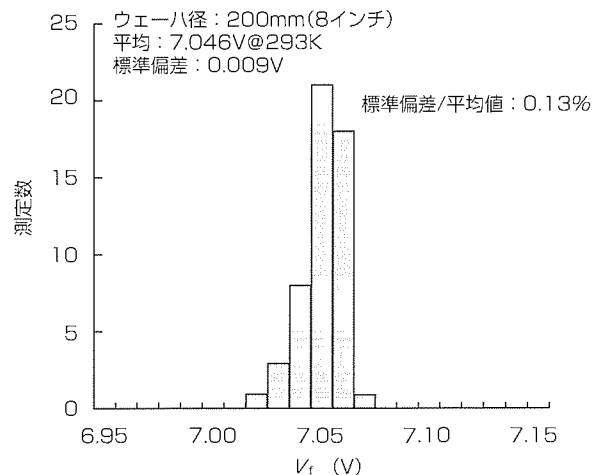


図8. 順方向電圧のウェーハ内均一性

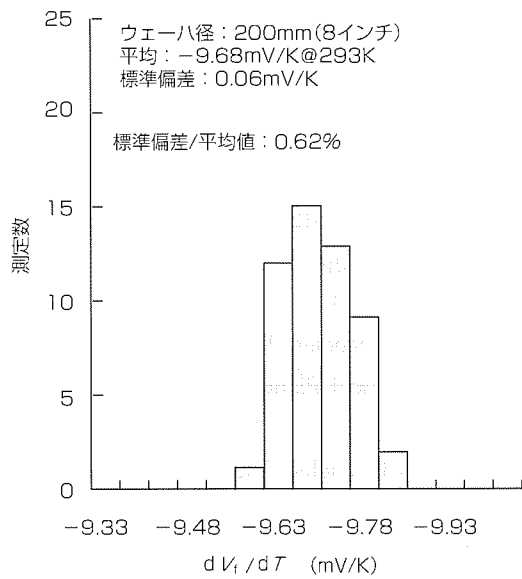


図9. 温度係数のウェーハ内均一性

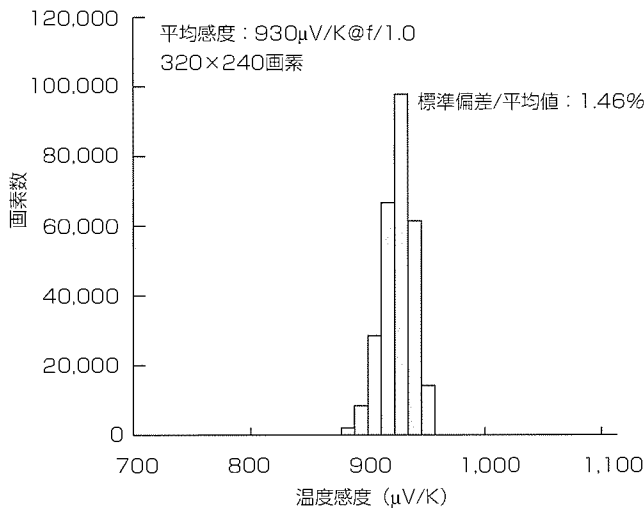


図10. 画素間の感度均一性

ダイオードの $1/f$ 雑音は実際 $5\mu\text{Vrms}$ 程度と非常に小さい。図12にイメージセンサの雑音電圧のダイオード電流依存性を示す。雑音電圧は雑音電流と抵抗の積で表される。ダイオード電流が増加するとダイオードの $1/f$ 雑音電流は増加するが、ダイオードは非線形性の電流電圧特性を持つため、電流の増加によって微分抵抗は大きく減少する。結果として、雑音電圧はダイオード電流の増加に伴い低下し、赤外線イメージセンサの性能を表す雑音等価温度差 (Noise Equivalent of Temperature Difference: NETD) はダイオード電流の増加に伴い改善される。

4.3 イメージセンサの特性

表1にSOIダイオードを用いた320×240画素の非冷却赤外線イメージセンサの特性を示す。NETDはf/1.0の光学系を使い0.12Kが得られた。図13はこのイメージセンサを使って得られた赤外線撮像例である。

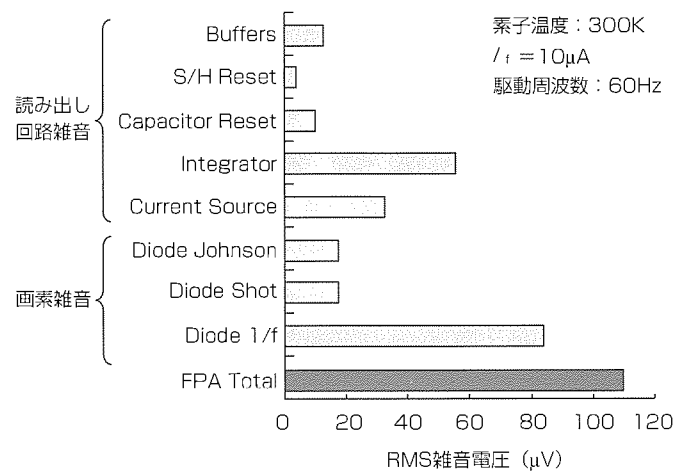


図11. 構成要素別雑音値の比較

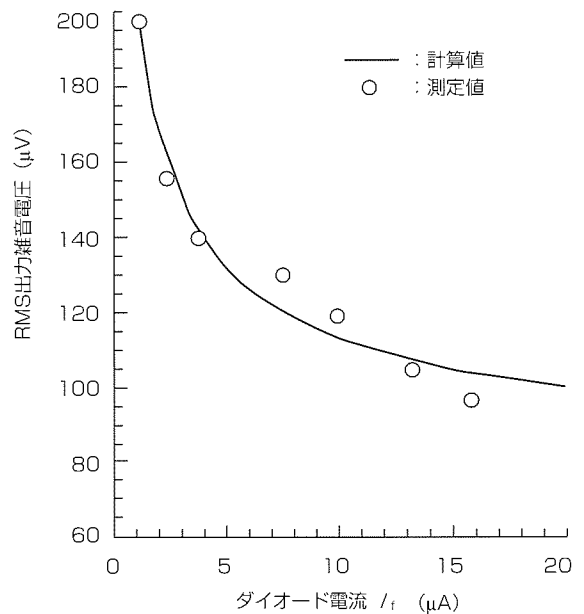


図12. 全雑音のダイオード電流依存性

表1. 性能一覧

画素数	320×240
画素サイズ	40μm
チップサイズ	17.0mm×17.0mm
検出波長帯	8~12μm
温度感度@f/1.0	930μV/K
RMS雑音	110μV
NETD@f/1.0	0.12K
利得	14
出力のオフセットばらつき	<300mVpp
画素間感度の均一性	<2% (標準偏差/平均値)
熱コンダクタンス	$1 \times 10^{-7} \text{W/K}$
熱時定数	17ms
ダイオード温度係数	-9.7mV/K



図13. 赤外線撮像例

5. むすび

マイクロマシニング技術を有効に活用して、シリコン半導体ラインで製造可能な 320×240 画素のSOIダイオード方式非冷却型赤外線イメージセンサを開発した。この方式は、可視のCCDやCMOSイメージセンサと同様にシリコンラインのみで製造されるため、低価格化・量産化に適した方式と言える。非冷却赤外線イメージセンサを使った安価な赤外線カメラは非常に応用範囲が広く、需要が大きいと考えられる。SOIダイオードを使った非冷却赤外線センサは、赤外線カメラの新たな用途を作り出すキーデバイスになる

ことが期待される。今後は更なる高S/N化を行い、多方面の用途に利用できるような性能改善を行う予定である。

参考文献

- (1) Kimata, M., Denda, M., Yutani, N., Iwade, S., Tsubouchi, N. : A 512×512 Element PtSi Schottky-barrier Infrared Image Sensor, IEEE JSSC, **SC-22**, 1124~1129 (1987)
- (2) Wood, R.A. : Uncooled Thermal Imaging with Monolithic Silicon Focal Planes, Proc. SPIE, **2020**, 322~329 (1993)
- (3) Hanson, C. : Uncooled Thermal Imaging at Texas Instruments, Proc. SPIE, **2020**, 330~339 (1993)
- (4) Ishikawa, T., Ueno, M., Nakaki, Y., Endo, K., Ohta, Y., Nakanishi, J., Kosasayama, Y., Yagi, H., Sone, T., Kimata, M. : Performance of 320×240 Uncooled IRFPA with SOI Diode Detectors, Proc. SPIE, **4130**, 152~159 (2000)
- (5) Radford, W., Murphy, D., Ray, M., Proost, S., Kennedy, A., Kojiro, J., Woolaway, J., Soch, K., Coda, R., Lung, G., Moddy, E., Gleichman, D., Baur, S. : 320×240 Silicon Microbolometer Uncooled IRFPAs with On-chip Offset Correction, Proc. SPIE, **2746**, 82~92 (1996)

小型ロボット用マイクログリッパ

村松直樹*
寺内常雄**
多田友好**

要旨

今回、マイクロマニピュレータのためのグリッパ機構の開発を目標とし、開発では、今後の小型化のために、特に単純機構を目指した。その結果、フィンガ(把持指)の開閉に特別な変位拡大機構を要しないグリッパの独自開閉機構を開発することができた。

(1) 短冊状の紙を折り曲げ、重ね合わせた一端を固定して他端を軸方向に引張ると、先端部の垂直方向曲げ変位はほぼ $\sqrt{2L/\Delta y}$ 倍に拡大されて生じる。

L は変形側りの長さ、 Δy は他端の引張り量である。

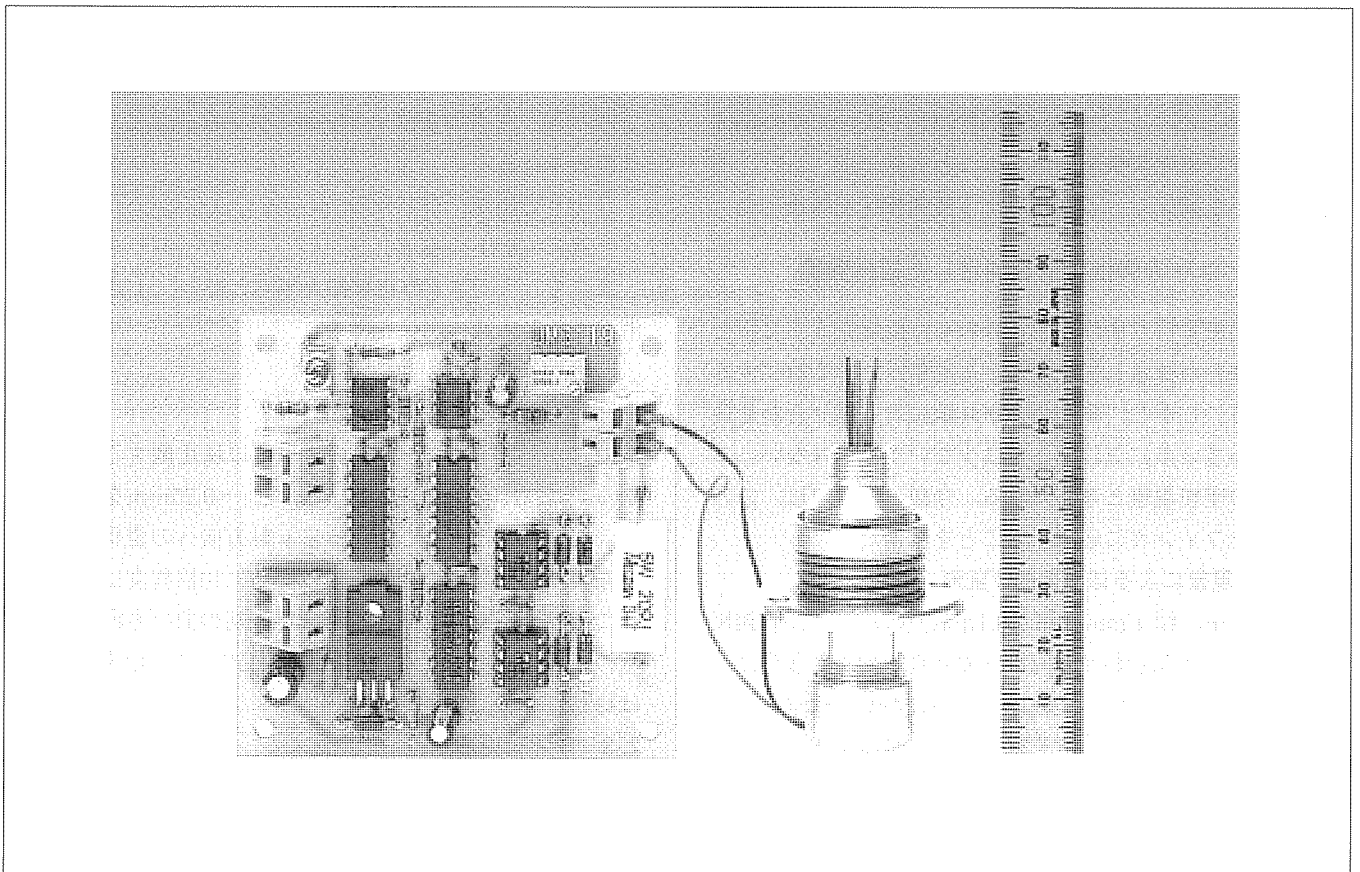
(2) この拡大原理を把持フィンガに応用するために、厚さ0.1mmの短冊状ばね用りん青銅板を長さ20mm、先端幅1mmのM字形状に形成した。そして中央V字形状の下端

部をねじ機構によって引張り駆動するように構成した。

このグリッパの主な特性は、フィンガの開閉量4mm(拡大率 $G \approx 15$)、繰り返し開閉精度 $\pm 0.05\text{mm}$ 、開・閉動作時間0.12s、平均動作速度30mm/s、把持ばね定数53N/m、最大把持力5cNである。

試作機での駆動原理の検証結果に基づき、さらにフィンガの多指化製造法と機械的に簡易な閉成量調節機構を考案した。これらの機能を付加した3本指小型グリッパは、ミリサイズ部品対応のロボットハンドとしてフィールドテストの段階に至っている。また、所内メカトロニクスプライベートショー後、FAコミュニケーションセンターで常時把持デモを見ることが出来る。

特集
I



長柱の座屈現象を利用した小型グリッパ

フィンガは、1枚の平板から切断され、曲げ加工されて成形される。各フィンガの脚部は固定され、中央部がねじ機構によってDCモータで並進駆動される。この結果、フィンガには座屈現象が生じ、先端部は拡大開閉運動する。主な特長は、①駆動変位が少量のため高応答、②ワークは弾性によってソフトな把持、③しかも自動的にセンタリング、④機構にしゅう(摺)動部がないため摩擦に強い、⑤対象物に応じたフィンガの選定が可能、などである。

*名古屋製作所(工博) **同製作所

1. ま え が き

産業機器におけるアタッチメントの優劣は、製品の性能を左右する重要因子である。本体に格差のない場合はなおさらである。どのように高速高精度に制御されたロボットでも、ハンドがワークに適当でなければ目的の作業をさせることはできないであろう。一方、携帯電話やウォッチ時計に代表されるように、従来のハンドの延長上で対処するには部品のサイズは著しく微小化している。微小部品のハンドリング技術については、今後の開発⁽¹⁾に待つところ大のように思われる。

これまで、微小部品のハンドリング技術に関する研究には、パラレルメカニズムを応用したマニピュレータ⁽¹⁾や平面リンク機構を利用したマイクログリッパ⁽²⁾⁽³⁾などがある。前者は2層重ねた6自由度のパラレルメカニズムにより、はしの操作を実現している。後者は、この原理を用いてフィンガ開閉量の拡大を検討している。しかしこれらの装置はいずれも圧電素子をアクチュエータとしているため、出力変位量の割には機構全体が大きくなる傾向にある。その上、後者の出力変位は精度上も問題がある。

そこで今回の検討では、マイクロマニピュレータの構築を最終目標に、第1ステップとしてハンドリングのためのグリッパの開発を意図した。開発では、将来の超小型化を見越し、できるだけ簡単な機構、特に変位拡大機構の単純構成を目指した⁽⁴⁾。このため検討では、フィンガの把持機構に長柱の座屈現象を利用することを試みた。次に、小型グリッパを試作し、これに対する運動特性を評価した。

2. はりの弾性変形を利用した把持機構

短冊状の紙を折り曲げて重ね合わせた両端を人差し指と親指で擦り合わせると先端が曲がる現象は、よく目にする光景である。しかし、先端の曲がり量に対し擦り合わせ量が意外に小さい点に気付くことは少ないかも知れない。これは一種の座屈現象と考えられる。今回の検討では、この座屈現象をフィンガに応用することを試みた。

2.1 座屈現象によるはりの曲げ変形

長さ60mm、幅4mm、厚さ0.1mmのばね用りん青銅板を折り曲げ、重ね合わせた両端を擦り合わせたとき生じる変形挙動を図1に示す。実験は、重ね合わせた板端部の一方を支持台に固定し、他方を軸方向に引張って求めた。図は、他端を0.25mm引張った場合の変形状況を示している。

図から、先端の曲げ変位 x は3mm近くに達していることが分かる。そして、 x の増加割合をよく観察すると、 x は他端のわずかな引張り変位 Δy の小さな領域ほど大きいことが分かる。このことから、 Δy の適当な領域を利用することにより、非常に単純な機構で変位の拡大機能が得られる可能性があることが分かる。

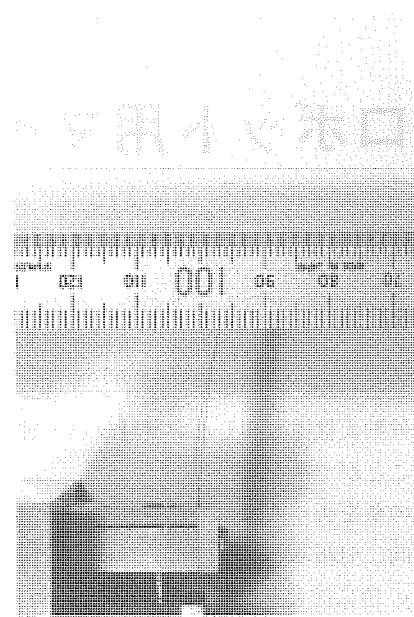


図1. 弾性はりの変形状況

2.2 変位の拡大率

下端を固定したはり L の先端に垂直荷重 F が作用する場合の変形状況を、図2の近似モデルで考える。このモデルでは、簡単のために、曲げ変形後の形態を原点 O を支点に角度 θ だけ回転した真直はり L に等しいとする。つまり先端は、先端を通る水平線と半径 L の円弧との交点 A になる。このとき、 A 点の変位 x と y 軸方向の変位量 Δy は次のように表される。

$$x = L \sin \theta \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta y = L (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 x と Δy の比を拡大率 G と置き、上式から θ を消去すると次式の関係を得る。

$$G \approx \sqrt{\frac{2L}{\Delta y}} \dots\dots\dots(3)$$

上式から、 G はほぼ Δy の平方根に反比例することが分かる。式(3)において $L=30\text{mm}$ 、 $\Delta y=0.25\text{mm}$ を代入すると、 $G \approx 15$ を得る。このように y 軸方向への変化量が小さい領域では、先端の曲げ変位は容易に10倍程度は拡大されることが分かる。なおこの場合を先端の曲げ方向に集中荷重の作用する真直はりの大たわみの式⁽⁵⁾に適用すると、 G は約11になる。

2.3 フィンガの構造

前節の拡大原理から、図3の把持用フィンガを考案した。つまり、図1の折り曲げ板二組を対向させることにより、先端の拡大変位がフィンガの開閉動作量になるようにした⁽⁶⁾。このため、板状弾性部材をM字形に構成し、作用側フィンガの一端同志を中央のV字形状部に共有させた。この共有部には、駆動体への結合を容易にするために、円形状のフックを形成した。

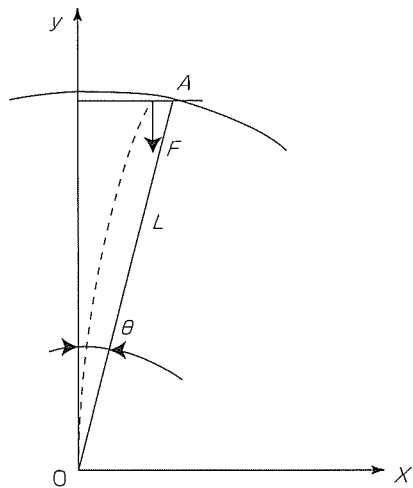


図2. 真直はりの曲げ変形モデル

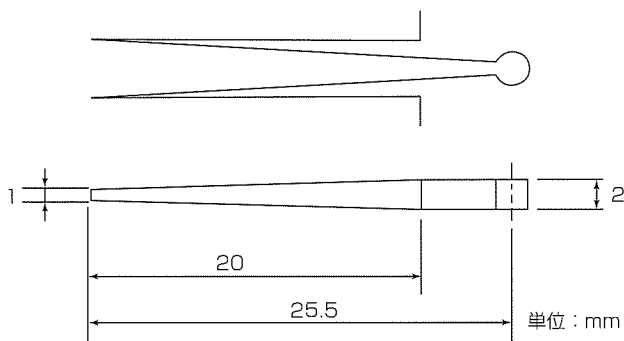


図3. 把持用フィンガの構造

3. グリッパの試作

3.1 構成

図4に試作グリッパの構造を示す。図から分かるように、グリッパは基本的には操作機構と駆動機構からなる。操作機構は、フィンガ、押さえねじ、キャップなどで構成されている。フィンガはばね用りん青銅製で、長さ20mm、先端幅1mm、下端幅2mm、厚さ0.1mmである。作用側フィンガと被作用側フィンガの先端部ははんだで接合し補強した。後者フィンガの脚部は、押さえねじでキャップ内底面に押圧固定されている。

一方、駆動機構は、ナット、ねじ軸、モータ、変位計、ホルダなどで構成されている。ナットはく(矩)形状に形成されており、ホルダ内同形状凹部にかん(嵌)合されている。この矩形状凹部に近接して、渦電流式非接触変位計が埋め込まれている。ナットの止まりねじ部にはモータロータ軸に固定されたねじ軸がかみ合っている。モータは外径12mmの直流ギヤードモータを用いた。減速比は100:1である。ナット他端突起部には契合穴及びこれに至るスリットが施されており、ここにフィンガのフックが嵌合されている。またナット突起部の外周には、磁性金属からなる

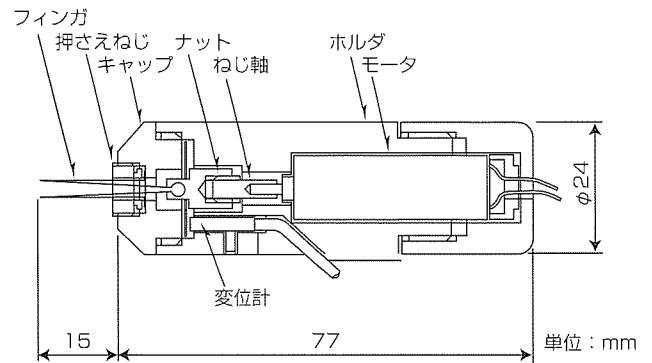


図4. 試作グリッパの構造

円板状ターゲットが接着されている。前述の変位計ヘッドは、0.5mm程度隔ててこのターゲットに対向している。駆動機構を収納したホルダは、キャップ及び押さえぶた(蓋)によって互いにねじ結合されている。

3.2 制御法

フィンガの開・閉成動作の位置決め制御では、フック部の引張り変位 Δy を制御対象とし、慣性力などによるオーバシュートを変位計出力電圧でフィードフォワード制御するようにした。つまり開・閉成動作終了直前のモータ電圧をチョッパによって通流率約50%のパルス状電圧にすると同時に、還流ダイオードを用いて逆電流が作用するようにした。これらの手段により、モータロータ軸の回転数は定格の約1/5まで減速される。

ただし、チョッパの開始時点は、 Δy の変動との関係から調整選定した。また、フィンガの開・閉成動作量の設定も、可変抵抗を調整することによって行った。

3.3 フィンガの開・閉成動作と拡大率G

ナットを低速で断続的に駆動して求めたフィンガの開・閉成動作状況を図5に示す、また、このときのフィンガ開成量 S とナットストロークの設定値 Δy_0 の関係を図6に示す。 S はビジョンセンサを用いて求めた。つまりモニタ画面上でフィンガ先端着目点間の画素数(P)を読み、それをあらかじめ求めておいた距離の較正值($1\text{mm}/40P$)と比較した。また Δy_0 の原点は、目視によるフィンガの中立(初期)状態に選んだ。

図6から次のようなことが分かる。まず S は、 Δy_0 の0~0.03mmの領域で若干の遅れが見られる点を除けば、0.03~0.14mmにわたり3.5~0mmまでほぼ直線的に減少している。初めの遅れは、ナットとホルダとのクリアランスなどの影響が考えられる。線形領域における S と Δy_0 の関係から、拡大率 G は約15であることが読み取れる。

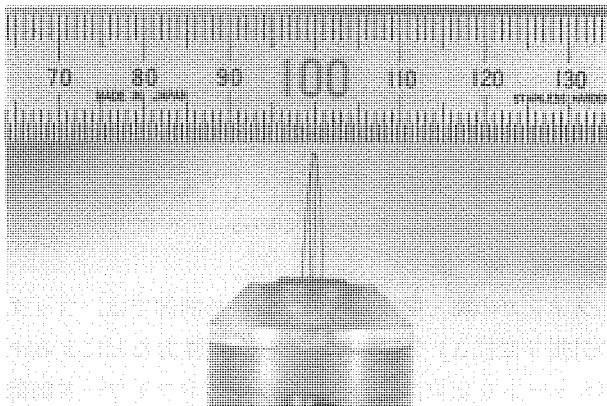
4. グリッパの把持特性

駆動系を定格電圧で作動させたときのフィンガの動特性や、グリッパとしての把持力などについて検討した。駆動

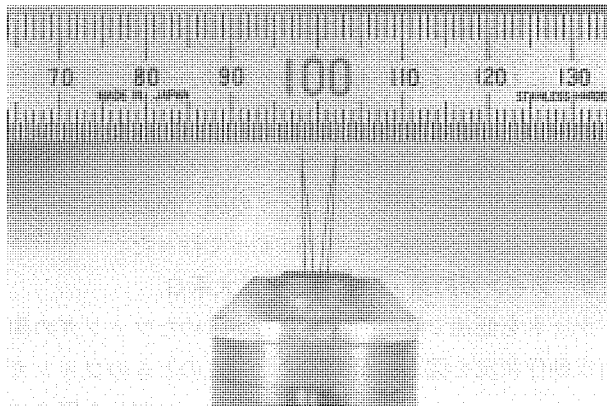
系の起動・停止位置決め制御については、当初、スイッチングによるモータ電源の投入／遮断のみを試みた。しかし、ナットストロークのオーバシユートが非常に大きく、この制御法に切り換えた経緯がある。なお実験に先立ち、直径2mmの鋼球や外径2mm、厚さ0.3mmなどの微小部品を把持し、機能の確認を行った。

4.1 フィンガの開閉運動特性

フィンガ閉成時のナットストローク Δy の変動状況を図7(a)に示す。 Δy は図6の0~0.14mmの範囲に設定して



(a) 閉成状態



(b) 開成状態

図5. フィンガの開・閉成動作状況

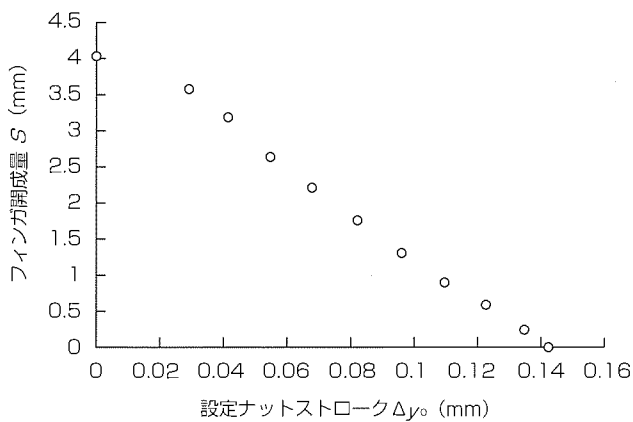


図6. フィンガの開成量とナットストロークの設定値との関係

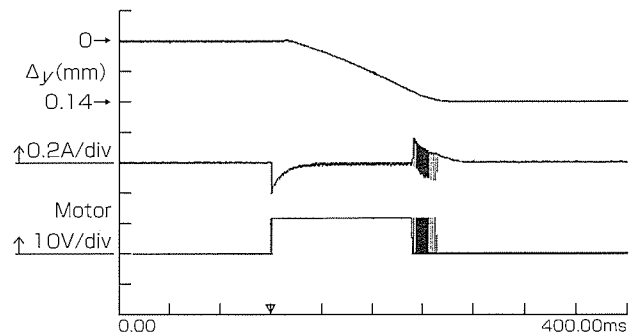
あり、図7では0.4~0.3Vに対応している。図7(b)には、比較の意味で、全動作をチョッパ電圧で作動させた場合の結果も示してある。これらの結果には、モータの電流及び電圧変動も同時に記録してある。

図7(a)から、開成状態のフィンガは、モータ電圧の投入後わずかに遅れて起動し、その後約100msの期間ほぼ一般的な閉成挙動を呈する。そして停止直前約20msに、チョッパ電圧及び逆電流が作用し、可動部は急激に減速され停止に至る。この結果を図(b)と比較すれば明らかなように、 Δy は設定値によく追従して変動している。行程上にオーバシユートは見られない。また Δy の動作時間から、フィンガの平均閉成速度は約30mm/sであることが分かる。なお、開成時についても、フィンガは閉成時とほぼ同様の挙動を示した。

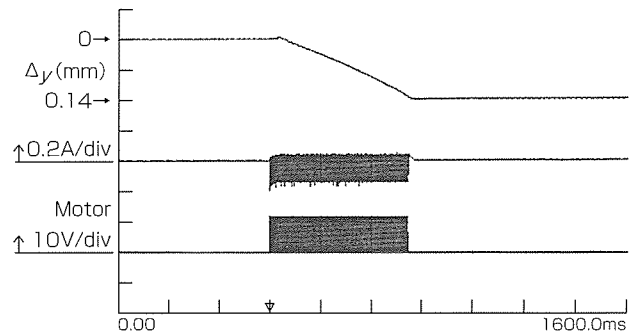
4.2 フィンガの開閉精度

フィンガ閉成時の繰返し精度を図8に示す。繰返し精度は、ナットストロークの設定値 Δy_0 に対し、開成状態のフィンガを作動させそのときの Δy を求めた。そして、これらの値にそれぞれ拡大率 G を掛けて、設定動作量 S_0 と応答動作量 S に換算した。実験値は、設定値ごとにそれぞれ10回動作させて求めた S の平均値である。また、実線は目標値である。

図から、 S の平均値は S_0 にほぼ対応して動作していることが分かる。そして設定値に対する偏差は ± 0.025 mm以内であり、また、各設定値での S の標準偏差は0.008mm以下である。これらの結果から、閉成時のフィンガの繰返し



(a) 閉成直前にチョッパ電圧作動の場合



(b) 閉成全領域にチョッパ電圧作動の場合

図7. フィンガ閉成時のナットストロークの変動状況

精度は、見掛け上、 $\pm 0.050\text{mm}$ 程度とすることができる。なお、開成時についても、閉成時とほぼ同様の繰返し精度を示した。

4.3 グリップの把持力

把持力の検討では、ロードセルを用いてフィンガのばね定数を求めた。ロードセルの外観を図9に示す。ロードセルは、フィンガと同じばね用りん青銅製の薄板をV字状に曲げ、根元にひずみゲージを張り付けて構成した。実験では、このロードセルの開脚部をフィンガ先端で挟持し、そのときのひずみゲージの出力電圧を検出した。そして、この結果を、あらかじめ求めておいたロードセルの閉成力とひずみの較正特性と比較した。なお、ロードセルの開脚部の間隔は約 2.5mm 、圧縮ばね定数 k_1 は 8.4N/m である。

S_0 に対し、ロードセルを挟持したときの S を図10に示す。図10を図8と比較すれば明らかなように、図10の S は図8のそれよりもわずかに大きい。これは、ロードセルの反力によってそれに釣り合う分だけフィンガが開成方向に曲げ変形されているためである。したがって、この変形量 δ に対する挟持力の割合を求めると、フィンガの把持ばね定数 k_1 は 53N/m になる。この値は、2枚のばね用りん青銅板が単純に重なってなる片持ちりの場合よりも7倍程度大きい。これは、供試フィンガの折り曲げられた2枚の

りん青銅板がそれぞれトラス状に構成されているためと考えられる。この点を考慮して供試材のばね限界値に至る δ を求めると、約 0.5mm となる。これから、グリップとしての把持力は約 5cN になる。

5. 製品化のための課題

以上の検討により、原理的には長柱の座屈現象を利用した変位拡大機構の有効性が検証された。そこでここでは、このグリップを製品化していく上での技術課題について、予備検討した結果について述べる。

5.1 グリップの構造と開閉停止機構

微小部品がますます高密度化される状況では、変位拡大機構の単純小型化とフィンガの多指化が望まれる。このフィンガの場合、小型化は相似的に可能である。このため、グリップのカテーテル的な使用法も考えられる。しかし、グリップの小型化には、駆動系の小型化が必ず(須)条件となる。超小型リニアアクチュエータのようなものの出現が待たれる。

3.2節では、フィンガの開・閉成動作量の調整を変位計を介したフィードフォワード制御(制御停止方式)で行った。しかし、把持物体の大きさにそれほど差異がない場合には、より簡便な開閉量調整機構でも対応できそうである。そこで、ここでは駆動機構のナット端部にストッパアームを嵌合し、その軸方向位置をホルダ外周に設けたナットで閉成量のみ調整できるようにした(機械停止方式)。そして、この機構についても次節の寿命試験を試みた。

5.2 機械的強度と繰返し寿命

図11は、3本指フィンガの1/6モデルを対象にANSYSによって大変形解析を行った結果の一例である。この例は、直径 2.6mm の丸棒を閉成時のフィンガ先端がほぼ密着する状態で把持した場合である。換言すれば、丸棒を把持することにより、フィンガ先端は相対的にほぼ 1mm 外側に曲げ変形する。ただし、変位はフィンガの長さに対し3倍に拡大して描いている。この解析により、応力的にはフィン

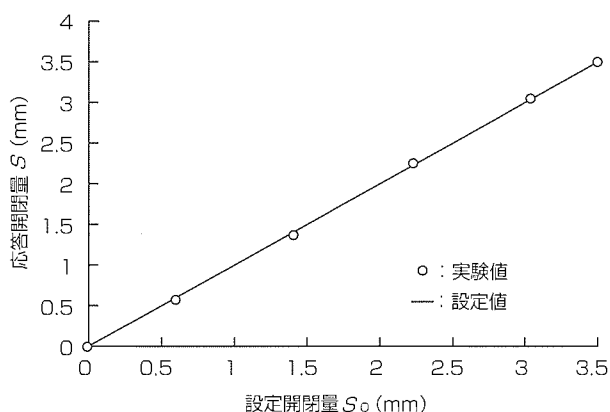


図8. フィンガ閉成時の繰返し精度

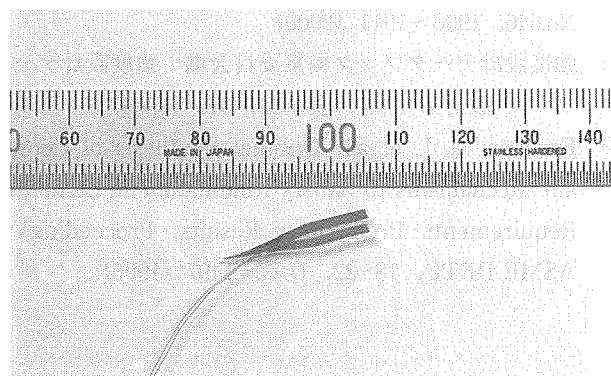


図9. ロードセルの外観

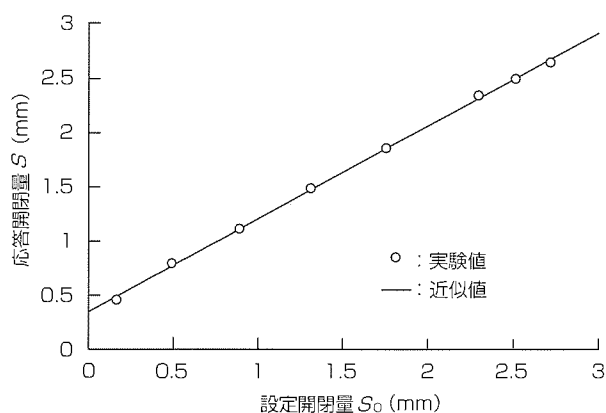


図10. ロードセル把持時のフィンガの閉成状況

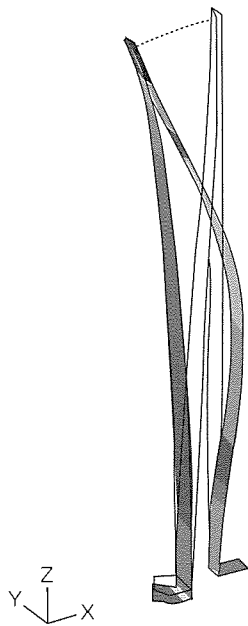


図11. ANSYSによる大変形解析

が先端のスポット溶接部、被作用側中間曲がり部や脚付け根部などが比較的高くなることが分かった。この結果に基づき、形状の一部変更を試みたところ、いずれも疲れ限度以下の応力に低減させることができた。

寿命試験の状況を図12に示す。この試験では、制御停止方式のグリッパ1台と機械停止方式のもの2台について行った。負荷条件は、ナットストロークの設定値 Δy_0 を最大にした状態で直径2.6mm、長さ30mmの丸棒を把持した。実験では、グリッパを樹脂製ケースに収め、それを垂直上向きに支持台に固定した。そして、上ケース内には、丸棒の下端部約10mmが3本指フィンガのほぼ真中に位置するように丸棒を糸でつ(吊)り下げた。試験は、第1ステップとして、1秒サイクルで300万回を行った。そして、20万回ごとに、フィンガの開閉量、モータの騒音レベルや温度上昇状況などを評価した。その結果、メーカーによる試験後のモータ調査も含め、ほぼ順調に経過した。

6. む す び

今回の検討では、単純機構になる微小部品把持用グリッパの開発を目指した。その結果、フィンガの開閉に特別な変位拡大機構を要しないグリッパを試作することができた。この検討で得られた結果をまとめれば次のとおりである。

(1) 短冊状弾性部材を折り曲げ、重ね合わせた一端を固定し他端を軸方向に引っ張ると、先端部は引張り量に比し大きく曲げ変位する、変形側弾性部材の長さを L 、他端の引張り量を Δy とすると、先端の曲げ変位はほぼ $\sqrt{2L/\Delta y}$

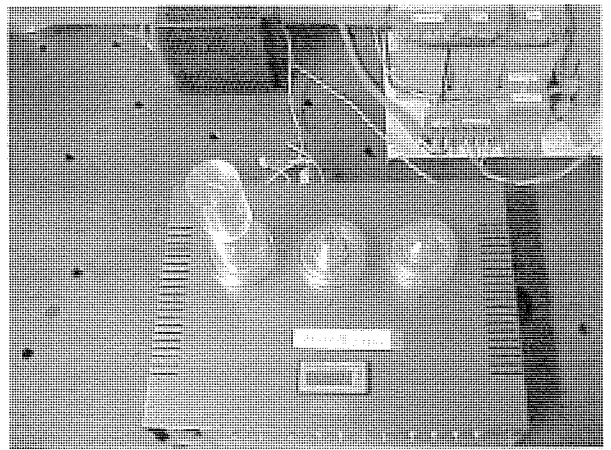


図12. 寿命試験の状況

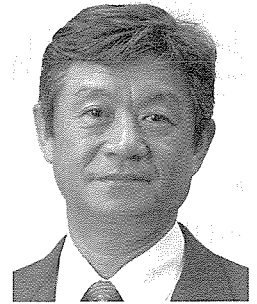
倍に拡大されて生じる。

- (2) 上記拡大原理を把持用フィンガに応用するために、厚さ0.1mmのばね用りん青銅板を長さ20mm、先端幅1mmのM字形状に形成した。そして、中央V字形状下端部をねじ機構によって引張り駆動することにより、先端部が互いに拡大開閉動作するようにした。フィンガの開・閉成位置決めは、モータへのチョップ電圧と逆電流の作用によって駆動ナットの変位量をフィードフォワード制御して行った。
- (3) 以上の構成のグリッパの主な特性は、フィンガの開閉量4mm、繰返し開閉精度 ± 0.05 mm、開・閉成動作時間0.12s、平均動作速度30mm/s、把持ばね定数53N/m、最大把持力5cNである。

参 考 文 献

- (1) Tanikawa, T., Arai, T., et al.: Two-Finger Micro Hand, IEEE International Conf., 1674~1678 (1995)
- (2) 安藤泰久, ほか: マイクログリッパの開発, 機械技術研究所所報, 50, No.2, 29~34 (1996)
- (3) 米山 猛, ほか: マイクロハンドリング装置の試作, 機械学会講演論文集, No.96-1, 460~461 (1996)
- (4) 村松直樹, 伊藤秀信: 長柱の変位拡大原理を利用した小形グリッパの開発, 機械学会論文集C編, 66, No.646, 1906~1911 (2000)
- (5) 強度設計データブック編集委員会編: 強度設計データブック(改訂第4版), 裳華房, 345 (1968)
- (6) Frecker, M. L., et al.: Optimal Synthesis of Compliant Mechanisms to Satisfy Kinematic and Structural Requirements-Preliminary Results, Proceedings of ASME DETC, 18-22, DAC-1497 (1996)

II ビルシステム特集に寄せて



ビル事業部

事業部長 常岡俊一

21世紀を迎えてインターネットの急速な普及に伴う情報技術(Information Technology:IT)の進展は、各種システムのオープン化・ネットワーク化を一気に促進させている。国の政策支援によるインフラの整備も進み、“だれでも”“いつでも”“どこでも”使えるシステムとサービスの提供が可能になりつつあると言える。ビルシステムにおいても決して例外ではなく、オープン化・ネットワーク化への対応が急がれている。しかしその一方で、インターネットを利用した犯罪などに代表される巧妙かつ増大する最近の犯罪情勢に対して、ビル入居者のセキュリティ意識も高まっている。ビルセキュリティシステムにも高度かつ多機能化・ネットワーク化への対応の需要が増加している。

また、地球温暖化防止などの環境問題も21世紀の地球規模の重要なテーマである。ビルシステムでは、ビル運営の視点において、以前から、ビルの企画・設計段階から廃棄までの生涯費用いわゆるライフサイクルコスト削減への対応が目されてきたが、昨今では、特に省エネルギーや二酸化炭素排出量削減への対応が必要不可欠となってきている。

三菱電機では従来から昇降機の全国365日24時間体制のサービスを強味にしたビルシステムを販売展開してきたが、こうした21世紀のビル市場動向を踏まえて、さらに今回

“IT&ECO”をキーワードにしたセキュリティ重視・運営管理重視のビルシステムの開発に取り組むこととなった。

具体的には、ビル管理の分野ではオープン化対応・インターネット対応のビル管理システムやエネルギー管理手法を取り入れたビルマネジメントシステムを開発し、発売している。また、ビルセキュリティの分野では個人識別、特に生体識別技術に重点を置き、新しい小型指紋照合装置を開発した。指紋照合装置は利便性と安全性を併せ持ち、小型化かつ安価になったこともあってパソコンのログイン制御への使用などビル以外の用途でも急拡大している。

特に指紋照合装置の応用システムでは、以下に挙げる他社との共同開発を実施した。

- 松下電工(株)、三菱電機ビルテクノサービス(株)との
“次世代マンション インテグレートッド システム”
- (株)NTTデータとの“指紋認証付きICカードリーダー
イター”

今後とも多種・多用途化するビルセキュリティシステムやライフサイクルコスト削減のためのビルマネジメントシステムなどシステム&サービス開発に注力し、社会に貢献したいと考えている。

皆様の一層のご支援をお願いしたい。



富田 悟*

ITと環境対応で進化を続けるビルシステム

要 旨

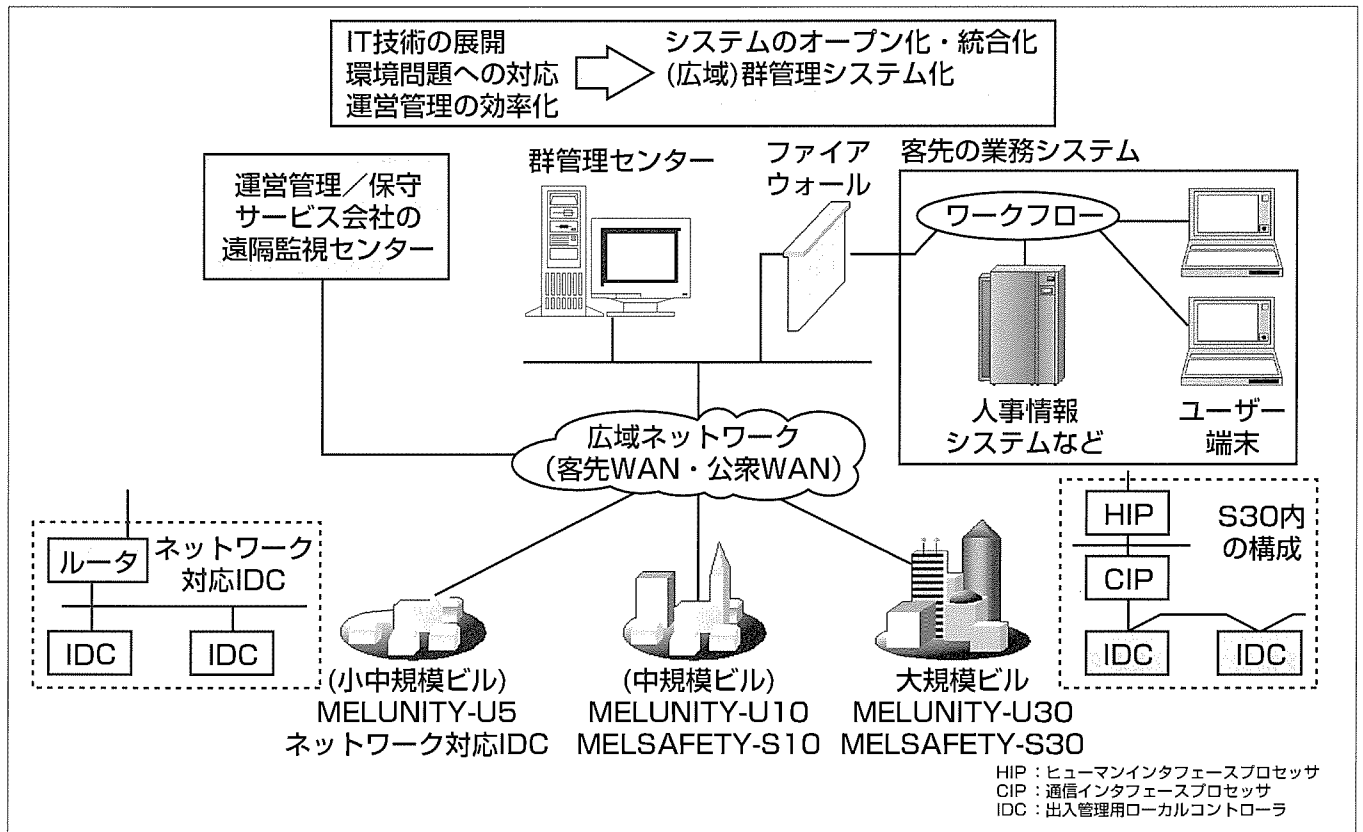
ビル管理システム(ビルオートメーションシステム：BAS)やビルセキュリティシステム(出入管理システム＝アクセスコントロールシステム：ACS)に代表されるビルシステムは、関連する社会動向及び技術動向に適応して進化を続けている。

最近のIT(情報技術)の急速な展開により、システムはオープン化や統合化といった構造的変化をなしつつある。また、近年の環境問題対策や省エネルギーに関しては、快適・利便性の追求と環境負荷軽減の二律を調和させる機能が

が求められている。さらに、経済環境的に厳しいビル／不動産業界にあって、経営資産としてのビル運用の観点からビル運営管理の効率化ニーズにも対応する必要があり、(広域)群管理ビルシステムの実現が期待されている。

本稿では、このように進化を続けるビルシステムの現状を紹介し、将来的な展望を述べる。特に、システムの構成・機能とビル運営管理サービスとの関係にポイントを置いて論じる。

特集Ⅱ



(広域)群管理ビルシステムの構成

個々のビルのビル管理システム(BAS)やビルセキュリティシステム(ACS)は、ビル相応の規模とし、広域ネットワークを介して群管理センターでビル群を統合管理する。システムは、顧客の業務情報システムと接続されて連動的に機能する。また、システムは運営管理/保守サービス会社の遠隔監視センターに接続され、システムの運用代行や迅速な故障対応が可能である。

1. ま え が き

ビルシステムは、おおむねビル内の物(設備)の運転・利用を主対象に、人や情報を含めて安全で快適・便利な状態に保つ役割を果たすが、最近の“IT”と称される情報通信関連技術の発展と急激な普及は、その手段としてのシステムに大きな影響を与えている。また近年、ビルシステムは、さらに環境問題対応など(ビルのオーナーやユーザーにとっての)社会的な責務を果たすことを支援する役割も担っている。

本稿では、そのような社会・技術動向の中でのビルシステムのオープン化と統合化、環境問題対応、広域ビル群管理等の動きを、ビル運営管理との関係に留意しながら論じる。

2. ビルシステム関連の社会と技術の動向

2.1 社会動向

表1に、ビルシステム関連の社会動向を、関連の法令や計画を年代順に並べて示す。一つはIT及びセキュリティ(防犯及び情報セキュリティ)に関するものであり、もう一つは環境問題に関するものである。いずれも近年の活発な動きを表している。

ITがもたらすネットワーク社会では、インターネットやICカードのような電子媒体によって、あらゆる種類の情報が物理的な距離や組織的な隔たりを越えて流通することになる。行政サービス、学校、病院などで取り扱う個人情報や、電子商取引や電子マネーで取引されるお金の情報などが、家庭や職場や市中の端末で閲覧・処理ができる。それに加えて、ネット経由やカード操作でビルの空調・照明・昇降機等の設備の個人適応型運転、自動販売機やコピー

一機等の備品のキャッシュレス利用、家庭のエアコンやVTR等の遠隔利用等ができることが期待される。一方で、ネット社会のもたらす脅威を解決するため、ネットにつながったデータベースや端末から組織の機密や個人のプライバシーを守ったりビル内各エリアの出入を制御して犯罪や盗難を防いだりする安全性も、ITによって次第に実現されつつある。

セキュリティについては、近年の社会の閉そく(塞)感やグローバル化によって、日本の安全神話が崩れつつあるという現実がある。その中で、共同住宅やオフィスビル、病院、学校等での防犯への配慮などのセキュリティニーズは高まってきており、ITを活用した防犯サービス事業が拡大傾向にある。

環境対策や省エネルギーに関しては、日本のような先進国では、地球全体の環境や子孫のために政府・自治体や企業や市民個人が負うべき社会的な責務であるとの意識が浸透してきており、最近では、関連法整備が進んでいる。オフィスや家庭でも、(エネルギーの大量消費や環境破壊につながる)快適利便性の追求と環境負荷軽減との調和が求められている。

ビルシステムに関連する建築・不動産や運営管理サービスの業界の動向も影響が大きい。大局的には、フローからストック(新設からリニューアル)、ハードウェアからサービス(建物や設備供給から資産マネジメント)へと主軸がシフトしつつある。その中で、本年9月に取引が開始された不動産投資信託など不動産証券化の動きは要注目である。ビルを経営資産として、“運用”によるビルの収益性を重視する。収益性を良くするためには、ビルの利用価値向上と管理コストの抑制が必要であり、ITを利用した運営管理サービスの効率化手段が重要である。

表1. ビルシステム関連の社会動向

IT & セキュリティ関連		環境関連	
1977	電子計算機システム安全対策基準	1968	大気汚染防止法
1985	金融機関等コンピュータシステムの安全対策基準	1971	水質汚濁防止法
1987	情報通信ネットワーク安全信頼性基準	1972	海洋汚染防止法
1988	「情報セキュリティポリシーに関するガイドライン」	1979	省エネルギー法
1995	情報システム安全対策基準	1993	環境基本法制定
1998	「行政機関の保有する電子計算機処理に係る個人情報の保護に関する法律」	1999	環境影響評価法施行
1999	改正住民基本台帳法成立	1999	改正省エネルギー法
2000	安全・安心まちづくり推進要綱	1999	地球温暖化対策の推進に関する法律
2000	電子自治体の推進化→電子政府システムの研究開発	2000	環境会計ガイドライン(2000版)
2000	IT基本法(高度情報通信ネットワーク社会形成基本法)	2000	容器包装リサイクル法完全実施
2000	不正アクセス禁止法	2000	ダイオキシン類対策特別措置法
2000	個人情報保護基本法制に関する大綱	2001	循環型社会形成推進基本法完全施行
2001	e-Japan重点計画案公表	2001	家電リサイクル法完全施行
2001	電子署名および認証業務に関する法律	2001	改正廃棄物処理法施行
2001	刑法改正(偽造に関する部分)	2001	資源有効利用促進法
2001	共同住宅に係る防犯上の留意事項及び防犯に配慮した共同住宅に係る設計指針について	2001	建設リサイクル法
2001	学校の安全管理緊急対策	2001	食品リサイクル法
		2001	グリーン購入法
		2001	屋上緑化に対する容積率の割増し(東京都)

2.2 技術動向

図1に、ビルシステムに関連が深い情報通信分野の技術の動向を示す。

ネットワーク社会の通信インフラとしての有線通信や無線通信は、高速・大容量化(ブロードバンド化)していく。インターネット技術が進んで、IPv6の採用でビルや家庭のほとんどすべての設備や機器がIPアドレスを持ってネットに接続される。また、音声(電話)や画像を含むマルチメディア情報をIPネットワークで通信できるようになり、遠隔管理サービス等の質が向上する。IP-VPNのようなセキュアな広域ネットも、ビルシステムのようなリアルタイム監視制御系でも将来的に実用可能になってくる。

今後の無線通信技術の発展も、ビルシステムへのインパクトが大きい。携帯電話はデータ通信速度が上がって画像伝送も可能となり、しかも、利用場所や利用時間に自由度が大きいので(ユビキタス)、それ自体がビルシステムの端末や保守・サービス用ツールとして有用になる。近い将来にGPSや個人識別の機能も備えると予想され、携帯電話そのものをRFID(ワイヤレスの個人識別端末)と考え、IDカードや電子マネーとして利用できることが期待されている。また、Bluetoothなどの近距離無線技術や無線LANは、安全性・信頼性の確立検証を経て、ビルシステムの省配線・省工事に利用の可能性がある。

暗号化や電子認証などの情報セキュリティ技術は、ビルシステムとOAなど他の業務系ネットとの連携接続で相互にシステムを保護したり、ビルシステム内部のネット上の通信データやデータベースの内容を守ったりするために利用される。指紋照合を代表例とするバイオメトリクス等の個人識別技術もこれと組み合わせてハイレベルの情報セキュリティを実現することが期待できる。

マイクロプロセッサのデータ処理速度は半導体技術の進歩で更に高速になり、現在ハードウェアで実装されている

機能の一部がソフトウェアで置き換えられ、システム装置はますますコンパクト化して、システムの中でソフトウェアの比重が増大する。システムは、ハードウェア及びソフトウェアの基本構造がすっかりしているので、ビルシステムに必要な様々な機能やノウハウを効率良く付加蓄積し、また更新していけるかどうかで優劣が決まってくる。

なお、図1には現れないが、ビルシステムとしては、エネルギー関連技術の展開にも注目したい。一つは比較的クリーンなエネルギーやコジェネレーションとして期待されているマイクロガスタービンや燃料電池のような分散電源装置であり、もう一つは各種の省エネルギー対策機器とその効果を計測管理するための省エネルギー支援機器の組合せである。これらはビルシステムやビル遠隔監視システムで管理する対象となり、そのデータ分析から最も効率的な運転方法を提案したり省エネルギーコンサルティング(ESCO)のような新しい運営管理サービス事業が育ってくる可能性を持っているのである。

3. ビルシステムへの展開

3.1 ビル管理システム

ビル管理システム(BAS)は、ビル内の物(設備)を快適・便利に運営管理することを第一義とする。そのBASでは、システムのオープン化と統合化が進展している。この方向に沿った統合BAシステムの基本的な構成の考え方を図2に示す。

統合BAシステムでは、システム内の上位ネットワーク(BAネットワーク)にはBACnet^(注1)、下位のフィールドネットワークやフィールド装置間にはLonWorks^(注2)というような標準又はデファクトスタンダードの通信ネットワー

(注1) “BACnet”は、ASHRAE(米国冷凍空調工業会)の登録商標である。

(注2) “LonWorks”は、米国Echelon社の登録商標である。

	~2000	2000~	2005~	2010~
携帯電話	(第二代) PDC, GSM, TDMA, cdma One 9.6~64kbps	(第三代) IMT2000 (W-CDMA, cdma 2000) 2001~ 384kbps (高速移動) ~2Mbps (準静止)		(第四代) ネット電話化 ~2010 2Mbps~数十Mbps
近距離無線		(Bluetooth) 2.4Gbps~1Mbps		
無線LAN		2.4GHz帯 11Mbps	2003ごろ 5GHz帯 36Mbps	超高速無線LAN
電力線利用		電力線利用の高速ネット ~2Mbps (2002~)		
有線電話		アナログ, ISDN, ADSL, CATV, 光ファイバ, IP電話導入	~2005	インターネット電話へ切換え 市内料金で長距離・国際電話 家電のネット端末化
IP技術への対応		IPv6 (アドレスが12けた<32ビット> →32けた<128ビット>)に)		
光通信		10Gbps/1波長, 1Tbps	~2005	10Tbps以上 1Tbps/1波長
放送のデジタル化		2000~ BSデジタル放送 双方向サービス	2003~ 2006~	地上波デジタル放送 (大都市圏) (その他地域) 2011 現行アナログ放送廃止
半導体微細加工		0.13μm 紫外線 (248nm)	2005ごろ	0.03μm以下 極紫外線 (EUV 13nm)
MPUクロック周波数		2GHz		数十GHz

図1. ビルシステム関連の技術動向

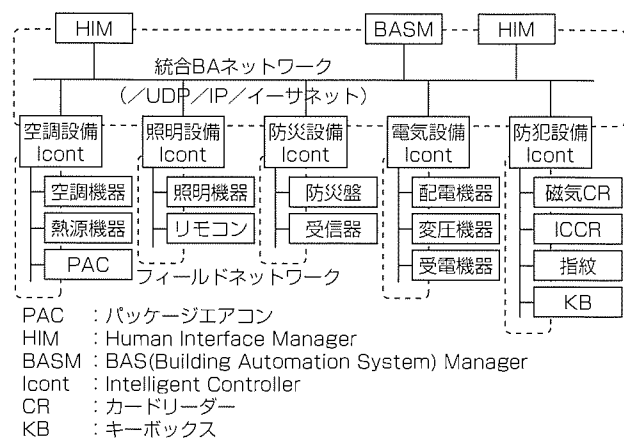


図2. 統合BAシステムの構成(社電気設備学会仕様)

クを用いる。それによって、空調・照明・防犯などの設備サブシステムごとの分散コントローラ(Icont)を統合的に接続して、システム全体の機能を構築する。

オープンシステム化のねらいは、ヒューマンインタフェース部(HIM:中央監視装置)やビル設備管理機能を持つビルマネジメントシステム(BMS)のためのコンポーネントとして汎用のパソコンを利用するダウンサイジングや、Icont以下のサブシステムやフィールドネットワークに接続される機器がマルチベンダー化することにある。つまり、システムの新設時や増設/改修時に特定のシステムメーカーに束縛されずにコストダウンしながら必要なシステム機能の実現を図ることであり、それは、ユーザーであるビル運営管理者や施主のニーズでもある。

しかし、現在までのところでは、HIMや各種Icontが図のようなすっきりした形で統合接続された統合BAシステムは実現できていない。まだ各ベンダーのサブシステム間の接続が真に標準化されていないし、フィールドネットワークの機能やエンジニアリングツールも十分ではない。フィールド機器もデファクトスタンダードのネットワークインタフェースを持つものが少ないので、HIMのベンダーすなわちシステムメーカーにとってシステム取りまとめのエンジニアリングコストが大きい。このように、ビル運営管理者の思惑どおりの構造はまだできていないが、流れはオープン化・統合化の方向にあることは間違いない。

BASと運営管理の関係におけるもう一つの大きな流れは、広域にまたがるビル群の統合管理機能の必要性である。個々のビルのBASは、ビルの規模に応じてコンパクト化し、BAS間を広域ネットで結んで統合管理する。2.1節で述べたような管理コストの抑制ニーズには、例えば、この高度なビル群管理機能により、比較的少数の常駐管理者と全国24時間サービス体制のバックアップによって多数のビルを効率的に管理することで対応することがある。

上記のような動きは、BASの機器よりは、それをツールとして実現する運営管理サービスの方に価値の重点がシ

フトしていることを表している。その意味で、ビル諸設備のデータ収集/管理設定用のHIMに対して、ビル運営管理のノウハウが入ったBMSやLCMS(ライフサイクルコストマネジメントシステム)のウェイトが相対的に高まりつつあると言える。

3.2 ビルセキュリティシステム(出入管理システム)

出入管理システム(ACS)は、ビル内の人及び資産の安全の管理を第一義とする。社会の安全意識が高まる中で、ACSのニーズは増加し、またACSに求められる機能も多様化している。

図3に、当社のセキュリティシステムへの取組を、ACSを中心にして年代順で表している。要素別に見れば、ICカード(接触型/非接触型)のISO化への対応、個人識別装置としては指紋照合と顔・サインなど他方式との複合認証などバイオメトリクス技術の積極的な活用、ACSとCCTVシステムとの統合化、情報系との統合ニーズへの対応、などが新しい動きであり、この状況は業界共通のものである。

最近では、ACSにおいても、広域ビル群の統合管理のニーズが出てきている。全国的又は国際的な展開がある官庁や企業組織では、個別のビルや業務拠点へのACSの導入を始めとし、拠点間の人の異動や移動、外部からの来訪者にも対応して確実な出入管理ができるように、各拠点のシステムをネットワークで結んで群管理する機能を必要とするようになってきた。

そのような広域群管理システムの構成は、要旨のページに掲載した図に示すようなものである。個別のビルには相応規模のACSやネットワーク対応のIDC(出入管理用ローカルコントローラ)を設置し、広域ネットワークを介して、群管理センターで全体の出入管理の状態を統合管理する。

このようなニーズに対応するために、ACS自体は、ハードウェア的、ソフトウェア的にも階層化・モジュラ化されていて、テナント向けにIDC単位で構成する小規模なシステムから超高層ビル全体を管理する大規模システムまで一貫した方法で構成できるスケラビリティを持ち、システムの拡張・変更やグレードアップ、他の情報システムとのインタフェース等への対応も容易であることが望まれ、その方向へ進化しつつある。

また、ACSの広域群管理ニーズが高まるネットワーク社会では、情報セキュリティニーズも大きく、ACSは二つの意味で情報セキュリティ機能を取り入れていく必要がある。一つは、ビル内の人や物(情報設備・機器を含む)とともに顧客の重要資産としての情報を守るために、暗号化や電子認証等の情報セキュリティシステムとACSの連携が考えられ、ネットワークや多機能カードでインタフェースしたACSで情報セキュリティ機能を組み入れることである。もう一つは、広域ネットワークを介してつながった

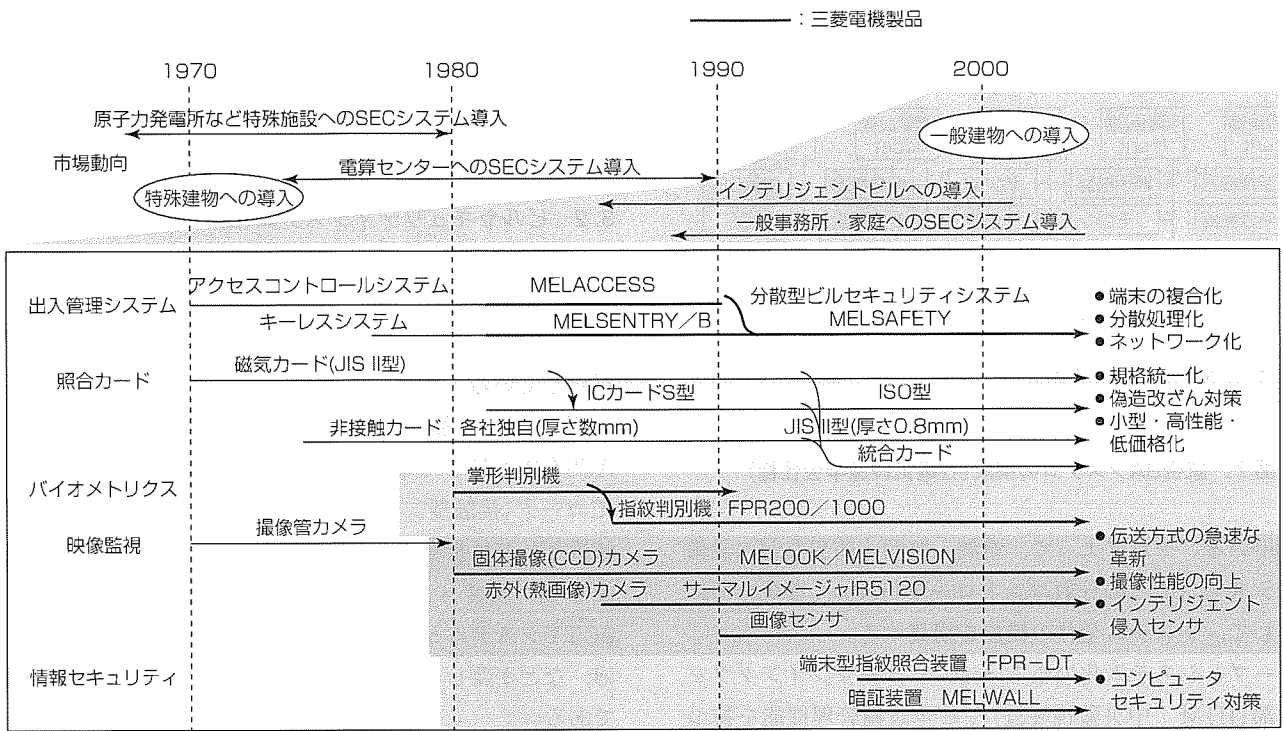


図3. 三菱電機のセキュリティシステムへの取組

群管理システムで、システム内部を流れるデータや制御情報を守るために情報セキュリティ機能を組み込むことである。

3.3 遠隔管理システム

ビルオートメーションの中で、ビルの昇降機を始めとして、空調・給排水・防災など各種設備が回線で監視センターと接続され、遠隔管理サービスを受けている。近年のインターネットや携帯電話の技術の発展により、利用回線が多様化するとともに通信速度が大きくなって、画像による監視や監視センターからの情報提供のような機能が付加されていく傾向にある。また、遠隔管理の対象が拡張されて、より多種のビル内設備・機器がネット接続されることにより、設備の合理的運転、消耗品補給、迅速な故障復旧など、ユーザーや運営管理者にとって総合的なサービスレベル向上につながる事が期待される。

さらには、BASやACS等のビルシステム自体に遠隔保守対応機能を組み込み、ビルシステムの運転状態の監視や

点検データ分析、データバックアップ、ソフトウェアのダウンロードなどをネット経由で遠隔監視センターから行うことにより、故障発生の未然防止や故障時の早期復旧に役立てることも実現されてくる。

4. む す び

ITの発展や環境など社会的な諸課題への対応によって、ビルシステムも変化を続けている。BASやACSに見られるオープン化・統合化や広域ビル群管理の動きは、当然、システムコスト低減やビル運営管理の効率化のニーズに対応したものであるが、同時に拡張性や柔軟性が増し、ビルの運営管理者やユーザーにとって望ましく使いやすいシステムに進化しつつあるとの見方を強調したい。

本稿ではビルシステムに関する業界での主な動向の記述に加えて筆者の予測ないしは期待に近い部分もあるが、ユーザーに望ましい方向に進む限りは、ビルシステムは今後も世の中で受容され伸びていくと信じるものである。

三菱統合ビルシステム “MELUNITY/MELSAFETYシリーズ”

曾我部淳子*

要旨

自社ビル・複合ビルなど建物の用途を問わず、近年ビル内におけるセキュリティシステムや出入管理システム (Access Control System : ACS) は急速に注目を集めており、ビルの安全運用を行うために必要なシステムとして導入が増加している。

三菱電機においても、ACS機能機種としてMELSAFETYシリーズを、またビル管理システム (Building Automation System : BAS) とACS機能を統合した機種としてMELUNITYシリーズを市場に投入しており、数多くの実績を積み重ねている。

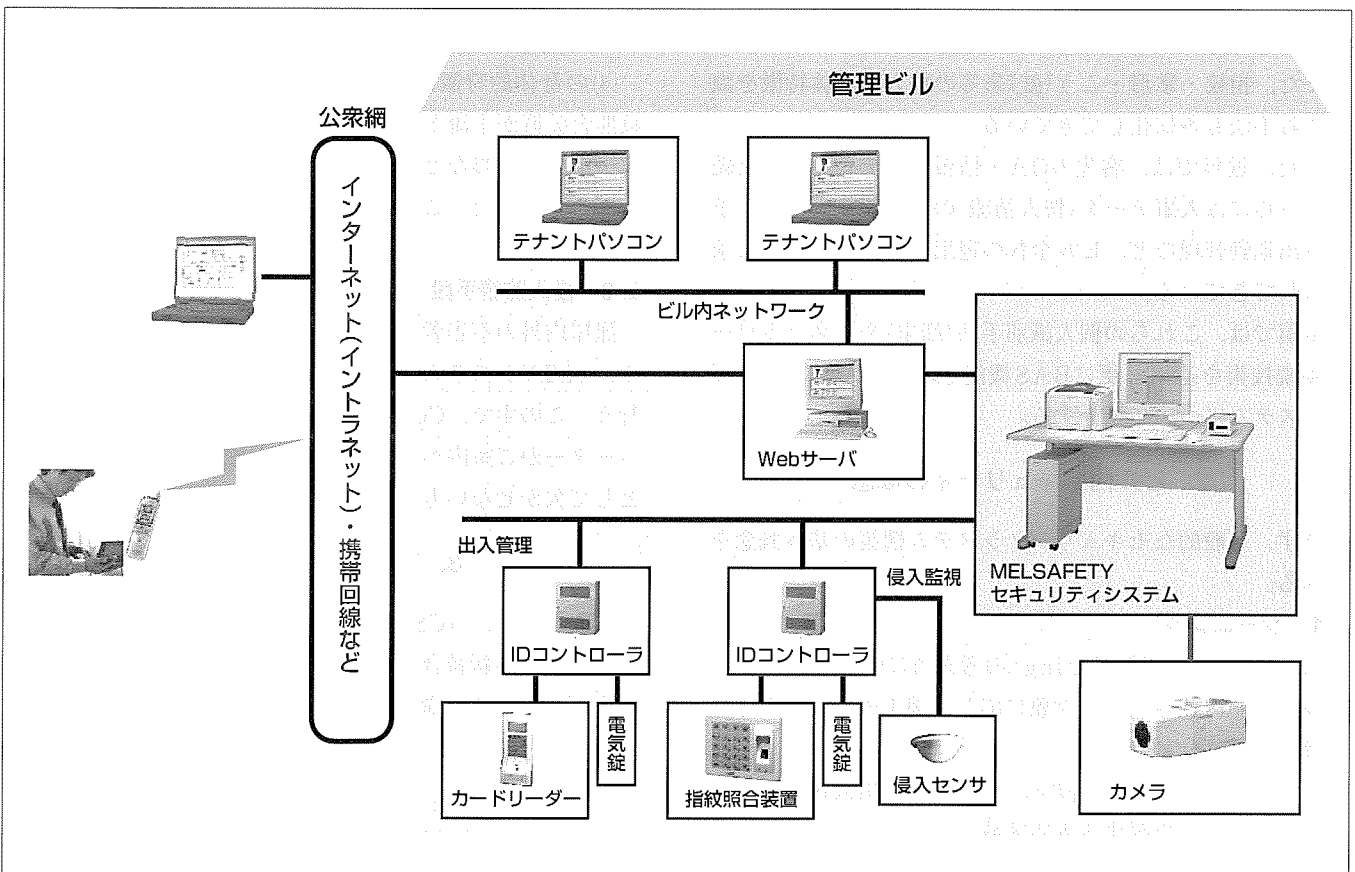
本稿では、ビル内セキュリティの概要とACSとBAS機能を統合し2001年から市場投入を行っている新統合ビルシ

ステムMELUNITY-U, MELSAFETY-Sシリーズについて述べる。

新統合ビルシステムの主な特長は次のとおりである。

- オープンネットワーク (BACnet^(注), LonWorks^(注) 対応)
- ビル内ネットワーク対応 (客先システムとの接続等)
- 多様なセキュリティ機能
- 豊富な個人識別端末
- ビル管理 (BAS) 機能の包含 (設備統合)
- 遠隔管理

(注) “BACnet”は、American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) の登録商標である。“LonWorks”は、米国Echelon社の商標である。



新統合ビルシステム(MELSAFETY-Sシリーズ)のシステム構成例

統合ビルシステムでは、入退室、設備、情報のトータル管理を特長とする。さらに、ネットワークへの対応、設備統合機能やセキュリティアプリケーションの充実により、ビル全体の効率運用支援や、多様化するシステム運用用途にも柔軟に対応するシステムへと発展させることが可能となる。

1. ま え が き

建築物内におけるセキュリティは、従来の金銭や貴金属等の財産を保護する目的のみならず、企業や個人にとっての情報の経済的・戦略的価値を保護するための手段としてその重要性がますます高まっており、ビルセキュリティシステムとして多くの建築物に導入されている。

ビルセキュリティシステムは、不審者の早期発見や犯罪行為の早期発見及び不正通行防止の防犯設備としての性格と、ビル設備管理や情報システム等とのリンクによるビルの効率的運用や情報管理を支援するシステムの二つの性格を持っている。

このように、システムの使用用途が多様化することに伴い、特に人の出入管理を行うことに欠かすことのできない個人識別手段は、日々発展を続けている。

従来、ACSにおける個人識別手段は、磁気ストライプ式のIDカード(JISⅡ型等の磁気カード)を利用したものが中心であった。近年では、ICチップを内蔵した記憶容量の大きなICカードや、操作性・耐環境性に優れた非接触カードなどの多種多様なカードが使用されてきている。さらに、教育機関などを中心に、他のシステムや他のビルとのカードの共有化も進んできており、更なる利便性かつセキュリティ性の向上が重要となってきた。

また、指紋・掌形・こう(虹)彩等の個人の身体特徴を識別する手法も多様化してきている。

また、近年では、客先のOA・情報システム等との接続や、さらには人事データ(個人情報)の共有化や、会議室予約や出退勤管理など、ビル全体の運用管理機能の充実も求められてきている。

本稿では、これらの個人識別手法(端末)や、ネットワーク接続技術を適用し更にBAS機能も取り込んだ新統合ビルシステムについて紹介する。

2. ビル内セキュリティの概念

まず、一般的なセキュリティシステム構築の基本概念を述べる。

2.1 ゾーニング

ビル内の防犯区域(Zoning)の考え方について述べる。ビルの防犯区域は、施設対象に応じ、図1のように大きく分けて四つに分割される。

レベルA：電子計算機室、金庫室、通信設備など機室を要する重要区域

レベルB：事務室、店舗など特定の従事者が出入りする専用部

レベルC：エレベーター

レベルD：出入口、通用口、共用部などの区域

分割された防犯区域の通行ゲートには、それぞれ重要度

(セキュリティレベル)に応じ、各々、個人識別端末を設置し、不正通行等を防止することとなる。

さらに、セキュリティ性を高めるため、各区域内や区域間の通行に制限を加える機能として、アンチパニック機能等がある。

2.2 個人識別端末

ACSに必要な不可欠な個人識別端末について述べる。

通行ゲートなどにおける通行許可の識別手段としては、

- (1) 個人記憶情報識別
- (2) 個人携帯情報識別
- (3) バイオメトリクス(Biometrics：身体的特徴識別)が存在する。

例として、(1)は、テンキー装置をゲートに設置し、暗証番号(PIN)を入力し、ゲートのロックを解除する、(2)は、カードリーダーを設置し、IDカード情報を登録情報と照合する、(3)は、個人の身体的特徴(指紋等)を照合する、が挙げられる。

(2)のIDカードによる識別方式は現在も主流である。さらに近年のカード社会を反映し、電子マネー、交通機関定期券、免許証のカード化や、ICカード(外部端子付き及びコンタクトレス)の国際標準化(ISO)による各種システムのカード共有化が進むことで、カードの利用がますます増大し、多様化することが予想される。

(3)の身体的特徴識別としては、小型化が進んでいる指紋照合装置が主流となりつつあり、あわせて、顔認識・声紋・網膜・虹彩なども特定分野ではあるが利用され始めてきている。また、これらの識別方式の複合認証も実用化されつつある。

2.3 侵入監視手段

建屋内外の不審者の監視は、各種侵入センサによる検出や、CCTVシステムによるセンターでの監視などによって行う。この中で、CCTVシステムによる映像監視は、エレベーターかご室内への設置等、最も確実な判断・記憶手段として欠かせないものとなっている。

3. 新統合ビルシステム

この章では、ACS機能とBAS機能の統合とITに重点を置いた当社の新統合ビルシステムの特長を述べる。

まず、システム構成概要を図2に示す。

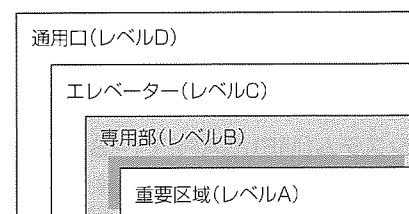


図1. 防犯区域

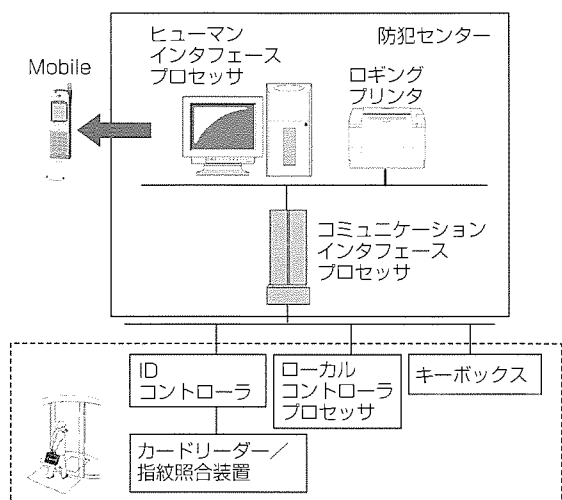


図2. 統合ビルシステム構成概要

3.1 オープンネットワーク

ネットワークを介して多彩なサービス提供を目指すとともに、標準設備インタフェースの対応を実現した。

近年、ビル管理システム(BAS)としての他社設備との接続や防犯設備管理(ACS)としての他社ビル管理システム(BAS)との接続において、BACnet等の標準設備インタフェースによる対応要求が増加している。

そこで、ACS機能とBAS機能の統合システムという特長を生かし、当社システムがBAS、ACSいずれの役割を担う場合においても、標準設備インタフェースによる接続を可能とし、現在、着実な実績を積み重ねている。

対応ネットワークとサービス機能を表1に示す。

3.2 ビル内ネットワーク対応

当社のシステムは、ヒューマンインタフェースのオペレーティングシステムとして、MS-Windows NT(以下“NT”という。)を採用している。このことにより、NTの標準搭載のTCP/IPプロトコルによるネットワーク構成が可能となり、ビル内のOA-LANと接続し、データベースの共有化(オープン化)等を実現させた。

この機能を応用することで、人事・情報・OA等の客先システムやカード印刷システムなどの他社システムとの接続が容易となり、幅広い機能を持ったシステム構築が可能となった。

さらに、個人識別端末制御装置(IDC)をLAN接続可能としたことにより、ビル内のLANを活用したセキュリティシステム構築が実現し、工事コストの削減にもつながる。

このように、様々な設備・機器や他のシステムとの接続が必ず(須)となってきていることから、今後、情報セキュリティへの対応についても更に強化していく必要がある。

3.3 多様なセキュリティアプリケーション

社会全般の安全意識が高まり適用分野が拡大することで、セキュリティシステムの機能の向上が求められてきている。

表1. ネットワークと各種サービス機能

ネットワーク		サービス機能
ビル内	LANネットワーク	イントラネットによるテナントサービス
ビル外	INS (インターネット)	遠隔発報, インターネットによる管理サービス, 群管理
ビル内	BAC net	他の設備サブシステムとのリンク
ビル内	LonWorks	LonWorks対応設備の管理

当社のシステムでは、下記のような様々なアプリケーションで多様化する客先要求に対応している。

(1) アンチパスバック(在室管理)

各通行区域の入出に個人識別端末を設置し通行順序・方向を通行制限判断に加えることで、不正なアクセスを防止する機能を実現した。

さらに、これらの区域間にもこの機能を適用することにより、通行経路の管理や各区域に在室している人の管理も可能となった。

(2) 2人認証(照合)

2.1節で記述したゾーニングのレベルA(重要)のような区域では、各通行区域の入出に個人識別端末を設置し通行制限を行うだけでは不十分である。

そこで、そのような区域に適用するため、2人の複合認証によって入室・退室を許可するという更に高いレベルのセキュリティ機能を実現した。

(3) 他システムとの個人情報共有

客先人事システムやカード印刷システム、さらには、ビル内の他システムと個人情報を共有するケースが増加してきている。

そこで、3.2節の機能を応用し、他システムとの接続による個人情報の受け渡しを実現した。

このことにより、ビル全体の運用管理の効率化が可能となる。

(4) 他システムへの通行情報の送信

出入管理システムには、通行区域に設置された個人識別端末の操作による人の出入り管理(通行記録)機能がある。

この機能と3.2節の機能を応用し、出退勤データの管理システム等との接続による通行情報の送信を実現した。

このことにより、他システム上で目的に応じたデータ収集・編集が可能となり、出退勤データの作成など多様化する客先要求に対しても柔軟な対応が可能となった。

(5) 指紋やIDカード情報によるセンター監視装置操作制限

センター監視装置の不正操作防止を実現するため、従来のID番号のキーボード入力による認証方式に加え、指紋やIDカード操作による操作者認証方式を実現した。

このことにより、センター装置操作においても、セキュリティ性を向上させることが可能となった。

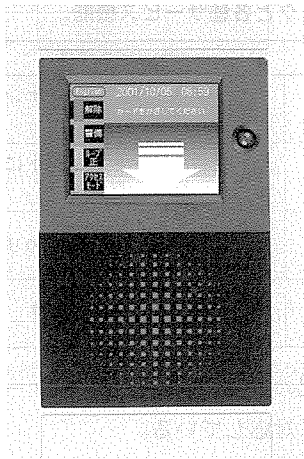


図3. 液晶付き非接触カードリーダー

3.4 豊富な個人識別端末の接続

個人識別端末としては、当社は、既に多くの実績を積み重ねてきている。

さらに、システムの使用用途の多様化に向け、従来の磁気カードリーダー、非接触カードリーダーに加え、新型小型指紋照合装置、国際標準化対応(ISO)型非接触カードリーダー、操作性を向上させた液晶付き(タッチパネル)非接触カードリーダーを加えた。

液晶付き(タッチパネル)非接触カードリーダーの外観を図3に示す。

3.5 ビル管理(BAS)機能の包含(設備統合)

ACS機能とBAS機能を統合することにより、1台のセンター装置で設備管理と入退室管理が可能となり、省スペース、省コストを実現した。

また、各通行区域に設置されている個人認証端末操作と連動させ、照明・空調の運転・停止や、エレベーターサービスの解除などの設備連動を容易に実現可能とした。

表2に統合システム(MELUNITY-Uシリーズ)の機能一覧を示す。

3.6 遠隔管理

インターネットの活用により、遠隔複数ビルの統合監視やWebサーバを介した遠隔からの制御等の機能を実現した。

さらに、従来の加入回線による警備会社への通報に加え、携帯電話への警報通知も可能とした。

表2. MELUNITY-Uシリーズの機能一覧

防犯	防犯監視	共 通	状態監視
	警備連動制御		警報監視
	通行制御		警報パターン設定
	キーボックス		計測監視
	カード発行管理		上下限監視(計測)
	指紋データ登録		偏差監視(計測)
	お客様システムからの個人登録		計量監視(積算)
運用管理	オペレータパスワード	電 気 ・ 空 調 ・ 防 災 ・ 昇 降 機	遠方発停操作(個別・グループ)
	カード・指紋による操作制限		発停失敗監視
	未確認警報一覧		不一致監視
	履歴(履歴)		遠方設定操作
	サマリー		重要設備の誤操作防止
	監視対象設備及び機能プログラムの制御		グループ設定
	定期点検通知		テナントカレンダー
	設備情報表示		スケジュール発停制御
	個人情報表示		イベント制御
	自動検針		他の機能プログラムの制御
	運転時間積算		日報
	起動回数積算		月報
	警報回数積算		年報
マネジ メント サ ー ビ ス	延長運転時間積算	電 気 ・ 空 調 ・ 防 災 ・ 昇 降 機	傾向測定/トレンド監視
	季節運転時間積算		バーグラフ表示
	検針データのあん(按)分		ポケットベル呼出し
	課金装置への自動検針データの送出		制御機能間の優先順位
	日報・月報・年報・自動検針の項目設定		操作支援表示
	日報・月報・年報・自動検針の表示		画面の自動消去
	画面のハードコピー		グラフィック画面
	MOディスクへのデータ保存		グラフィック画面の4分割
	名称の簡易設定や簡易変更		画像表示
	簡易グラフィックツール		ダイヤモンド監視
テナ ン ト サ ー ビ ス	遠隔監視(モニタ盤)	電 気 ・ 空 調 ・ 防 災 ・ 昇 降 機	力率改善制御
	台帳情報管理		停電時制御
	設備稼働状況管理		復電時制御
	保守作業実績		B/NET(当社照明システム)など照明制御
マ ネ ジ メ ン ト サ ー ビ ス	品質報告書	電 気 ・ 空 調 ・ 防 災 ・ 昇 降 機	最適予冷・予熱制御
	修繕工事実績		夏冬切換え制御
	設備稼働状況管理		外気冷房制御
	計画書		間欠運転制御
マ ネ ジ メ ン ト サ ー ビ ス	その他特記事項	電 気 ・ 空 調 ・ 防 災 ・ 昇 降 機	自動遠方制御
	状態一覧		MELANS(当社空調システム)など空調制御
	スケジュール延長		防災監視
	個人情報登録		火災連動制御
マ ネ ジ メ ン ト サ ー ビ ス	グラフィック画面	電 気 ・ 空 調 ・ 防 災 ・ 昇 降 機	昇降機監視

4. む す び

以上述べたように、新統合ビルシステムでは、セキュリティシステム機能の充実を図りビル管理システム機能を包含したことにより、従来にも増して柔軟なシステム構築が可能となった。

今後も、システムの使用用途の拡大や客先ニーズの多様化に向け柔軟な対応を目指し、発展し続けるシステムでありたいと考えている。

三菱統合ビルオートメーションシステム “MELBAS-ADシリーズ”

岡野 勝* 織野由香里**
 福田浩士*
 後藤裕香里*

要 旨

地球環境保護と省エネルギーは21世紀の最重点課題である。一方、IT (Information Technology : 情報技術) はあらゆる分野に普及し革新を生み出すとともに、その活用による環境・省エネルギー問題の課題解決への貢献が期待されている。

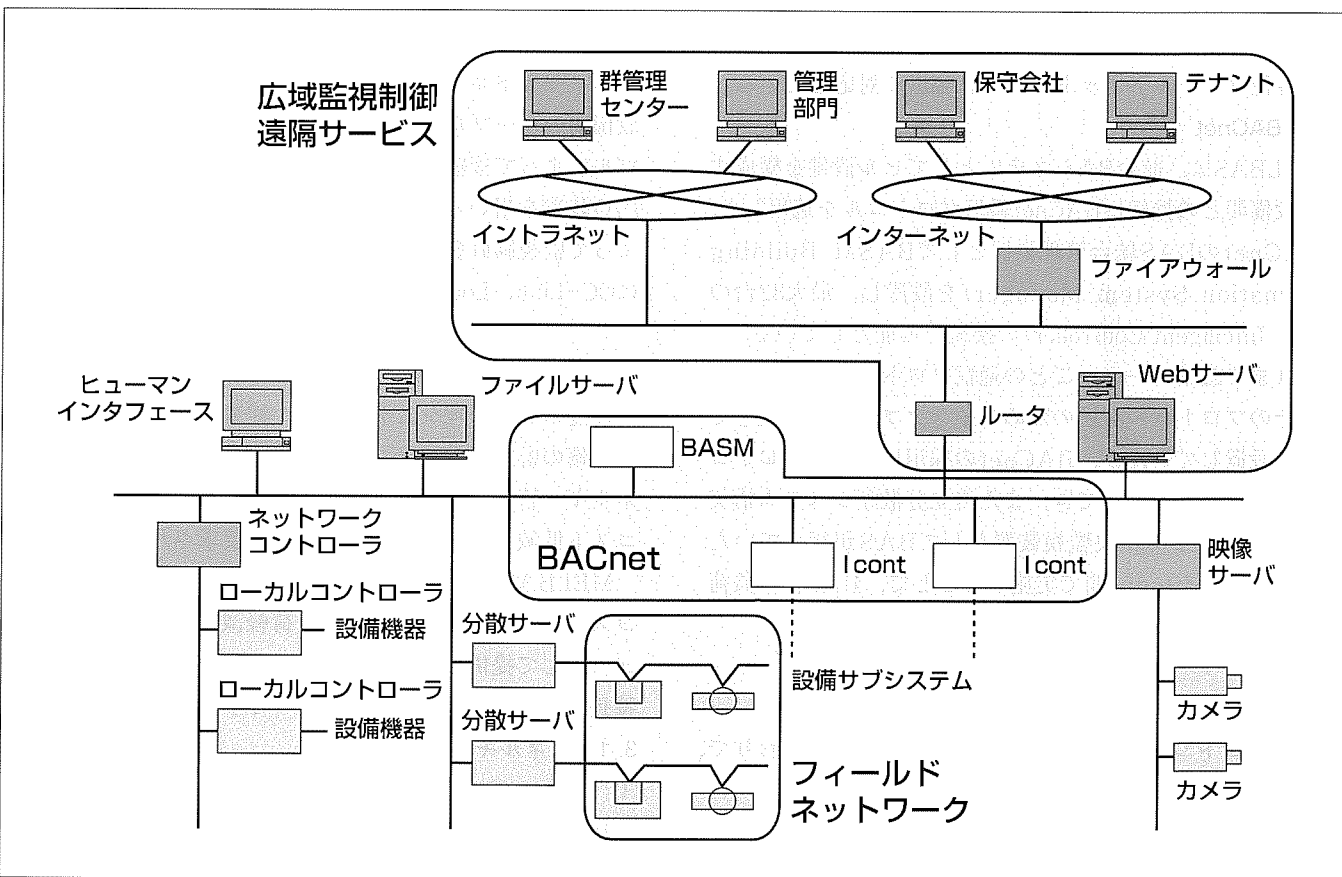
ビル管理システム (Building Automation System : BAS) は、単なる設備監視制御だけでなく、快適性・安全性を保ちながら運営管理コストやエネルギー消費などを抑え、効率的なビル運営管理を実現できることが求められている。また、システムのオープン化への要求も強く、BACnet^(註) やフィールドネットワークへの対応が求められている。“MELBAS-ADシリーズ”は“ビル設備の監視制御”機能に“ビル運営管理支援のための情報処理”を行うビルマネジメントシステム (Building Management System : BMS) 機能を

を融合した統合ビルオートメーションシステムであり、以下の機能充実を図った。

- (1) BACnet対応
- (2) フィールドネットワーク対応
- (3) ビルマネジメント機能
- (4) Web応用監視制御
- (5) μ Webサーバ

今後の取組としては、地球的課題となっているCO₂削減対策として、IPネットワークを活用したビル群管理システムの構築による省エネルギー推進、エージェントの活用、電力供給サイドと需要サイドとしてのビル管理システムが連携した地域デマンドサイドマネジメントの開発を実施していく予定である。

(注) “BACnet”は、米国冷暖房空調工業会の登録商標である。



三菱統合ビルオートメーションシステム“MELBAS-ADシリーズ”

MELBAS-ADシリーズは、BACnet対応、フィールドネット対応、ビルマネジメント機能、インターネット/イントラネット応用機能を強化し、ビル設備の監視制御にビル運営管理支援のための情報処理機能を融合した統合ビルオートメーションシステムである。

1. ま え が き

1997年12月に開催された地球温暖化防止京都会議、'99年4月の「エネルギー使用の合理化に関する法律」(略称：省エネ法)の改正など、地球環境保護の重視と省エネルギーの社会的要請が高まっている。ビル管理システム(BAS)は、単なる監視制御だけでなく、快適性・安全性を保ちながら運営管理コストやエネルギー消費などを抑え、効率的なビル運営管理を実現できることが求められている。

また、米国ANSI/ASHRAE規格135-1995のBACnetがオープンな標準通信プロトコルとして制定され、さらに、広域ネットワークを構築可能とするBACnet/IPが追加されている。我が国では、2000年7月、電気設備学会がこのBACnetをベースにBAS標準インタフェース仕様(IEIEJ/p-0003-2000)を制定した。

本稿では、これらの社会的ニーズとオープン化に対応するための三菱統合ビルオートメーションシステム“MELBAS-AD”の機能拡充開発について述べる。

2. オープンネットワーク対応機能

センターネットワークにはBACnetと三菱電機(当社)の高信頼性リアルタイムネットワークの共存を可能とした。

ローカルネットワークにはLonWorks[®](注1)、CC-Link[®](注2)等の各種フィールドネットワークに幅広く対応している。

2.1 BACnet

MELBASは、統合BAシステムとしてビル設備を構成する各設備間との接続にBACnet通信プロトコルを適用した。

BACnetのBAS統合管理装置としてBASM(Building Automation System Manager)を設置し、最大32台のIcont(Intelligent Controller)の接続を可能としている。

これまで設備メーカーごとの通信プロトコルの違いによってそのプロトコル変換のためのインタフェース装置をそれぞれ設置していたが、BACnetの採用によってプロトコルの統一を図ることができ、また自立分散型システム構築により、これまで中央監視装置としてBASが行っていた各種連動機能をIcont間で実施することで、BAS側の負荷を軽減化している。

(1) ネットワーク仕様

(a) プロトコル

プロトコルアーキテクチャは図1に示すとおりで、下位層にUDP/IPを使用

(b) IPアドレス

クラスCのプライベートアドレスを使用

(c) 物理層の仕様

伝送速度は10Mbps

(2) BASMの特長

(a) BASMとして、ファンレス、ディスクレスの専用

アプリケーションプログラム		BASアプリケーションプログラム		
		BACnet オブジェクト	IEIEJ定義オブジェクト	
7層	アプリケーション	BACnet 標準 オブジェクト	拡張 オブジェクト	汎用 オブジェクト
6層	プレゼンテーション	BACnetサービスのサブセット		IEIEJ定義外部モード 通告サービス
5層	セッション	BACnet Network Layerのサブセット		
4層	トランスポート	BACnet Virtual Linkのサブセット		
3層	ネットワーク	NULL 注) NULLとは該当レイヤが存在しないこと		
2層	データリンク	UDP		
1層	フィジカル	IP		
イーサネット				

図1. プロトコルアーキテクチャ

コントローラを採用し、高信頼性を確保

- (b) 当社従来方式との互換性を持ち、設備サブシステムのBACnet方式へのリプレースに柔軟に対応可能
- (c) 電気設備学会仕様(IEIEJ/p-0003-2000)に準拠しているため多数のベンダーとシステム接続可能

2.2 フィールドネットワーク

フィールドネットワーク技術はローカル装置-監視対象設備間のケーブル接続を省線化するもので、従来多心ケーブルによって接続する必要があったが、分散サーバと分散PIO装置を用いることにより、2Pケーブルの渡り配線によって監視制御を行うことが可能である。“MELBAS”ではCC-Link、LonWorks[®]に対応した。

3. ビルマネジメント機能

最近のビル管理システムでは、従来からの機能であるビル設備の監視制御機能だけではなく、設備の保全管理、エネルギー管理、テナント管理など、ビルのライフサイクルコスト低減を目指した幅広い機能が要求されている。

MELBAS-ADでは設備保全コストの低減、エネルギーコストの低減、運用担当者の負荷軽減に役立つ機能をメニュー化して提供しており、機能の一覧を表1に示す。また、特長な機能について以下に述べる。

3.1 エネルギー管理

(1) エネルギー集計

ビルの電力・ガス・水道など各種のエネルギー使用状況を集計し、リスト印字やグラフ表示を行う。

(注1) “LonWorks[®]”は、米国エシェロン社が開発したインテリジェント型フィールドネットワークである。

(注2) “CC-Link”は、三菱電機が開発したオープンフィールドネットワークである。

表1. ビル管理システム機能一覧

機能名称	機能名称
監視制御機能	<防災設備機能>
<共通機能>	防災監視
状態監視	火災連動制御
警報監視	<防犯設備>
計測監視	防犯監視
計量監視	警備連動制御
遠方発停操作	ビルマネジメント機能
遠方設定操作	<エネルギー管理>
スケジュール発停制御	エネルギー集計
イベント連動制御	最適運転計画制御
日月年報	<保全管理>
日月年報データグラフ	設備台帳管理
トレンド監視	管理データ収集
ヒストリー	設備履歴管理
サマリー	点検スケジュール管理
保守データ	保全スケジュール管理
自動検針	図面管理
ワンポイント表示	<課金>
連絡先表示	入金管理
故障時対応表示	請求書発行
定期点検通知	検針データ収集
<電力設備>	<テナントサービス>
デマンド監視・制御	空調延長予約
力率改善制御	空調温度設定
停復電制御	会議室予約
<空調設備>	インフォメーションサービス
シーズン切換制御	

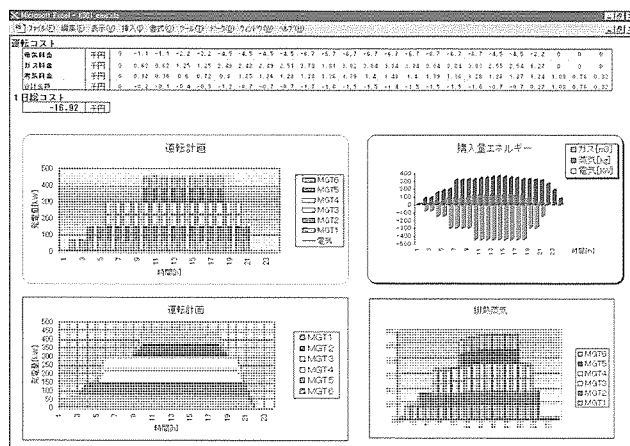


図2. 熱源需要予測・最適運転計画立案画面例

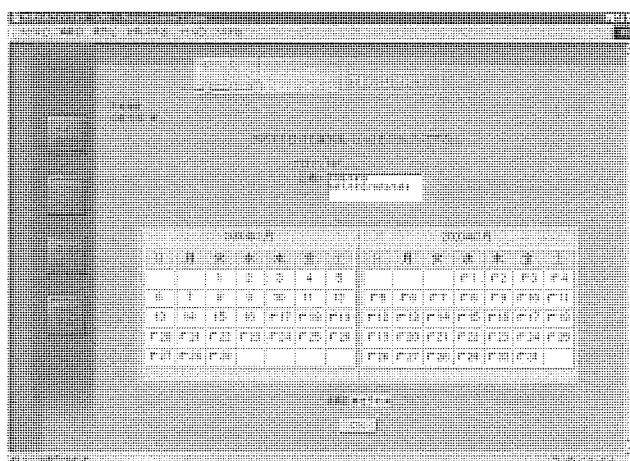


図3. テナントサービス画面例

(2) 熱源需要予測・熱源最適運転計画立案

過去の運用実績データ及び気象データからビル運用に必要なエネルギー量を予測する。そして、熱源機器の能力とエネルギーコストから省エネルギー・省コストを実現する最適な運転スケジュールを立案する。画面例を図2に示す。

3.2 インターネット利用テナントサービス

従来から、電話や専用端末を使用して空調延長や空調温度設定などの機能を実現してきた。しかし、昨今のインターネット人口の急増を踏まえて、各テナントユーザーの持っているパソコンを使用して、インターネット経由で空調延長申請や空調温度設定、会議室予約、インフォメーションサービスを行う機能を実現した。

(1) テナント空調延長予約・空調温度設定

テナントユーザーが持っているパソコンのブラウザから、最大2か月先までの空調延長予約や、複数区画・複数日を指定しての一括予約などを行うことが可能である。また、予約の状況や過去の延長履歴なども閲覧できる。画面例を図3に示す。

(2) 会議室予約

会議室の予約・取消し及び変更、予約の状況・使用履歴の閲覧ができる。

(3) インフォメーションサービス

テナントのパソコンから、設備に関する連絡事項を閲覧することができる。インフォメーションの管理機能(制作・修正・削除・配信・既読/未読)も充実している。

4. Web応用機能

4.1 Web対応ビル管理機能

MELBAS-ADでは、一部の機能をWeb機能として提供するのではなく、ビル管理システムに要求される監視制御機能のほぼすべてをWeb化可能である(表1)。

(1) システム構成

Web機能を実装する場合のシステム構成例を図4に示す。Webサーバは2台まで設置が可能であり、負荷分散及び1台ダウン時の代替に利用できる。ビルの監視制御用の端末は、ビル内イントラネット等を介して群管理センターやビル管理員の自席端末に接続される。また、テナントサービスを提供するためのテナント端末は、イントラネット又はインターネットを介して接続する。インターネットを介して接続する場合には、セキュリティ確保のためファイアウォールの設置が必ず(須)となる。

(2) 監視制御機能

監視制御にはリアルタイム性が要求されるため、Javaアプレットを採用して構築している。一般にビル管理システムの監視制御画面は設備機器をグラフィカルに表現する方式が主流であるが、Java標準のAPIであるAWT(Abstract Window Toolkit)は、機能が低く、グラフィカルな画面を構築することは困難である。そこで、当社製のJavaライブラリであるDooars(Distributed Object-Oriented Architecture for web-based System)を採用し上記要求をクリアしている。

Dooarsでは画面をCADツールで作成することができ、複雑な画面の作成が可能となるとともに、生産性も向上している。

(3) 帳票表示機能

日月年報などビル管理システムで収集したデータを端末に表示する機能は、Web化の最も得意とする機能である。実現手法としては、WebサーバでJavaサーブレットを用いてHTMLファイルを生成し端末へ転送・表示する。また、表示データをCSV形式で出力する機能を持ち、ユーザーによる自由なデータの加工・分析を可能にしている。

4.2 μWebサーバ応用機能

一般のビル管理システムの場合は専用線をビル内に配線してシステム構築を行う方式が主流であるが、大学や研究所など広い構内に監視対象機器が点在している場合は、既に構築済みの汎用構内LANを用いて監視制御を行いたいという要求も多い。さらに点在する機器を監視する場合、センターでの監視とともに、機器設置場所近くで監視を行いたいとの要求もある。これら要求にこたえるため、Webサーバ機能を搭載するとともに汎用LANに接続でき、ファンレス、ディスクレスによって信頼性向上を図ったμWebサーバを開発した。

(1) システム構成

μWebサーバを適用したシステム構成例を図5に示す。μWebサーバは、分散配置され汎用LANに接続された端末から、Webブラウザで接続することで監視を行える。また、μWebサーバはCC-Linkに対応しており、CC-Linkに対応した汎用I/Oの分散設置が可能である。

(2) 統合監視、自動通報機能

μWebサーバに個別接続しての監視は一覧性に欠ける。そのため、センターに設置された統合Webサーバを用いることで、すべてのμWebサーバのデータを統合監視できる。また、通報サーバから警報発生時にメールや電話への自動発報を行うことも可能である。

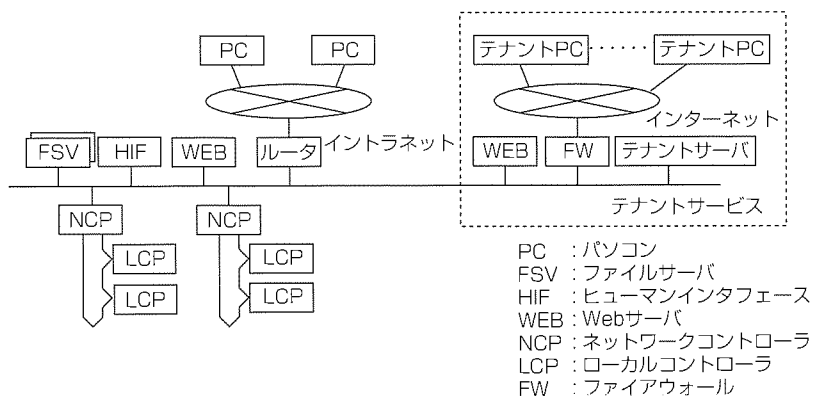


図4. Web対応ビル管理システムのシステム構成例

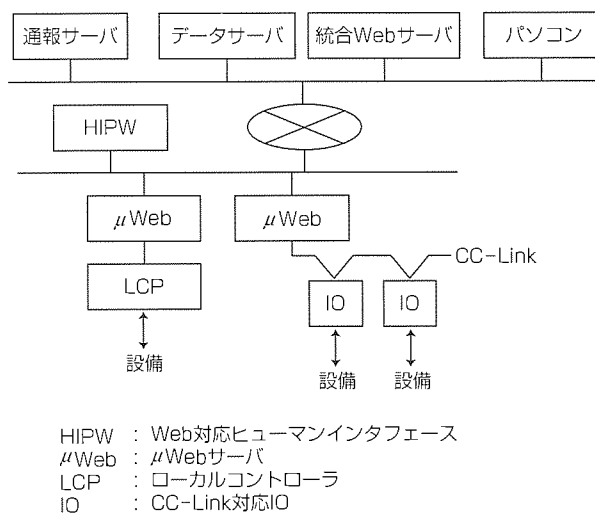


図5. μWebサーバ応用システム構成例

5. むすび

三菱統合ビル管理システム“MELBAS-ADシリーズ”におけるオープンネットワーク対応機能、ビルマネジメント機能、Web応用機能について述べた。

ビル管理システムにおけるオープン化は急速に進展しており、本稿で紹介したBACnet、フィールドネットワークはその有力なツールである。今後、これらツールの使い方の標準化が課題である。

また、21世紀を迎え電力負荷平準化とCO₂削減が地球的課題となっている。この対策としてIPネットワークを活用したビル群管理システムの構築による省エネルギー推進、電力供給サイドと需要サイドとしてのビル管理システムが連携した地域デマンドサイドマネジメントの開発が必要である。

参考文献

(1) 上田隆美, 鈴木直彦: エネルギーマネジメントシステム, 三菱電機技報, 75, No.9, 595~598 (2001)

三菱ビルマネジメントシステム

鈴木 勇人*
曾我部 秀史**
阪田 哲***

要 旨

現在、三菱電機(当社)を取り巻くビル業界では、ビルの建て替え、設備の投資は減少し、建物・設備の長寿命化を図り、全ライフにわたる経済的負担を総合的に抑制し、ランニングコストを最適化する傾向は、更に高まると予測される。

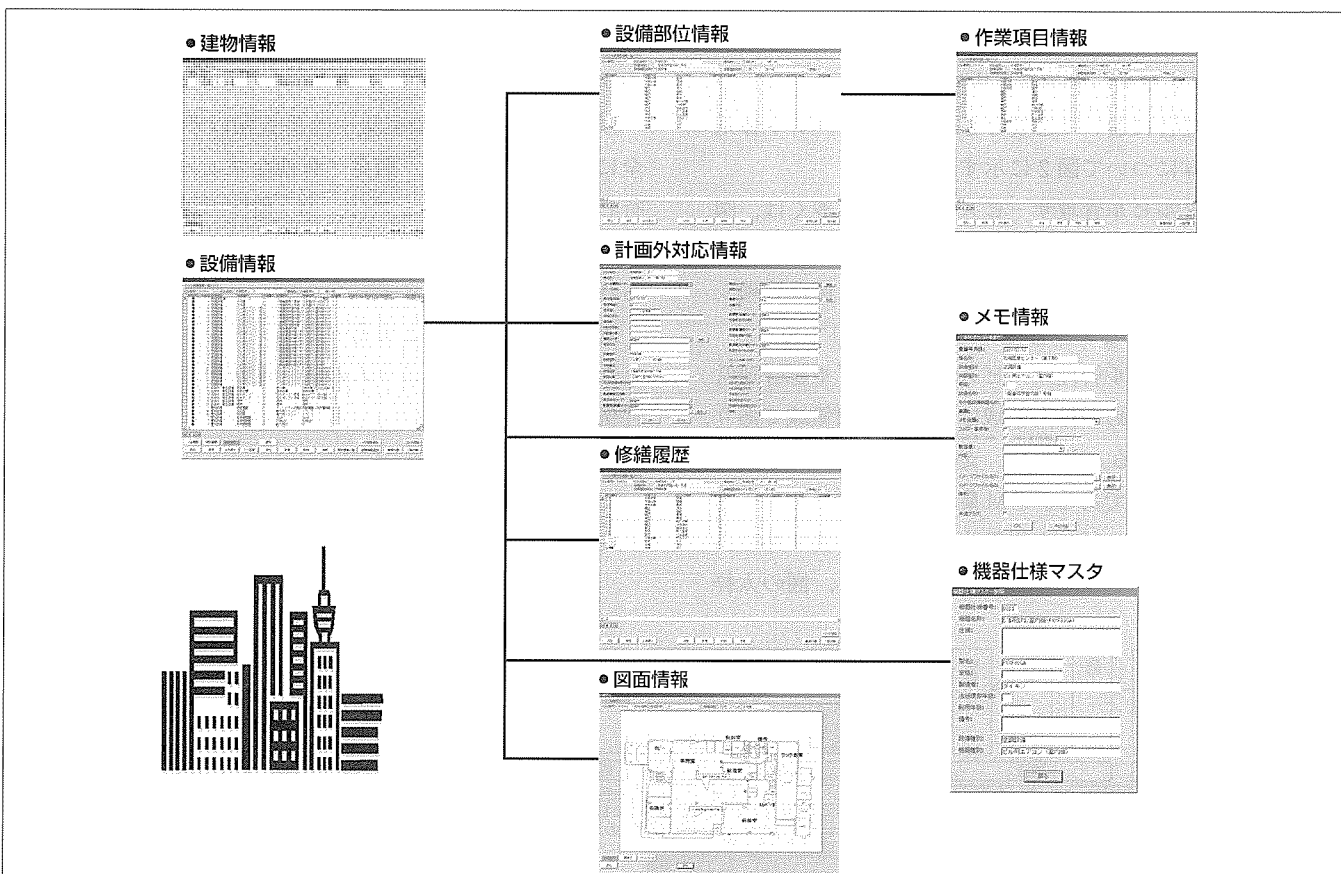
ビルの企画・設計段階から廃棄までのライフサイクルでランニングコストの占める割合は、ライフサイクルコスト(LCC)全体の7割から8割である。これを抑制することは重要な課題であり、その支援システムとして、高度なビルマネジメントシステム(BMS)が求められている。

開発したBMSは、中・大規模ビルシステム拡販に向けた新システムであるが、トータルビル管理サービスの受託に向けた支援システムでもある。ビルのライフサイクルの

全フェーズ(企画・設計→建設→運用管理→処分)で対応する。

当社グループ(三菱電機及び三菱電機ビルテクノサービス)は、ビルのオーナーの経営的視座に立った活動が可能であり、メーカーとサービス会社のボーダレス化した多面的役割を担っている。また、顧客に価値を提供する技術と全国対応の体制はBMS開発に大きな強みである。

開発したBMSの特長は、これまでの設備管理システムの実績をベース(経験、ノウハウ等を盛り込み)にブラッシュアップして搭載し、テナント管理システム、更には省エネルギーのニーズにこたえてエネルギー管理まで拡充し、有機的(関連情報のつながりを持たせる意味)に構築したシステムを完成した点である。



ビルマネジメントシステムの設備管理機能活用例

設備情報を中心に各種関連情報とのリンクをとり、管理業務に必要な情報の一元管理を行う。

1. ま え が き

現在、ビル業界において、ビルの建て替え、設備の投資は減少しており、建物・設備の長寿命化を図り、全ライフにわたる経済的負担を総合的に抑制し、ランニングコストを最適化する傾向は、今後更に高まると予測される。

本稿では、ファシリティマネジメント(FM)の支援システムとして、ランニングコストの低減、品質維持及びIT(情報技術)の導入を含めたコストパフォーマンスの向上を目的とするBMSの開発と、トータルビル管理サービスの高度化について述べる。

2. ビルのLCCにおける当社の活動

ビルの企画段階から廃棄までの生涯コストであるLCCでランニングコストの占める割合はLCC全体の7割から8割と調査報告されており(図1)、LCCにおけるランニングコストを抑制するニーズは高まるばかりである。一般的にはメーカー系とサービス会社系でしゅん(竣)工を分岐に活動が分かれているが、図の※部分に示すように、ライフサイクルの全フェーズで対応する当社は、ビルオーナーの経営的視点に立ってビルの生涯にわたったあらゆる活動が可能である。

3. ビルマネジメントの現状とこれまでの問題点

3.1 ビルのマネジメント体系と支援システム

現在のビル経営において必要とされるマネジメント体系と支援システムについて図2に示す。

当社がトータルビル管理サービスで受託する多くは、図の中央に位置するプロパティマネジメント(設備・運営管理)の領域である。ここでの支援システムは、保全管理システム(従来のBMS)とビル管理システム(BAS)である。

当社のトータルビル管理サービスにおいてビル総合運営管理会社を目指すための拡大領域は、図の鎖線領域であり、FM業務の受託である。しかし、支援システムは、まとまりなく混在した状態である。FM業務の領域はビルオーナーサイドに有効なサービスを提供することが必要である。FM業務を遂行するためにも、支援システムは、図の太枠

部分に示すように、従来の設備管理システムを実績ベースにブラッシュアップし、営業管理システム、テナント管理システム、更には省エネルギーのニーズにこたえてエネルギー管理まで拡充し、有機的に構築されなければならない。

3.2 周囲から見たBMSへの要求

一方、図3に示すように、“ビジネススタイル”“技術動向”“地域特性・経済性”“自然・社会性”といった周囲側面から見たBMSへの要求分析では、多様化・IT活用・高品質・低コストが求められており、単的な向上でなく、総合的パフォーマンスの向上が求められている。

3.3 これまでの問題点

BMSの商談の多くは、設計事務所に作図協力し、設計図面の作成によって始まる。

新築ビルにおいては、運用の体制やビル管理サービスの会社が決定されるのは竣工数箇月前であるため、提案段階から実施設計段階で竣工後の運用仕様は、ほとんど未検討又は想定の状態にある。また、BMSの発注は電気JV(Joint Venture: 施主直でなく、サブコン)となることが多く、施主からJVの発注内容に明確化されていない運用仕様は軽視されてしまう環境にある。

このような状況下で担当するメーカー系SEは運用仕様を誘導する実知識や経験を持っていない場合が多く、全体のコンセンサスがなかなか得られず、仕様決定に時間を費やす傾向にあった。

BMS納入後の活用実態や改善依頼はサービス会社へ完全に移行されるため、開発へ有効なフィードバックは余り行われず、ソフトウェア(S/W)製作の以前の要求仕様運用実態を十分に反映できず、製品の改善と標準化が進められなかった。

過去、机上の設計と実務のオペレーションが合致することなく、納入後、システムの活用度が思わしくなかった物件例もある。

4. BMSの開発

4.1 開発概略

FM業務にリンクした支援システムの拡充と総合的パフォーマンスの向上を目標に、開発コンセプトとして“ニーズの多様化・運用の変化に向けて、フレキシブルに支援機能の構築が可能なシステム”を掲げ、開発に着手した。

(1) システム構成

BMS導入対象となる中・大規模(約延床面積1万㎡を超え、管理点数1,000点を超えたクラス)ビルをターゲットとして、当社統合ビルシステム“MELUNITY-U30”と連結させ、BASが取り込む設備稼働デ

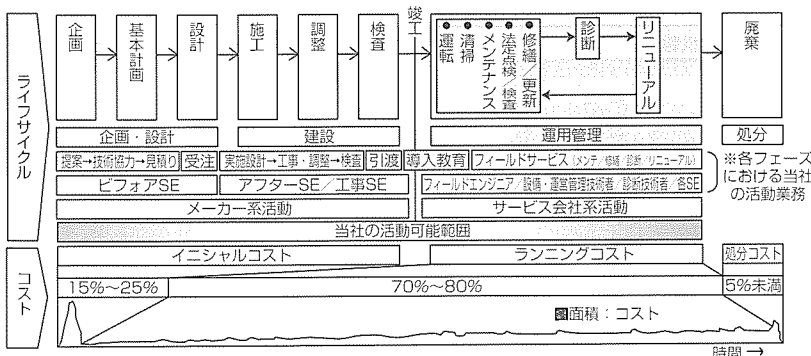


図1. ビルのLCC

ータを自動収集して入力作業の重複を完全回避した。また、エネルギー管理に必要となる短周期データを収集するために、データ収集S/WをBAS内のHIP (Human Interface Processor)に搭載させた。

BMSの操作端末は、運用拠点の分散に対応するため、複数拠点での構成を可能とした。

(2) S/W構成

搭載する機能は表1に示すとおりである。

機能をつかさどるS/W構成は各機能ごとにデータベースと各機能S/Wをパッケージ化し、各S/Wを自由に統制できる“統合システム”を機軸とした構成を設計した。

この構成によって、販売面の弾力性(市場の要求に柔軟に応じたパッケージ販売が可能)を持たせた。また、市販S/Wへの出力を備え、現地の操作者は自由に加工ができる。

4.2 当社主体開発の強み

当社は、幸いにも、大規模ビルから中小ビルまでの管理契約を多数持ち、販売・設計・工事・保守・ビル診断・リニューアルまでの一貫した業務をこなす他に類のない特長を持っている。この特長と経験を十分に活用し、運用仕様を想定して設計が進められる土壌を持ち合わせている。全国各拠点で蓄積された実ノウハウを集約し、製品に反映することで、当社の強みは大きく生かされる。事実、管理システムの完成度は、コーディング技術よりも、ノウハウの蓄積・活用に比例している。

また、トータルビル管理サービス契約へ有利に商談が進められ、契約受託となれば、ビルの生涯にかけた対応を行うこととなる。つまり、メーカーとサ

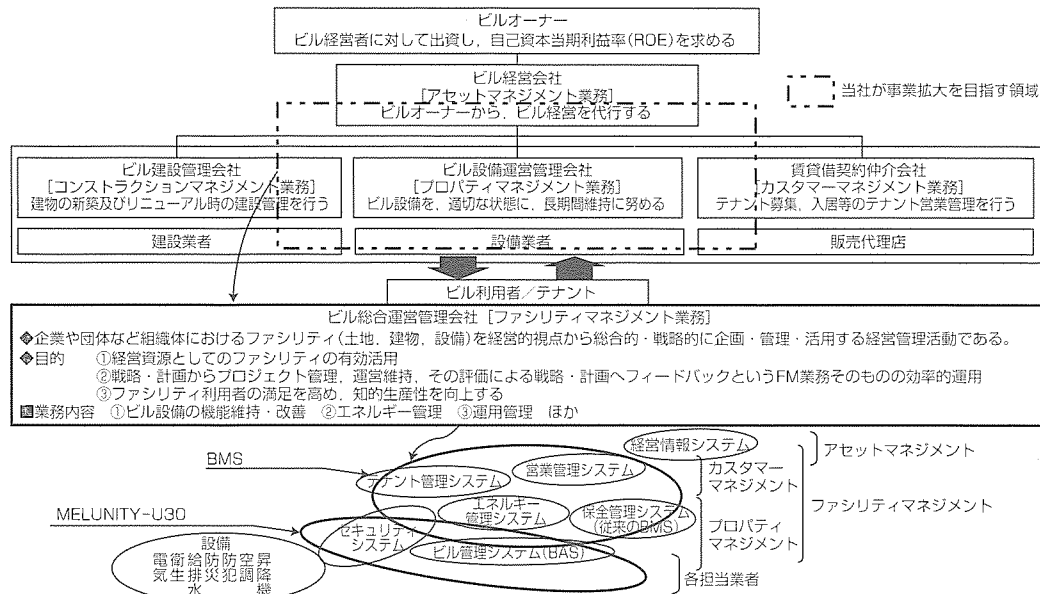


図2. ビル経営に関する各種マネジメント体系と活用システムの関連分析

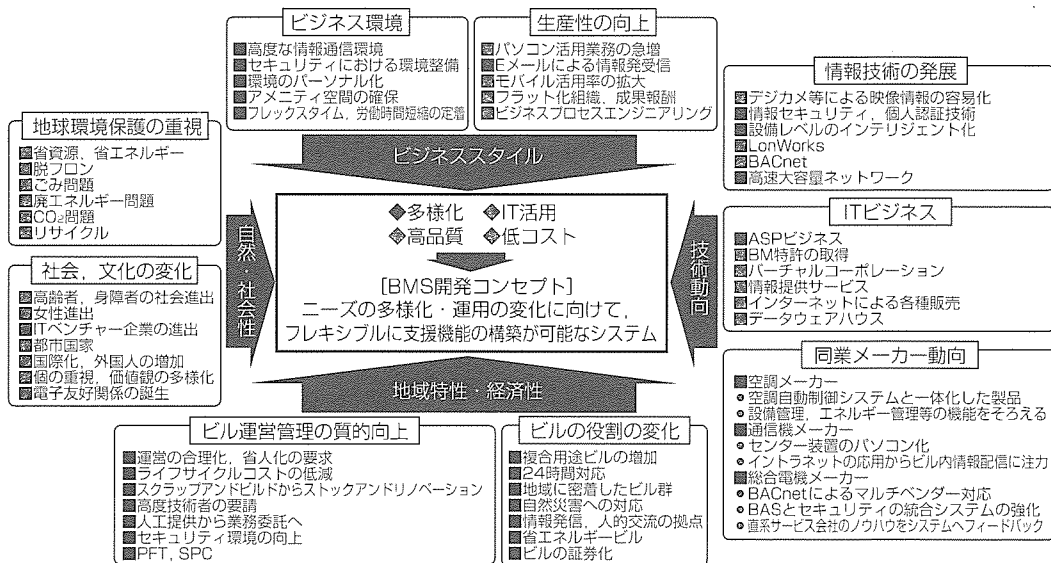


図3. 周囲から見たBMSへの要求

表1. BMS各サブシステムの機能概略

サブシステム名称	機能概略
統合管理	各サブシステムの共通インターフェースとして、ユーザー管理、メニュー管理及びバージョン管理を行う。 ■統合メニュー管理 ■ユーザー管理 ■システム管理 ■ビル管理システムとのI/F管理
設備管理	設備台帳を管理し、作業計画を策定し、計画に対する実績管理を行う。また、日常発生する故障等の管理も行う。 ■台帳管理 ■計画管理 ■実績管理 ■コード管理 ■マスター管理
テナント管理	テナント情報の登録管理及び収集した検針データから各種課金処理を行い、請求書の作成・発行を行う。 ■テナント貸付区画管理 ■テナントメータ管理 ■請求書作成・発行 ■各種一覧表示
エネルギー管理	エネルギーの使用状況を分析しシミュレートを行い、エネルギー使用を適正な状態に管理を行う。 ■エネルギー分析 ■熱源最適運転計画

ービス会社のポータレス化した多面的役割を担っている。顧客に価値を提供する技術と全国対応の体制は大きな強みである。

4.3 中・大規模ビルシステム販売に寄与

2002年以降に竣工予定である首都圏の大規模ビルにおいては、ビルシステムの商談ではBMSが原設計図に掲載されており、その他の類似する中・大規模商談でも同様である。今後、中・大規模の商談において、BMSは必要要件的な製品であり、ビルシステム販売に大きく寄与する。

5. トータルビル管理サービスのBMS導入効果

BASのみの管理では、紙に蓄積された故障履歴や稼働履歴等のヒストリーに依存し、有効な情報が整理しづらいため、人の勘や経験則に頼りがちになる。

一方、BMSをトータルビル管理サービスへ活用すること

で、BMSに蓄積する一元化されたデータから加工・分析等を行い、有効情報を引き出し、設備の状態を定量的に把握できる。これによって、設備の品質劣化の予測が可能となり、的確な対処を促し、維持管理レベルを向上させる効果が望める。

保全計画立案も保有データから適正な工事時期及び予算配分が導き出され、LCC低減に大きく寄与する効果をもたらす。

図4に示すように、時間軸をビルのライフサイクルとして導入期・成熟期・減衰期・リニューアル期に分けて評価を最適レベル(品質/コスト)とすると、BMSを導入した管理は、BASのみの管理と比較した場合、導入期には初期故障を迅速に低減し、最適運用を早期に実現し、長い安定期へと導き、減衰期には適切な歯止めをかけ、最適なりニューアルを計画・実施できる。

また、図5に示すように、ライフサイクルに応じた設備系・管理系で、計画→試行→効果検証→戦略方針といった

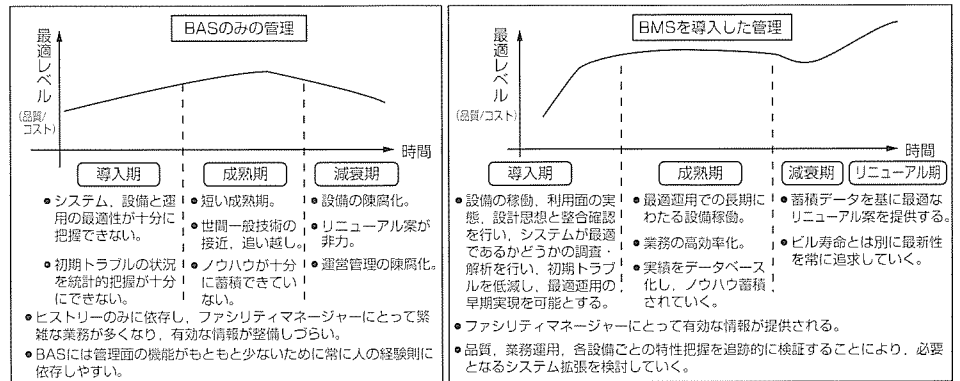


図4. LCCにおけるBMS導入の効果

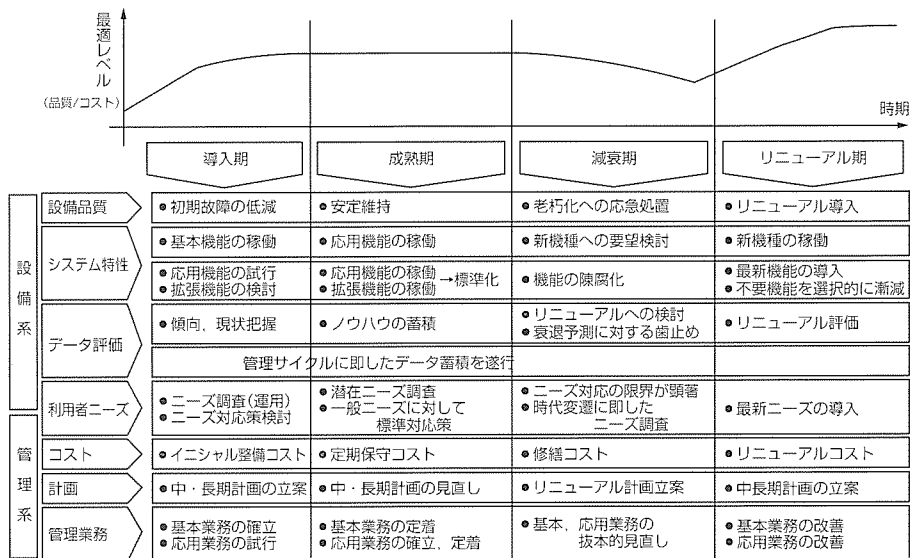


図5. BMSを活用した管理の長期的施策

長期的な改善サイクルが指向できる。なお、実行面において、ビルの運用期間はビル管理者の在籍期間よりも当然長いことから、BMSの導入は管理におけるグループウェア的要素として活用できる。長期的に各人のデータが蓄積されることで、ノウハウの伝承や情報共有が図られ、従来は特定の技術者に大きく依存した体制からも脱却できる。

データに裏付けされた長期的施策がBMSの活用から導き出され、顧客の良きプレーン的立場を目指すことができる。

6. むすび

設備・運営管理事業におけるBMS導入はIT化の一つと考えるが、ビル管理業界では、世間で言われるIT導入と比較すると、まだ摸索段階と言える。当社の抱える多数の顧客へ有益なBMSとサービスを提供するために、当社の強みを最大限に活用し、現場密着型のシステム開発を継続する所存である。

三菱小型指紋照合装置 “FPR-MKⅢシリーズ”

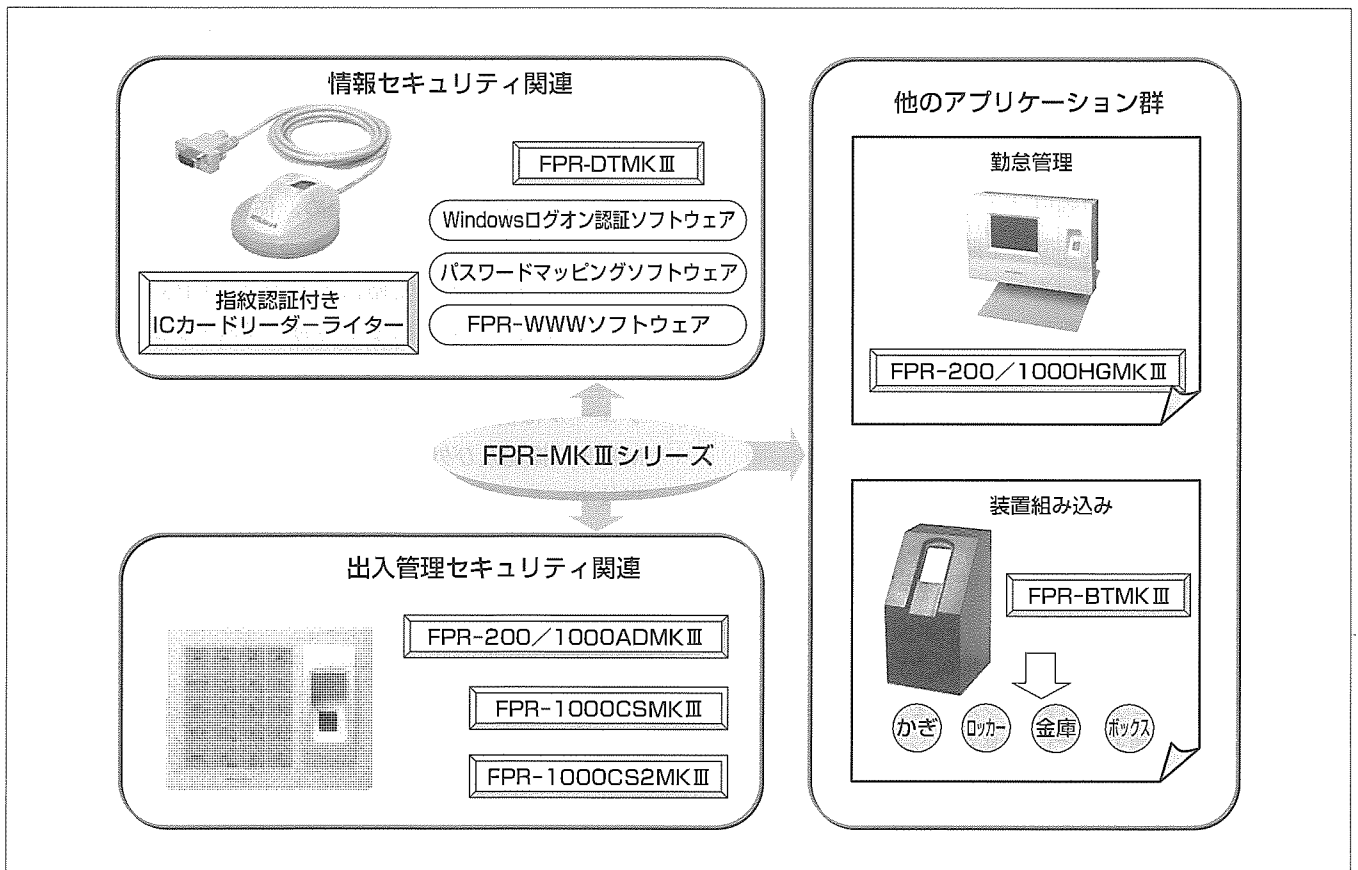
伊藤英明*

要旨

指紋照合装置の新しいラインアップとして、三菱小型指紋照合装置“FPR-MKⅢシリーズ”を開発し、2000年6月から発売した。

このシリーズの特長は、従来までの“FPR-MKⅡシリーズ”の機種をそのまま継承し、その装置の心臓部である指紋センサはプラスチックモールド部品を使って従来のセンサ画像の互換性を保証し、かつ、薄さ1/2、容積1/4の小型化を実現したことである。そのセンサを用いた指紋照合機能オールインワンの小型指紋モジュールを開発した。また小型及び低価格を実現した。また、情報セキュリティ分野で使われるネットワーク指紋認証コンポーネントには、大量の指紋データの中からID番号なしでその本人指紋を識別し判別できる高速IDレス検索照合エンジンが搭載されている。製品のラインアップとしては、出入管理セキュリティ分

野の製品として従来からある1扉用のFPR-200/1000ADMKⅢ、4扉用のFPR-1000CSMKⅢに加え、管理用パソコンとLANを介して接続でき複数のコントローラが一元に管理できるFPR-1000CS2MKⅢを新たに追加した。情報セキュリティ分野の製品では、従来機と比較してより小型・軽量化したFPR-DTMKⅢをそろえた。また、新たに装置組み込み用途製品としてFPR-BTMKⅢをラインアップした。パソコン端末用FPR-DTMKⅢを使った情報セキュリティ用の関連アプリケーションソフトウェアとして、Windowsログオン及びネットワーク指紋認証コンポーネントを製品化した。これからのセキュリティプラットフォームとして利用が期待されているICカードと、指紋認証機能を組み合わせた指紋認証付きICカードリーダーライターを、(株)NTTデータと共同開発し製品化をする。



三菱小型指紋照合装置FPR-MKⅢシリーズの製品ラインアップ

情報セキュリティ関連ではFPR-DTMKⅢ装置とFPR-WWW等のソフトウェアがあり、出入管理セキュリティ関連では1扉用のFPR-200/1000ADMKⅢ、4扉用のFPR-1000CSMKⅢ、LAN接続可能なFPR-1000CS2MKⅢがある。また他のアプリケーション用途には勤怠管理用のFPR-200/1000HGMKⅢがあり、装置組み込み用にFPR-BTMKⅢがある。型名の数字(200/1000)は登録可能な指の数を示す。

1. ま え が き

近年、情報化社会の発展に伴い犯罪も高度となり、その社会的脅威から個人の資産を守るための個人認証手段として、個人の生体的特徴を利用して識別するバイオメトリクス技術及び製品に関心が寄せられている。バイオメトリクス認証は、従来のパスワード等の記憶による認証とか物理的なIDカードの所有による認証と比較し、他人への成り済まなく本人を確実に特定することができ、また何も持ち歩く必要がないといった非常に便利でハイセキュリティな認証手段と言われている。現状のバイオメトリクス製品には指紋、掌形、こう(虹)彩、網膜、声紋、顔といった認証装置が存在するが、なかでも指紋認証(照合)装置は、本人確認の確実性や指を置くだけでよい簡便性によって古くから利用され、各社とも様々な製品を販売している。三菱電機においてもこうした動きをいち早く取り入れ、1996年から“FPRシリーズ”として市場に投入し、多くの販売実績を上げてきた。今回、更にこれを小型・低価格化しかつ従来からの製品ラインアップを充実した“FPR-MKⅢシリーズ”を開発し、2000年6月から発売を開始した。

本稿では、このFPR-MKⅢシリーズで採用した新技術を説明し、その技術を利用した新指紋照合装置シリーズの製品特長及び仕様について紹介する。

2. MKⅢシリーズでの新技術

指紋照合の基本機能には、まず指紋情報(画像)をリアルタイムに読み取り、画像処理によってその特徴量を抽出し、同様に抽出した登録指紋特徴量を照合し、同一の指紋か否かを判別する機能がある。その中の指紋情報を読み出すセンシング機能の小型・高性能を実現する小型光学式指紋センサと、指紋照合に必要なすべての機能をオールインワンで実装できる小型、低価格、低消費電力指紋照合モジュールを開発した。

2.1 小型光学式指紋センサ

指紋センサ(指紋情報読み取り装置)には、当社が採用する光学式を始め、静電容量式、圧力式といったいろいろなタイプが存在する。当社の場合、出入管理用といった耐環境性・安定性に非常にシビアな分野への適用を重点に置き、従来から使われている既存センサのデータ互換性を保証するため、プラスチックモールド部品を用いた非球面光学系の構成により、従来製品のFPR-MKⅡシリーズに比べ約1/2の薄型化(サイズ:42mm×24mm×24mm)と約1/4の低コストの光学式センサを開発した。さらに、プリズムのガラスと空気境界面の光の屈折率から指の凹凸が境界面

に接触しているかどうかの画像変化を検出する指紋読み取り方式を改善し、指紋画像のコントラスト向上及び残留皮脂(指置き部に残る指紋のよごれ)による画像劣化の防止も実現し、指紋照合性能が改善された。

2.2 小型・低価格指紋照合モジュール

前節で述べた小型光学指紋センサから読み出される指紋画像を画像処理し特徴情報を抽出してあらかじめ登録されている指紋データと比較・照合する機能を実現する小型の指紋照合モジュールを開発した。そのモジュールの構成を図1に示す。センサのイメージング素子(CMOSイメージャ)から指紋画像を32ビットRISCマイコン(MPU)に取り込み指紋データを記録するフラッシュメモリと、パソコン等の上位コントローラと接続するためのシリアルI/F及び電源回路を単一基盤に実装したモジュールからなる。

3. 新指紋照合装置(FPR-MKⅢシリーズ)の仕様

2章で説明した指紋照合関連技術を使って新型の指紋照合装置FPR-MKⅢシリーズを製品化し、市場に投入した。

3.1 製品ラインアップ

従来機種種のFPR-MKⅡシリーズでは、出入管理タイプ、タイムレコーダタイプ、パソコン端末タイプの3種の機種種をラインアップした。今回のMKⅢシリーズでは、これらの分類の中で、更に機種種バリエーション及び関連ソフトウェアの充実を図った。

(1) 出入管理セキュリティ用途

出入管理の指紋照合装置は、扉の通行を個人ごとに管理できその識別を指紋で行うため、従来のかぎ(鍵)やカードよりもセキュリティ性が高くかつ便利な装置である。機種種は、一つの扉管理を安価に実現できるFPR-200/1000 ADMKⅢと、四つの扉まで共通で管理・制御できるFPR-1000CSMKⅢがある。それらの指紋センサ及び指紋照合モジュールは前章で説明した新型ユニットを採用し、従来MKⅡの機能及び外観の互換性を持たせ、登録されていた指紋データも新・旧ユニット問題なく照合できる指紋デー

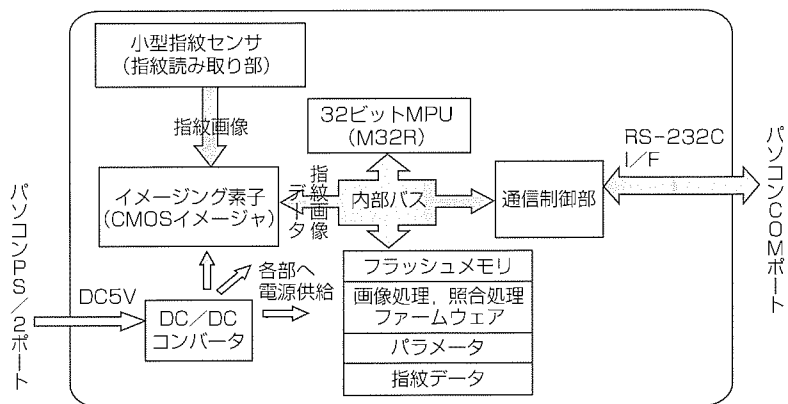


図1. 小型指紋照合モジュールの構成

タの互換性まで保証している。

また新シリーズでは、建物全体の複数扉や複数建物群の出入り管理ができるように、IDコントローラにLANインタフェース(TCP/IP)を装備し、複数のコントローラをLAN接続して、センター管理パソコンで最大40扉、最大1,000人までの通行者を管理できるFPR-1000CS 2 MKⅢを新たにラインアップした。システム構成を図2に示す。

(2) 情報セキュリティ用途

FPR-DTMKⅢでは、新型のセンサ&モジュールにより、従来機と比較して装置容積約1/2で、質量約3/4の小型・軽量化を実現した。また、消費電力も大幅に削減でき、パソコンのマウス等を接続するPS/2のコネクタから電源供給(DC 5V, 2.5W以下)が可能となり、ACアダプタによる電源接続の手間がなくなった。

(3) 組み込み用ユニットタイプ

前章で説明した小型指紋センサ&モジュール技術により、小型・小電力指紋ユニットとして、セキュリティ関連機器に組み込みができるFPR-BTMKⅢを製品化した。そのユニットは、高度セキュリティを必要とする装置(例えば、住宅鍵、金庫、インターフォン、タイムレコーダ等)の開発メーカーへの販売を行い、各メーカーから“指紋認証付き○×装置”として販売されている。

3.2 情報セキュリティ製品

FPR-DTMKⅢをパソコンに接続しコンピュータ及びネットワークの情報セキュリティ用に使う場合の指紋認証アプリケーションソフトウェアとソフトウェアコンポーネントも製品化した。

(1) スタンドアロン用途

通常ではユーザー名+パスワードで認証されるパソコンのログオンに指紋認証を組み込んだWindowsログオン認証ソフトウェアがある。また、一般的な業務ソフトウェアの起動時にパソコン上に表示されるパスワードボックスに、画面から入力する前に指紋装置に指を置くだけで、所定のパスワードが自動設定できるパスワードマッピングソフトウェアがある。

(2) ネットワーク指紋認証コンポーネント

ネットワーク環境で様々なシステムに統一的な指紋認証サービスを提供できるネットワーク指紋認証コンポーネントソフトウェア“FPR-WWW”がある。FPR-WWWは、各アプリケーションから個人認証を依頼する認証クライアントと、認証クライアントから転送された指紋データとあらかじめ個人情報データベースに登録されている指紋データによって照合処理を行う認証サーバの基本プラットフォームソフトウェアである。その認証サーバには高速IDレス検索照合アルゴリズムが搭載されており、ID番号の指定なしで、クライアント端末から通知される指紋情報だけでサーバ装置内で最大2,000指、約5秒の高速認証サービスが提供される。FPR-WWWの仕様を表1に示す。

3.3 指紋認証付きICカードリーダーライター

今後の情報セキュリティの中心となるPKI(公開鍵基盤)や電子認証システムでは、暗号等の秘匿情報を格納する場所としてICカードが広く利用されようとしている。しかしながらICカードの本人認証手段は、従来どおりパスワード(PIN)を使った方法しかなく、成り済まし等の防止が

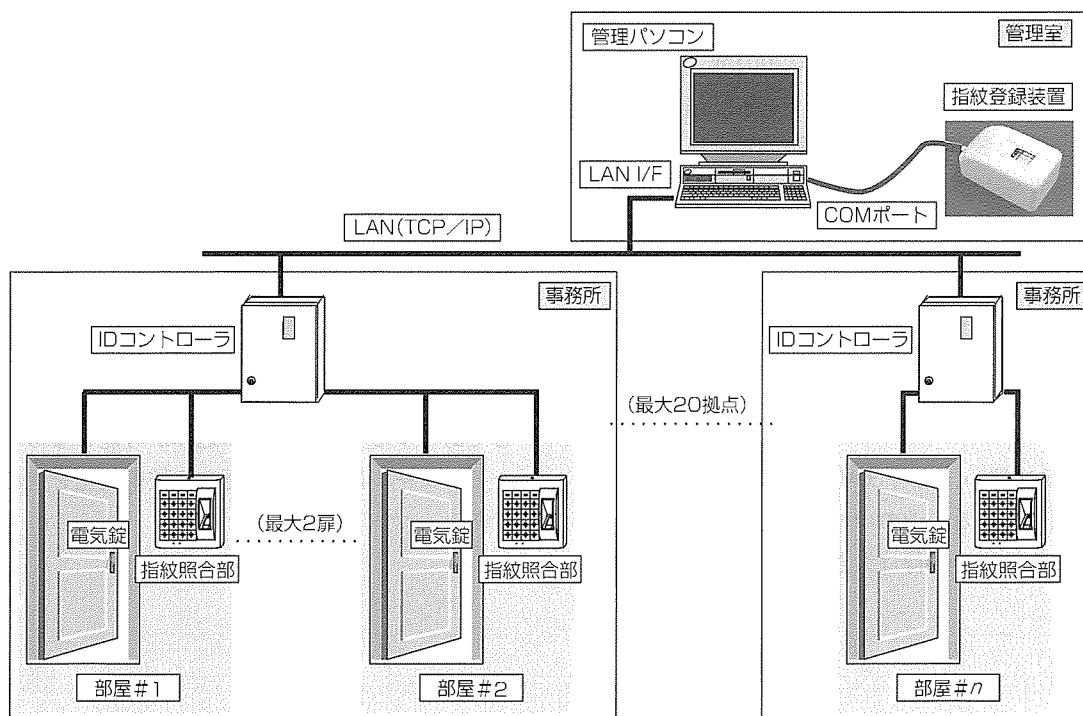


図2. FPR-1000CS2MKⅢのシステム構成

表 1. FPR-WWWの仕様

指紋登録人数	最大3,000人(6,000指) 同一ユーザーで最大2指の登録	
IDレス検索照合	最大1,000人(2,000指)/グループ	
グループ数	最大20グループ	
指紋照合時間	平均3秒以下(2,000指検索照合時)	
指紋照合性能	本人拒否率：0.3%以下 他人受入率：0.1%以下	
認証サービス時間	通常状態で約5秒	
認証サーバ部	対応OS	Windows NT4.0又は2000 Server TurboLinux Server
	使データベース	Oracle 8 Workgroup Server
	WWWサーバ	IIS (Internet Information Server) 又はApatch
端末クライアント部	対応OS	Windows95/98, Windows NT4.0, Windows2000
	対応ブラウザ	NetScape Communicator又は Internet Explorer
	サービス内容	ログオン認証(Windows及び業 務アプリケーション) WWWアクセス制御(ページ制御) パスワードマッピング

できず確実な方法とは言えない。また、指紋認証システムを構築する場合、使う人の指紋データの格納場所を考える必要があり、セキュリティ性を持たせた専用サーバを配備するといったシステム構築上のコストアップ要因が問題となる。それらの課題を解決した装置が指紋認証付きICカードリーダーライター装置で、ICカード内の特定メモリ内に所持者の指紋データを格納しておき、認証時には、装置内でカード内の指紋データを読み出し、指紋センサから取り込まれた指紋情報とを照合し、またカード認証までを内部完結できるセキュリティ性が非常に高い装置である。

この装置は、(株)NTTデータと共同で2001年2月に開発したもので、(株)NTTデータのICカード技術と当社の指紋認証技術を融合した装置である。今後、ICカードを利用した公的な認証サービス(パスポートとか住民台帳サービス等)や、本人認証が重要視される電子商取引(EC)分野への導入が図られるように販売推進を行う予定である。指紋認証付きICカードリーダーライターの外観及び仕様を、図3及び表2に示す。

4. む す び

IT社会の発展に伴い、セキュリティ管理に関するニーズの高まりは急速である。その中で指紋照合を始めとしたバイオメトリクス技術の期待は大きく、より確実に便利な

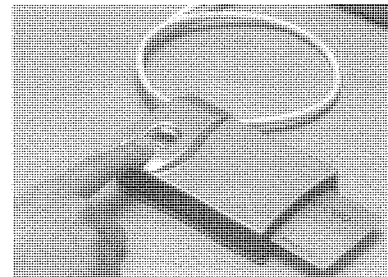


図 3. 指紋認証付きICカードリーダーライターの外観

表 2. 指紋認証付きICカードリーダーライターの仕様

認証方式	①カードPINのみ ②指紋のみ ③PIN+指紋
指紋登録数	最大2指/1カード
本人拒否率(FR)	0.1%以下
他人受入率(FA)	0.01%以下
指紋読み取り判定時間	約1秒
指紋登録時間	約5秒
ICカードリーダー部	ISO 7816準拠ICカード対応 カード手動挿入・排出方式
指紋照合部	光学式指紋センサ
外形寸法	(幅)115mm×(高さ)71mm×(奥行き)28mm
質量	約200g
電源	DC 5V±10%, 最大2.5W 付属ACアダプタから供給*
通信I/F	RS-232C又はUSB

(※) 通信I/FがRS-232Cの場合

認証方法が必要とされている。また、指紋照合装置の利用分野も、コンピュータを利用する際の情報セキュリティや扉に接続される出入管理セキュリティ分野から、従来の鍵やカードで管理されていた一般機器・装置への装備まで広がってきている。

当社は、今までFPRシリーズとして、指紋照合における技術開発及び製品化を進めてきた。しかしながら、指紋照合装置が今後更に社会性が重視され使われ方も多様化する分野へ採用されるためには、指紋照合の性能面及び装置のコスト面で多くの課題が残されている。人によって指紋が読み取れない人がいるとか、指の状態によって本人照合ができないといった指紋照合本来の性能改善と、デバイスとしてあらゆる分野への組み込みが可能となる小型で低価格なモジュールに向けて、更なる技術開発を進めていく予定である。

次世代マンションインテグレートッドシステム

深澤 豊* 松岡達雄*
大森 正* 藤原将芳**
河合清司*

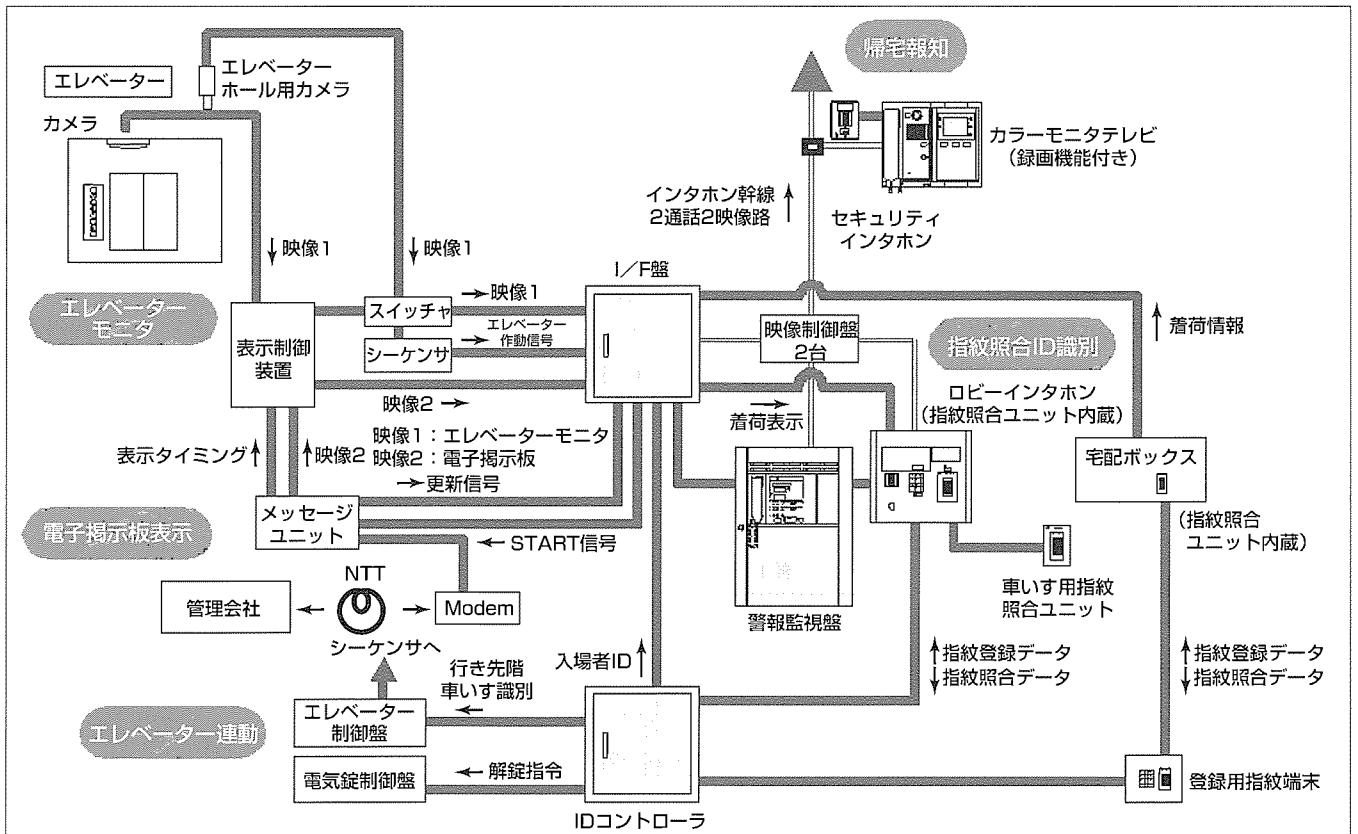
要 旨

近年、マンションでは、セキュリティ(安全・安心)を確保した上で利便性の高い住環境が求められている。このニーズにこたえるため三菱電機㈱、三菱電機ビルテクノサービス㈱、松下電工㈱の3社で“次世代マンションインテグレートッドシステム”(次世代MIS)を開発した。

このシステムは三菱電機のエレベーター、指紋照合装置、エレベーター映像情報システム(マルチメディア防犯カメラ)、松下電工のマンションホームオートメーション(マン

ションHA)で構成され、各システム及び機器を統合することで、マンションのエントランスからエレベーターの中、住居内までの導線の安全を確保するとともに便利で快適な生活環境を提供する機能を実現している。

本稿では、次世代MISを構成するサブシステムの特長とサブシステムをインテグレートすることで実現できるセキュリティ機能及び利便性を提供する機能について述べる。



次世代MISのシステム系統図

代表的なシステムの系統図を示している。一般的な規模のマンション向けにフル機能を提供する場合のシステム系統であり、住戸数100戸程度、エントランス1か所、エレベーター1基、宅配ボックス1台を想定している。

*三菱電機㈱稲沢製作所 **三菱電機ビルテクノサービス㈱

1. ま え が き

近年、マンションでは、セキュリティの確保とともに、ITを活用した情報提供に代表される便利な住空間が求められるようになってきている。そのニーズにこたえるため、三菱電機(株)、三菱電機ビルテクノサービス(株)、松下電工(株)の3社共同で“次世代マンションインテグレートシステム”(次世代MIS)を開発した。

このシステムは、三菱電機のエレベーター、指紋照合装置、エレベーター映像情報システム(マルチメディア防犯カメラ)、松下電工のマンションHAの技術を統合し、エントランスからエレベーター内、住戸内に至るまで、入居者に安心感と利便性を提供するものである。

本稿では、その概要、構成、特長的機能について述べる。

2. システムの概要と特長

(1) セキュリティ性の向上

ロビーインタホンに指紋照合装置を内蔵し部屋番号と指紋とを組み合わせて個人認識する高精度な指紋照合システムにより、エントランスのオートロックを解錠する。したがって、かぎ(鍵)やIDカードを携帯する煩わしさを解消するとともに、紛失、盗難、偽造されたカードなどでの不正通行を防止する。さらに、指紋照合装置と連動してエレベーターかご内の映像を監視カメラを通じてこの住戸内セキュリティインタホンのモニタTV(住戸内モニタTV)でモニタでき、帰宅中の家族の様子を部屋の中で確認できる。

(2) 利便性の向上

エントランスで指紋を照合すると、オートロック解錠と同時に、エレベーターをエントランス階に呼び寄せ、当人の居住する階への行き先階呼びを自動的に登録する。また、宅配ボックスと連動してロビーインタホンに荷物の到着を表示したり、居住者不在時にエントランスへの乗客者を住戸内モニタTVに録画する等、マンションライフの利便性を向上させる。

(3) 情報サービスの向上

マンション内の連絡事項や商店街の特売情報、緊急連絡先、改修業者の連絡先など近隣の情報を電子掲示板として各住戸内モニタTVに配信する。居住者は身近な情報を手軽に享受でき、マンションの情報サービス向上につながる。

3. システム構成と諸元

マンションの様々な形態(住戸数、階床数、エントランスの種類と数など)に幅広く適合できるように、機器のタイプや数を柔軟に選択してシステム構築できるように配慮した。

3.1 システムの諸元

システムの諸元を表1に示す。指紋登録数は、平均4人/住戸、2指/人との見積りから、125住戸の場合1,000指とし、2,000指(メモリ増設)まで拡張できる。マンションのエントランス用機器(ロビーインタホン、車いす用指紋照合装置、駐車場用指紋照合装置)の組み合わせは基本を2台までとし、4台までの拡張性を持っている。

マルチメディア防犯カメラでは、基本はメッセージユニット1台でエレベーター3台まで映像監視し、エレベーターが4台以上(最大6台)となる場合は、映像分配器の追加で拡張する。

3.2 システム構成例

要旨の図にこのシステムの代表的なシステム系統図を示す。この例は、一般的な規模のマンション向けにフル機能を提供するシステム系統である。

すなわち、エレベーター(14停止以下)1基、エントランス1か所、宅配ボックス1台で、住戸数は100戸程度の規模を想定したものであり、システム例を次に紹介する。

- (1) 指紋照合装置は、指紋照合端末3台(宅配ボックス用、ロビーインタホン内蔵、車いす用)、登録用指紋端末1台、IDコントローラで構成する。
- (2) マンションHAは、ロビーインタホン、警報監視盤、I/F盤、セキュリティインタホン(住戸数分)、モニタTV(住戸数分)等で構成する。
- (3) マルチメディア防犯カメラは、かご内及びエレベーターホール用カメラ、スイッチャ、シーケンサ、メッセージ

表1. システムの諸元

項目	基本仕様			拡張仕様
住戸数	125戸(1,000指)			250戸(2,000指 ^{※1})
エレベーター停止階床数	14階床			18階床 ^{※2}
エントランス機器	ロビーインタホン	1台	1台	2台
	駐車場指紋照合	-	1台 (ロビー同一階)	-
	車いす指紋照合	1台	-	-
宅配ボックス	1台			1台
エレベーター数	1バンク(計3台)			2バンク 合計6台(3台/バンク)
マルチメディア防犯機器	メッセージユニット	1台		1台
	表示制御装置	3台(エレベーターと同台数)		6台(エレベーターと同台数)
	映像分配器	0		1台

※1 メモリ増設IDコントローラ及び指紋照合装置使用

※2 IOコントローラ1台追加

ユニット，表示制御装置で構成する。

4. サブシステムの特長

次世代MISは，指紋照合装置，エレベーター，マンションHA，マルチメディア防犯カメラ，宅配ボックスなどのサブシステムで構成される。この章では，次世代MISを構成するサブシステムの特長な機器や機能を紹介する。

4.1 指紋照合装置

マンションHAのロビーインタホンや宅配ボックスに内蔵可能なモジュールとして指紋照合ユニットを開発した。このモジュールには，新規に開発した指紋センサ(図1)を始め，指紋照合，特徴データ格納などの機能を集約した。ロビーインタホン等のテンキーと通信インタフェースで接続し，そのテンキーからID番号等を指定することにした。各指紋端末の照合結果はIDコントローラに集約し，ここでエレベーターやマンションHA等とインタフェースをとった。使用者の指紋はIDコントローラに接続した指紋登録用端末で一括登録し，その指紋をIDコントローラから各指紋端末に配信するようにした。

図2に指紋照合ユニットを内蔵したロビーインタホンを示す。

4.2 エレベーター

エレベーターは，指紋照合で識別した住人の居住階情報や車いす使用者の識別情報を指紋照合装置から受け取る。

この情報を基にロビー階へのエレベーターの呼び寄せ，居住階への行き先階呼び自動登録，車いす運転モードへの

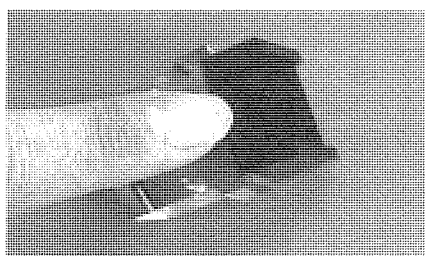


図1. 指紋照合センサ

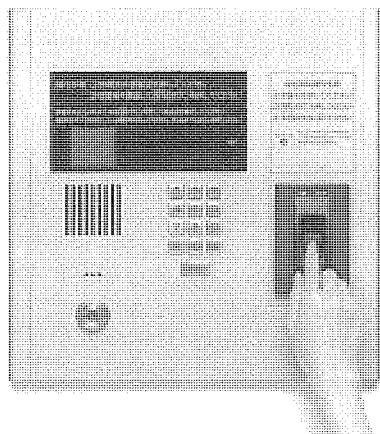


図2. 指紋照合ユニットを内蔵したロビーインタホン

切換えができるように開発した。

また，エレベーターは，住人が指紋照合装置を使用してエレベーターを利用することを検知すると，マルチメディア防犯カメラに対してエレベーターかご内の撮影を指令するように開発した。

4.3 マルチメディア防犯カメラ

マルチメディア防犯カメラでは，乗り場／かご内映像確認機能と電子掲示板機能を開発した。

(1) 乗り場／かご内映像確認機能

指紋照合連動によってエレベーターに乗った場合，乗り場及びかご内映像を住戸内モニタTVに表示し帰宅状況の確認ができるようにした。

(2) 電子掲示板機能

お客様が作成したお知らせのメッセージを，エレベーターのかご内及び乗り場に設置した液晶モニタに表示するとともに各住戸に配信し，電子掲示板情報として住戸内モニタTVに表示できるようにした。

5. システムの機能

この章では，サブシステム間を連動することで実現した特長な機能を紹介する。

5.1 指紋照合による連動

(1) オートロック(エントランス)解錠

マンションHAのロビーインタホンに指紋照合ユニットを内蔵し，ロビーインタホンのテンキーで部屋番号を入力して指紋を照合することにより，エントランスのオートロックを解錠する。

(2) 帰宅報知

ロビーインタホンでの指紋照合により，照合者住戸のセキュリティインタホンで報知音を鳴らし，照合者の家族に帰宅したことを報知する。同時に，照合者のエレベーター内等での映像を住戸内モニタTVに表示し，家族がその様子をモニタすることができる。

(3) 宅配ボックス着荷表示

宅配業者が宅配ボックスに荷物を入庫すると，宅配ボックスは着荷情報をマンションHAに通知する。この情報は，住人が帰宅時ロビーインタホンで指紋照合することにより，ロビーインタホンに表示される。住人は，宅配ボックス内蔵の指紋照合ユニットで指紋照合を行うことによって荷物の取り出しを行うことができる。

(4) エレベーターのロビー階乗り場呼び自動登録

ロビーインタホンで指紋照合を行うことにより，エレベーターをロビー階に呼び寄せるよう，乗り場呼びを自動登録する。指紋照合装置が車いす利用者を識別した場合は，乗り場呼びは車いす呼びとして自動登録し，目的階までの運転を車いす運転モードとする。

自動登録した乗り場呼びでの戸開は，エントランスから

きた住人が乗り込みやすいよう、通常の乗り場呼びよりも長い時間戸開待機する。

(5) エレベーターの行き先階呼び自動登録及び戸閉動作

ロビー階の乗り場呼び自動登録後、ロビー階で戸開待機しているエレベーターに指紋照合者が乗り込むと、乗り込みを自動検知(エレベーターのビームドアセンサ動作とはかり(秤)装置を使用)し、指紋照合した住人の居住階のかが呼びを自動登録する。

また、かが呼びの自動登録後、住人の乗り込み完了を検知(エレベーターのビームドアセンサを使用)すると、不要な戸開を解除し、最適なタイミングで戸閉動作を行う。

(6) 帰宅映像モニタ

マンションの住人が帰宅した時にロビーインタホンで指紋照合するとその帰宅者の映像を家族が確認できる機能で、動作は次のとおりである。

(a) ロビーカメラの映像とエレベーターかが内カメラの映像を映像スイッチャに取り込む。この映像スイッチャにはシーケンサが接続されており、シーケンサは、指紋照合で呼び寄せられたエレベーターのかが内映像とロビーカメラの映像を順次切り換えるように映像スイッチャを制御し、その映像出力をマンションHAのインタフェース盤に出力する。

(b) 帰宅者がロビーインタホンで指紋照合するとマンションHAは映像スイッチャから入力している映像を該当する住戸の住戸内モニタTVに表示するので、家族は、帰宅者がロビーに入ってからエレベーターを降りるまでの様子を映像で確認できる。

5.2 マルチメディア防犯カメラによる連動

マルチメディア防犯カメラとマンションHAの組合せにより、電子掲示板配信機能を実現する。住戸内モニタTVには、図3、図4の画面例のように、情報入力装置から電話回線経由で送信されたメッセージを表示し、電子掲示板として活用できる。メッセージの新着時は新着ランプで確認でき、また、メッセージの保存機能により、後で確認することも可能となっている。

花火大会のお知らせ

毎年恒例の〇〇川 花火大会が下記日程で行なわれます。

日時：8月1日 18:00～
場所：〇〇川 自然公園

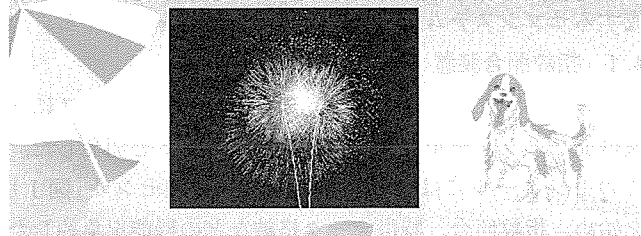


図3. 電子掲示板画面例1

エレベーター点検のお知らせ

下記の日程でエレベーターの点検を実施します。
ご迷惑をおかけしますが宜しくお願いします。

日時:7月15日 10:00~11:00

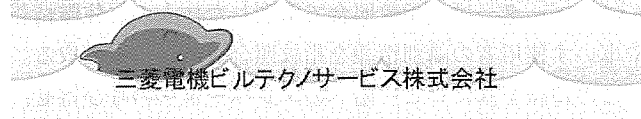


図4. 電子掲示板画面例2

6. む す び

以上紹介した次世代MISは、三菱電機(株)、三菱電機ビルテクノサービス(株)、松下電工(株)の特長ある技術を持つ3社の協力で初めて実現でき、国内市場投入を開始した。IT革命と言われる昨今、マンションについても、更に情報系と密着した安全で便利なシステムが求められている。今後とも、マンションのニーズにこたえていきたい。



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)

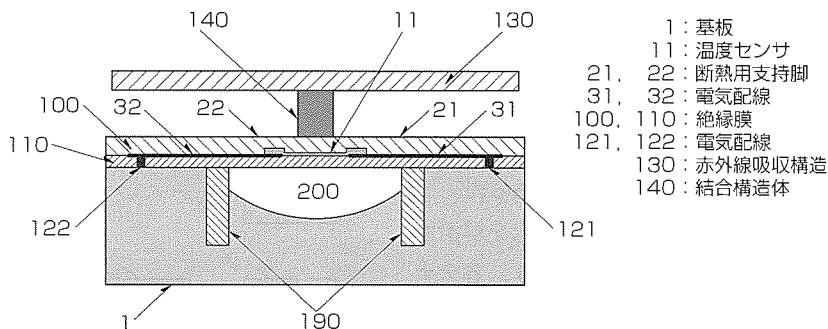
赤外線固体撮像素子 (特許 第3040356号, 特開平10-209418号)

この発明は、熱型赤外線検出器を集積した非冷却赤外線イメージセンサに関するものである。熱型赤外線検出器は、基板上に保持した断熱性の高い構造上に温度センサを配置し、赤外線の吸収による検出器部分の温度変化をこの温度センサで計測することで赤外線検出を行うものである。従来の非冷却赤外線イメージセンサでは温度センサを配置した層で赤外線を吸収していたが、このような構造では検出器を支持する構造やセンサの電気配線の配置のために、赤外線を受光する部分も面積を大きくとることができなかつた(通常は画素面積に対する赤外線吸収有効面積の割合は50%前後)。

この発明はこうした従来の方式の問題点を解決するためのもので、断熱用の支持脚(21)(22)で支えられた温度センサ(11)と、これとは別の構造として形成された赤外線吸収構造(130)を熱的結合構造物(140)で結合した構造によって非冷却赤外線イメージセンサ

発明者 木股雅章, 石川智広, 堤 和彦, 秦 久敏
の画素を構成するものである。

このような構造にすることで、赤外線吸収構造(130)は下層の温度センサ、断熱用支持脚、電気配線などのレイアウトに関係なく設計できるようになり、画素間のプロセス上パターンニング可能な最小寸法のすき(隙)間だけ残し、画素の90%前後の領域を赤外線吸収構造で覆うようにすることができ、入射した赤外線を効率良く吸収することができ、感度の向上が図れる。



入退室管理システム (特許 第2573741号, 特開平4-209277号)

発明者 深澤 豊

この発明は、室内への通行制御を管理する入退室管理システムに関するものである。

従来の入退室管理における通行制御では、室内への通行を行う時のみ入室扉の電気錠を一時解錠して入室し、該扉閉後、直ぐに施錠していた。

しかしながら、このシステムでは、一般オフィス等の朝から所定時間までの就業時間帯において、常時扉施錠のままの管理システムとなっているため、利用者通行のたびに扉施錠の操作を繰り返すこととなり、利用者にとって使いにくいものとなっていた。

この発明は、上記の問題点を解消するためになされたも

のであり、時間スケジュール管理機能をこの管理システムに搭載し、時間スケジュール管理機能によって就業時間帯ではカードキー機能(カード操作で解錠又は施錠のままとする機能)を選択し、就業時間帯を過ぎた時には、入退室管理機能への切換えを可能としたものである。

これにより、就業時間帯では、カード操作で電気錠の扉を解錠のままとすることができ、利用者通行のたびに扉の施錠操作を繰り返し行う必要がなくなり、利用者にとって使いやすい入退室の管理システムとすることができた。

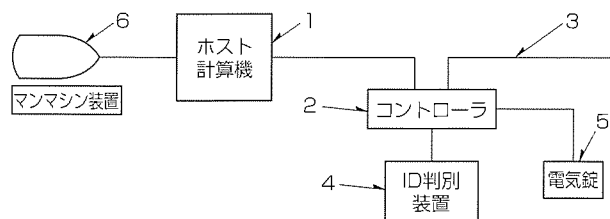


図1

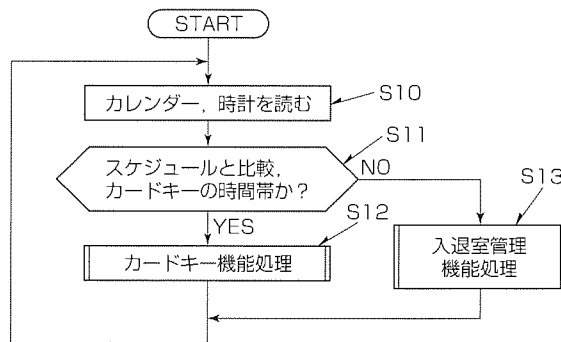


図2



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)

防犯システム (特許 第2098119号, 特公平8-5603号)

発明者 鈴木 修

この発明は、ビルのエレベーターサービスを各フロアごとで禁止し、該フロアに存在するテナントへの侵入を防止する防犯システムに関するものである。

従来の防犯システムにおいては、各フロア内の最後のテナントが退出した後そのフロアへのエレベーターサービスを禁止することによってフロア内テナントへの侵入を防止し、翌朝の所定の出勤時刻でこの禁止を解除してテナントへの入室を許可していた。

しかしながら、この防犯システムでは、エレベーターサービスの解除が翌朝一定の時刻となっていたため、その時刻以外ではエレベーターサービスの禁止を解除できないものであった。

この発明は、上記の問題点を解消するためになされたものであり、各テナントのID判別装置の稼働状況によって各フロアの無人状態を検出し、その検出結果に基づいてエレベーターサー

ビスを所定時間禁止するサービス禁止手段と、禁止されているエレベーターサービスをID判別装置の操作で所定時間生かすサービス活性手段とを設けたものである。

これにより、エレベーターのサービスを禁止するサービス禁止手段に対して、サービス活性手段では、ビル通行者のID判別結果によって該当フロアへのエレベーターサービスを生かすことができ、防犯効果を保持したまま、利用効率の良いシステムとすることができた。

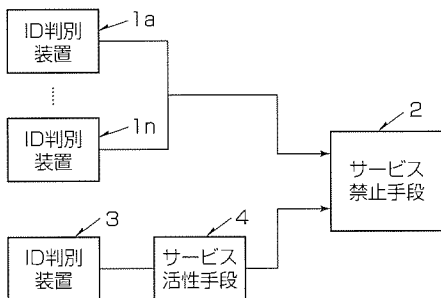


図1

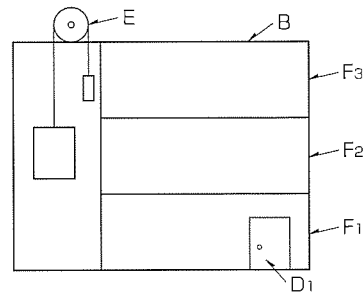


図2

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.75 No.12 「昇降機」特集

特集論文

- 昇降機特集に寄せて
- 昇降機の現状と将来展望
- 三菱新機械室レスエレベーター“ELEPAQ-i”
- 三菱新機械室レスエレベーター用薄形巻上機
- 三菱新機械室レスエレベーター“EJ.FPAQ-i”のユニバーサルデザイン
- 三菱省エネルギー型停電時自動運転装置“エレセーブ”
- 三菱小型機械室エレベーター“新MEL WIDE”及び“MELCITY”

- 世界最高速エレベーター
- DC-GL高速エレベーターの制御改修
- 中間階免震建物用エレベーター
- 新群管理システム“ΣA1-2200”
- エレベーター用フルカラー新塗装仕上げ“MELART-II”
- 既設品改造による車いす対応エスカレーター
- 昇降機用回転機の絶縁診断装置及び絶縁評価支援システム

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 井手 清</p> <p>委員 中村 治樹 畑谷 正雄 吉原 孝夫 栗原 幸志 村松 洋 松本 修 浜 敬三 安福 正樹 西谷 一治 中島 克人 荒木 政敏 河内 浩明 山木 比呂志</p> <p>幹事 名畑健之助</p> <p>11月号特集担当 武田 宗久 村松 洋</p>	<p>三菱電機技報 75巻11号 2001年11月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2001年11月25日 発行</p> <p>編集人 井手 清 発行人 名畑 健之助 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 〒105-0011 東京都港区芝公園二丁目4番1号 秀和芝パークビルA館9階 電話 (03) 3437局2692</p> <p>印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメントクス 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>URL http://www.melco.co.jp/giho/</p>	<p>三菱電機技報に関するお問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp</p>

スポットライト

三菱サーマルイメージャ “IR-U300M1S”

三菱サーマルイメージャIR-U300M1Sは、非冷却型赤外線固体撮像素子を用いた新しいタイプの赤外線カメラです。従来の冷却型よりも一段と小型化・長寿命化・低価格化が実現され、一般民生用途を中心に幅広い分野での応用が可能となりました。

特長

(1) 当社独自のSOI非冷却型素子

赤外線検出素子の画素はシリコン基板上に配列されたダイオ

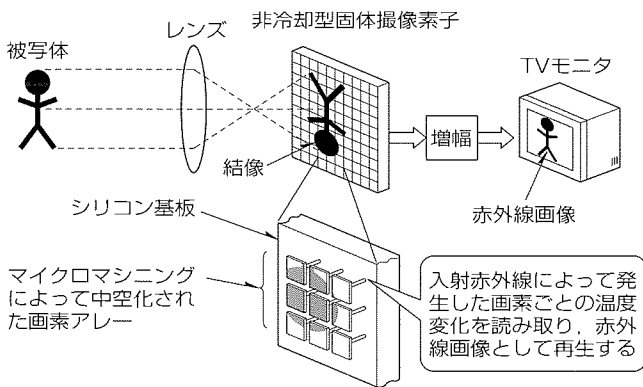


図1. 非冷却型赤外線撮像の原理



図2. IR-U300M1Sの外観



赤外線画像 可視画像

図3. 撮像例(1)

ードアレーで構成されています。それぞれの画素は、基板及び隣接の画素から熱的に分離されている必要があるため、中空構造となっています。これは、SOIウェーハをベースにマイクロマシニング技術を使う当社独自の方式で実現されます。アレー上に結像する入射赤外線は各画素に対応したダイオードの温度を微妙に変化させますが、この変化を電気的に検出・増幅することによって赤外線画像を再生することができます。

(2) 小型軽量、容易な保守、高性能

従来の冷却型カメラと比較して冷凍機が不要となったために、小型軽量、低消費電力であるばかりでなく、メンテナンスフリーともなりました。このため、設置場所の制約も少なくなり、また24時間連続監視用途などにも適用可能となっております。性能的には8万画素(320×240)の高解像度、等価雑音温度差0.2℃以下の高感度と、通常の赤外線カメラとして十分な性能を保有しております。これらの特長を生かして、施設監視、火災発見、製造ラインの熱異常監視などに最適です。また自動車や船舶の前方安全確認などの用途にも応用可能です。



赤外線画像
図4. 撮像例(2)

表1. 非冷却型、冷却型の特徴比較

	非冷却型	冷却型
寸法・質量	小	大
メンテナンス	フリー	冷凍機寿命あり
立ち上がり時間	～数十秒	～数分
消費電力	～数W	～数十W

表2. 主な仕様

赤外線検出器	非冷却型固体撮像素子
検出方式	SOIダイオード方式
画素数	約8万画素(水平320×垂直240)
フレームレート	30フレーム/秒
雑音等価温度差(NETD)	0.2℃以下(標準25mmレンズ使用時)
電源入力	DC5～7V、約7W(定常時)
寸法、質量(カメラ本体)	(W)79×(D)136×(H)82(mm)、約700g
周囲温度	-10～+40℃(動作)、-20～+60℃(非動作)

住所：〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-2-3 (三菱電機ビル)

会社名：三菱電機株式会社 電子情報システム事業部 お問い合わせ先：電子デバイス営業部 電子デバイス第二課 TEL 03-3218-3370