

## 研 究

情報システム分野では、次世代幹線向けの光通信技術をはじめ、マルチメディア時代に対応したダウンサイズ制御システムや、使いやすさや臨場感を追求した次世代の映像通信システムを開発した。また、圧縮画像が双方向配送できるビデオサーバおよび書き換え可能デジタルビデオディスクでの基本技術は、今後、家庭からオフィスに至るまで幅広い応用展開が期待できる。

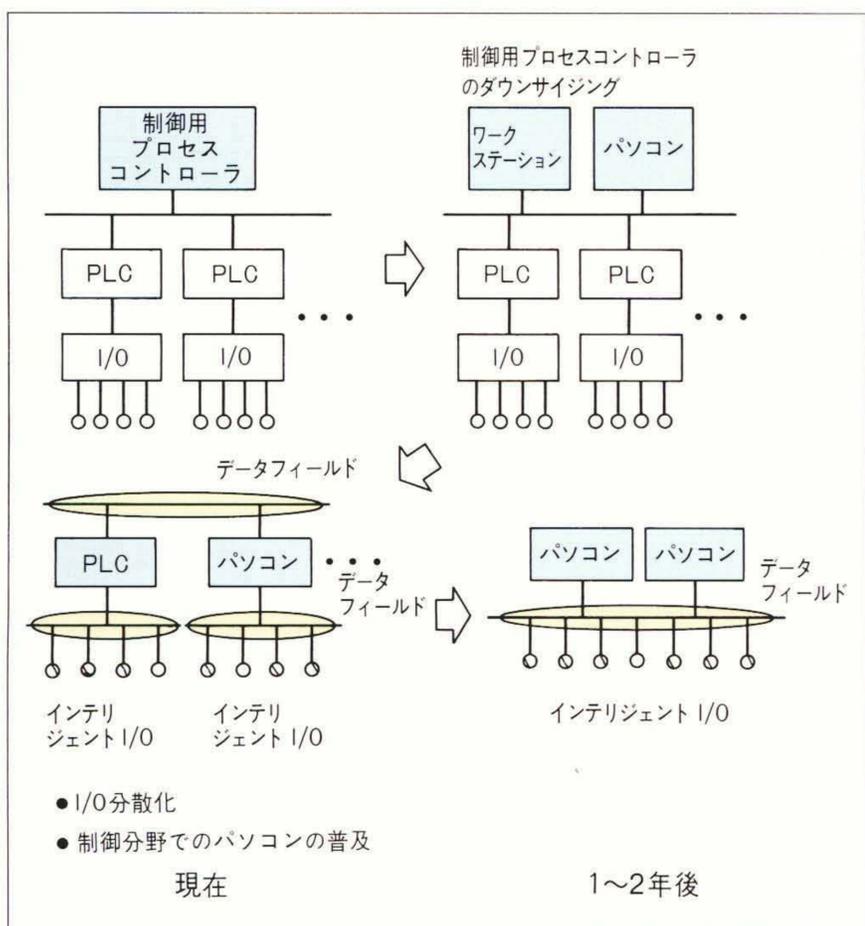
一方、半導体分野では、低電圧・高速化のニーズにこたえて、新回路、プロセス技術を用いることによって実現した世界最高速の1GビットDRAMを開発した。また、マルチチップモジュール実装に対応する薄膜多層配線技術は、デバイスの高速化のニーズにこたえたものである。

そのほか、豊かな社会環境を支えるため、廃棄物などの安全な処理技術や、シミュレーション技術、そして医療福祉関連技術などの研究開発に今後も積極的に取り組んでいく。

Research  
and  
Development

## ダウンサイジング対応自律分散制御システム

分散環境でのシステム生産性向上、保守負担軽減、コスト低減をねらい、I/O装置まで含めたPC-PLC-I/Oの統合システムである自律超分散システムを開発した。



制御システムダウンサイジングへの対応

制御分野のダウンサイジングが急速に進行している。従来のPLC (Programmable Logic Controller)による集中制御から、PLC下位のセンサやアクチュエータなどのI/O (Input-Output) 装置をインテリジェント化した分散制御へと移行しつつある。実際に、このようなI/Oレベルの分散システムの構築を支援する制御用ネットワークが出現しており、PLCを用いない究極の分散制御システムも模索されている。

I/Oレベルのインテリジェント化と分散化に伴い、I/Oの拡張性・保守性、そしてI/Oまで含めたシステム構築技術の確立に対する重要度が増している。このような制御システムダウンサイジングの動向とシステムへの新たな要求に対応するため、パソコンからI/Oまでを自律分散概念に基づくシステムアーキテクチャで統一した自律分散システムを開発した。また、この自律分散技術をI/Oレベル分散システムの業界標準仕様とするための標準化活動も推進している。

## ATMネットワーク対応ビデオ サーバ システム

多様なシステム規模や拡張要求にスケーラブルに対応し、多数のユーザー要求に応じて、高品質の圧縮映像を即座に配送するビデオサーバを開発した。

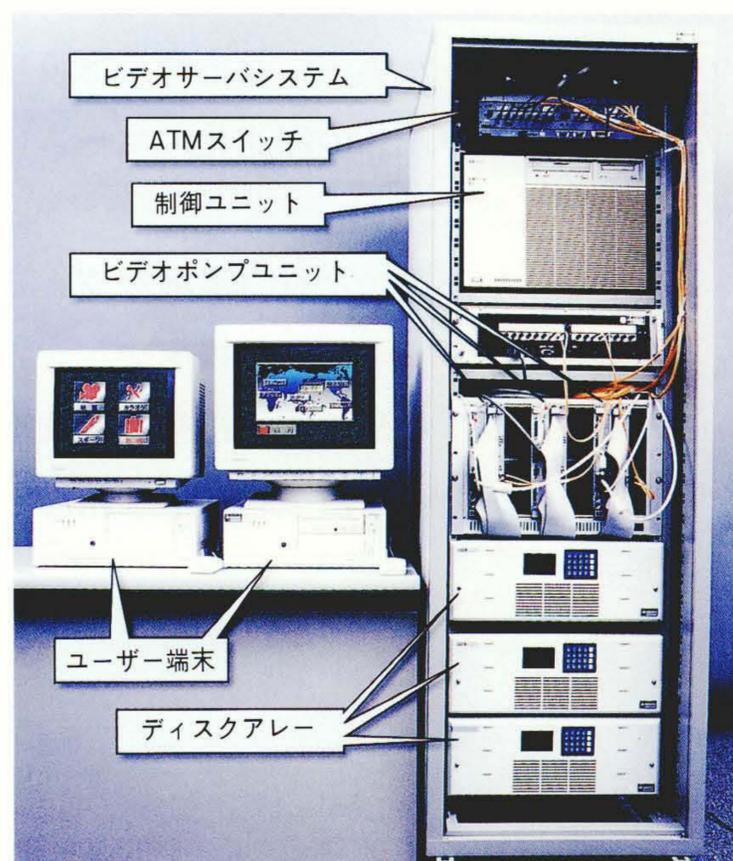
圧縮映像を格納するディスク装置から、ネットワークを介して接続されたユーザー端末に、双方向会話型で映像を配送する(ビデオ オン デマンド サービス)ビデオサーバのプロトタイプシステムを開発した。主な特徴は次のとおりである。

(1) サーバ制御とVP(ビデオポンプ)の機能分担、およびユニット化、ならびにATM(非同期転送モード)スイッチによるユニット並列化技術により、要求仕様に対するシステム規模の最適化と拡張容易性を実現する。

(2) リアルタイムOS搭載の50 MHz CPUとRAID3, OC-3 ATMボードでVPを構成する。高効率なディスクアクセスと配送スケジューリング技術により、VPユニット当たり50の同時配送数と0.5秒以下の高速応答を実現する。

(3) ATMを用いたMPEG伝送技術により、広帯域ISDNや超高速ATM LANとの接続を実現する。

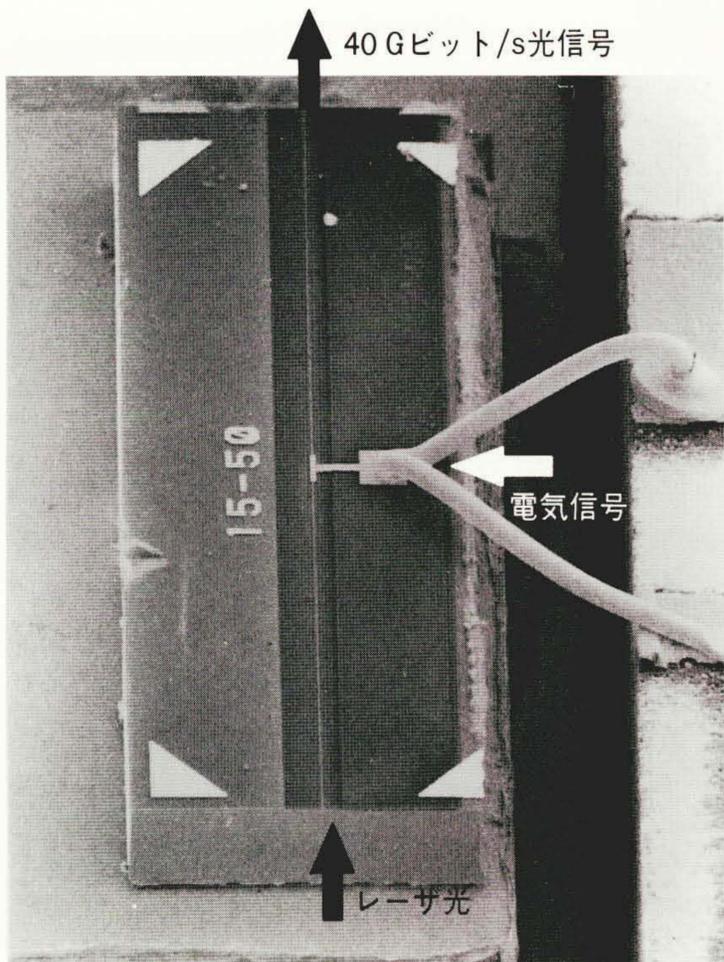
これらの基本技術は、次世代マルチメディアオフィスからインタラクティブテレビへの応用へと展開できる。



ビデオサーバのプロトタイプ  
[VPユニット並列数：3 (同時配送数：150)]

## 次世代大容量光通信技術

次世代大容量光通信システムを実現するために、超高速光変調器と波長多重伝送技術を開発した。



40 Gビット/s光通信用超高速光変調器

マルチメディア時代を迎えて、光通信システムの大容量化が要求されている。光ファイバ1本で40 Gビット/s以上の通信が可能な次世代大容量光通信システムの実用化に向けて、「40 Gビット/s超高速光変調器」と「波長多重光伝送技術」を開発した。

開発した光変調器では、光変調を行う吸収層を導波路の一部に形成した新構造を適用した。さらに、吸収層に効率の高いひずみ多重量子井戸構造を適用することにより、広変調帯域50 GHzと低動作電圧2.8 Vを実現した。この変調器により、40 Gビット/sの超高速光信号(従来は10 Gビット/s)を発生できる。

さらに、大容量の光通信システムを実現するため、波長の異なる複数の光信号を1本の光ファイバで伝送する波長多重通信の伝送技術を開発し、80 Gビット/sの情報が1,200 km伝送できることを確認した。

これらの技術による、次世代の幹線用大容量光通信システムへの応用が期待できる。

## 高精細・大画面映像を用いた臨場感映像通信システム

高速広帯域バックボーンネットワークを介し、遠くの人があたかも近くにいるかのようにコミュニケーションができる臨場感映像通信システムを開発した。

このシステムは、対角2.8 m二面の大画面ディスプレイ、ATM(Asynchronous Transfer Mode)対応HD-CODEC(High Definition-Coder & Decoder)、実時間音響処理装置、および会議支援ソフトウェアで構成する。

二画面の一方が対地の会議映像を表示するための通信画面、他方が両地点で同時に共通の資料を参照するための共有画面という構成により、遠隔地間での会議参加者の円滑なコミュニケーションが支援できる。通信画面では会議参加者を等身大に表示し、また実時間音響処理装置を用いて、参加者の表示位置から音声聞こえるように信号処理を行う。共有画面は手元のペンパソコンと連携しており、会議参加者は着席したまま大画面に表示した資料への書き込み、資料の追加・配布・保存ができる。

1995年6月、日本電信電話株式会社マルチメデ

ィア通信共同利用実験で、高品質な映像と音響の伝送(青山～国分寺間)に成功した。

- 1) 黒須, 外: 臨場感通信における画面上の人体サイズ, 情報処理学会, グループウェア研究会, 13-8(1995-7)



遠隔地間でのコミュニケーション風景

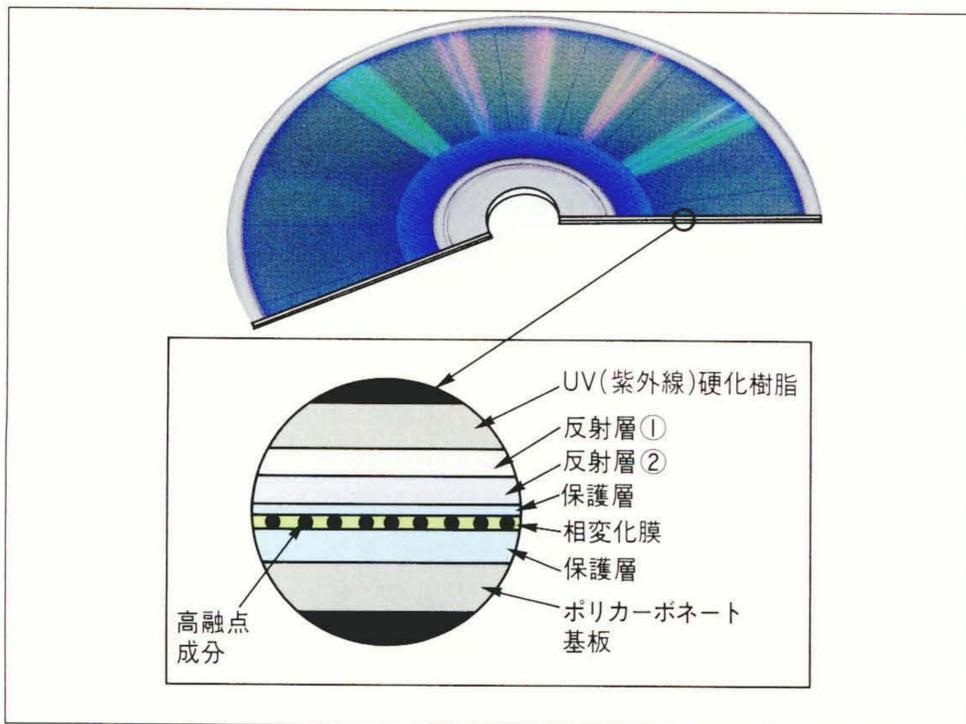
# 書き換え可能なデジタルビデオディスク

従来技術の2倍以上の記録密度で書き換え可能な相変化型光ディスクの基本技術を開発し、デジタルビデオ記録用やコンピュータ用として研究を進めている。

デジタル動画像圧縮方式MPEG2の標準化が実現したことにより、DVD(Digital Video Disc)の開発が急速に立ち上がっている。この結果、コ

ンピュータへの応用も含め、相変化膜を用いた書き換え可能なDVDの開発が強く望まれている。相変化型光ディスクには、(1) 読み出し専用DVDと共通の光学系が使用できる、(2) 重ね書きで書き換えできる、(3) 両面ディスクの作製も容易という優れた特徴がある。しかし、記録時の記録膜の融解流動などにより、高密度な記録ができないという問題があった。

開発した書き換え可能なDVDでは、記録膜に高融点成分を添加した相変化膜を用い、光反射層を2層とした。これにより、記録時の記録膜の膜厚変化を防ぎ、さらに、非晶質記録マーク内外の光吸収率差を低減して、高い記録密度が実現できた。この技術により、従来の相変化光ディスクに比べて2倍以上の密度で記録が可能であることを確認しており、大容量の書き換え可能なDVDが実現できる見通しを得た。



高密度で書き換え可能なDVDの構造

# X線反射率法による薄膜積層体評価技術

X線反射率の高精度測定および精密解析手法の開発により、数ナノメートルから数十ナノメートルの薄膜を積層した材料の膜厚や密度を、各膜ごとに非破壊的に評価することが可能になった。

磁性薄膜の分野では複雑な多層膜の研究が盛んであり、膜も極薄化している。MR(磁気抵抗)効果を利用した薄膜磁気ヘッドでは数十ナノメートルの膜を4層程度積層するし、スピバルブMR膜では数ナノメートルの膜を多層に積層する。デバイスの特性は膜厚や界面状態などに影響されるため、これらを精密に評価することが重要になっている。

低角入射X線の反射率には、膜厚や密度、界面状態などを反映した振動が生ずる。今回、反射率測

定の高精度化(図1参照)とともに精密解析法を開発し、多層膜材料の膜厚や密度が各膜ごとに求められるようにした。パーマロイとCrの繰り返し多層膜への適用結果を図2に示す。反射率の解析結果から実験と計算とはよく一致していること、およびパーマロイ、Crとも設計膜厚に対し数オングストローム以内の誤差で形成されていることがわかる。

なおこの手法は、磁性材料だけでなく、半導体材料や有機材料などの多層膜にも適用できる。

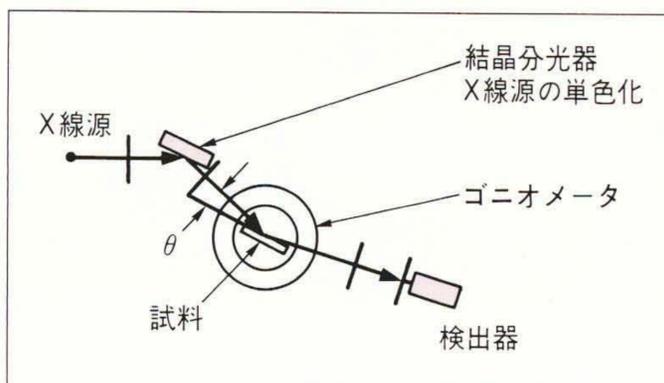
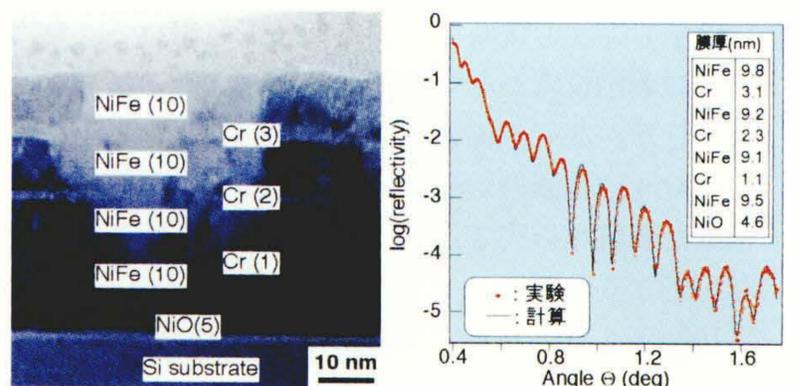


図1 X線反射率測定法



注：( )内数字は設計膜厚(nm)

(b)X線反射率と解析結果

(a)断面の電子顕微鏡像

図2 NiFe・Cr多層膜の膜厚測定

# 1 GビットDRAM基本技術

将来のマルチメディア機器などの画像処理に対応できる低電圧、高速、大容量の1 GビットDRAMを試作した。

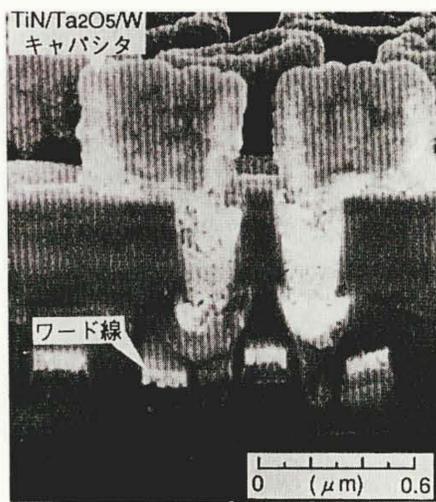
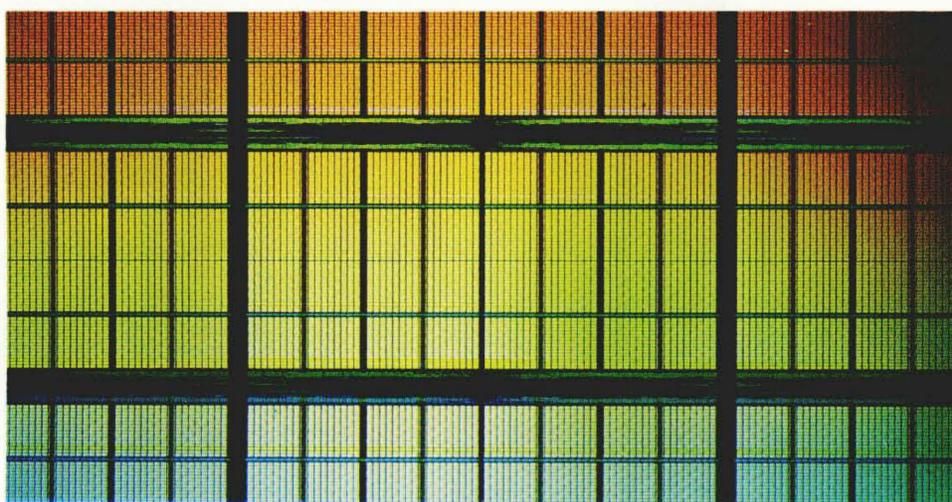
試作した1 GビットDRAMチップの面積は約715 mm<sup>2</sup> [19.25×37.12(mm)]である。電子線直接描画技術とKrFエキシマ位相シフト技術ほかによる0.16 μm微細加工技術を用いて、世界最小0.29 μm<sup>2</sup>の積層容量型メモリセルを集積した<sup>1)</sup>。

積層容量には、立体タンゲステン電極上に、高誘電率Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜と窒化チタン(TiN)電極を積層した新型キャパシタを開発した。また、低電圧・高速化対応の回路技術として、「分散制御方式」お

び「低ノイズ高速出力バッファ回路」ほかを開発し、1.5 V動作で、同期方式で世界最高速級の4.5 nsのサイクル時間を達成した。

今後、これら1 GビットDRAM技術を縮小版64 MビットDRAM、256 MビットDRAMなどの低電圧化、高速化およびチップ面積縮小に活用していく考えである。

1) M. Horiguchi, et al. : An Experimental 220 MHz 1 Gb DRAM, 1995 IEEE International Solid-State Circuits Conference, p. 252(1995)



1 GビットDRAM試作チップと積層容量型メモリセル

# マルチチップモジュール用薄膜多層配線基板

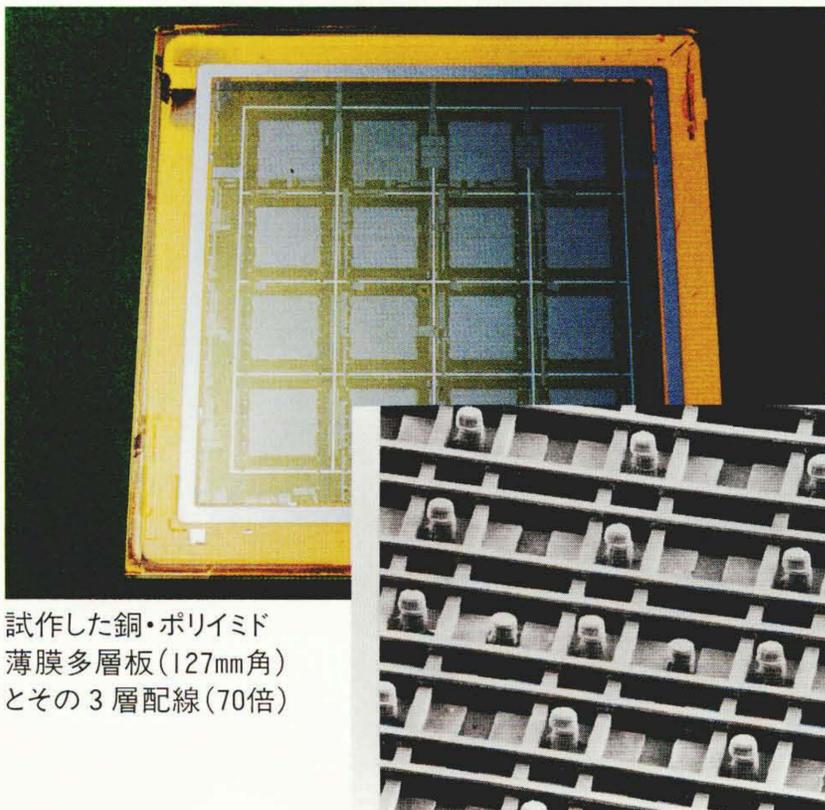
接着材層を持つ2層構造のポリイミドフィルムをラミネートすることを特徴とするシート積層方式により、高スループットプロセスの銅・ポリイミド薄膜多層配線を実現した。

接着材層を持つ2層構造のポリイミドフィルムをラミネートすることを特徴とするシート積層方式により、6層の配線を持つ銅・ポリイミド薄膜多層配線を実現した。

まず、分子構造の組合せから物性を予測する材料設計法と、それを基に選定した熱可塑性と熱硬化性の2種のポリイミドを均一ブレンドするポリマアロイ法により、ラミネート時に熔融流動し、硬化後ポリイミドに匹敵する耐熱性を示す高分子材料を接着材用として開発した。さらに、コンタクトマスクを用いたドライエッチングと高速無電解銅めっきの適用により、直径20~50 μmの層間接続用マイクロビア形成法を確立した。

ポリイミドワニスにスピコートし、溶剤除去と硬化のための加熱と平坦化のための研磨を繰り返す、従来の薄膜配線形成プロセスと比較して、大幅な工程短縮が図れ、平坦性に優れることから、

多層化が容易で、層間絶縁などの信頼性が高いなどの特徴を持つ。



試作した銅・ポリイミド薄膜多層板(127mm角)とその3層配線(70倍)

## 放射性廃棄物の新しい処理技術

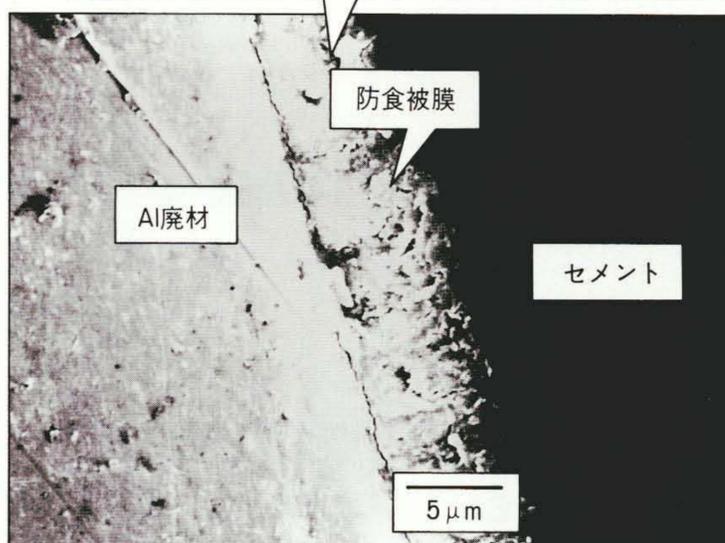
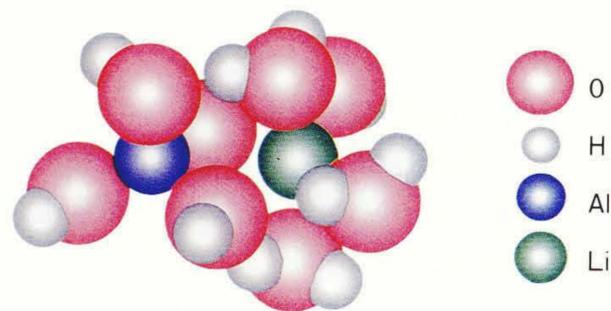
アルミニウムと接触しても水素を発生しない新たなセメントを開発し、放射性物質で汚染したアルミニウム廃棄物の安全な固化処理技術を実現した。

原子力発電所の低レベル放射性廃棄物はセメントで固化処理した後、定められた施設に埋設処分する。しかし、放射性のアルミニウム廃材はセメントで腐食し水素を発生するため、安全性確保の観点から処分が見送られていた。

この処分を実現するには、セメントのような高アルカリ雰囲気でも機能するアルミニウム用の防食剤が必ずである。そこで、分子軌道法を用いてアルミニウム表面に防食被膜を生成する物質を探索し、リチウム塩が最も有効であるとの見通しを得た。次に、防食被膜の性能の指標である被膜抵抗を電気化学実験で測定した。その結果、リチウム塩の中でも最も硝酸リチウムが優れており、腐食電流が約3けた低減できることを確認した。

この硝酸リチウムを2%添加した新しいセメントでアルミニウム廃材を固化処理することにより、水素発生をほぼ完全に抑止でき、アルミニウム廃材の埋設処分実現への見通しを得た。

防食被膜の分子構造(分子軌道法)



アルミニウム廃材表面に生成した防食被膜の走査電子顕微鏡写真

## 触媒方式によるフロン分解処理システム

オゾン層破壊物質であるフロンの分解法として触媒法に着目し、分解性能、耐久性ともに優れたTiO<sub>2</sub>-WO<sub>3</sub>系触媒を開発することにより、実用化の見通しを得た。



触媒方式によるフロン分解処理試験装置

オゾン層破壊の原因となるフロン(CFC)の分解法の中でも、触媒法は投入エネルギーが小さく、小型化が可能のため最も有望な方法である。しかし、高分解率、高耐久性を持つ触媒がなく、高性能、低コスト触媒の開発が最重要課題であった。

今回、反応として水でフロンを分解する系を選び( $\text{CCl}_2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{HCl} + 2\text{HF}$ )、この反応に対して優れた性能を持つTiO<sub>2</sub>-WO<sub>3</sub>系触媒を開発した。この触媒は各種のフロンを400℃前後でほぼ完全に分解でき、ほかの分解法で問題視されるダイオキシンなどの有害物も副生しないことを確認した。また、冷媒用フロン12の連続分解試験では、1,000時間後でも分解率が99%以上維持し、触媒法の最高水準であることがわかった。現在、分解生成物の処理システムを検討中であり、1996年中に処理規模約1 kg/hの小規模プラントを製作し、実証試験を行う予定である。

## 歩行訓練システム

寝たきりの高齢者や、一時的に歩行機能の低下した人を訓練し、歩行機能の回復後は自立した生活を可能にする歩行訓練システムを開発した。



歩行訓練システム

高齢者が「寝たきり」にならず「自立した高齢者」になることは、本人はもとより、社会にとっても喜ばしいことである。この開発では、人間にとって最も重要な「歩行」を回復する「歩行訓練」機能を実現した。

開発したシステムは、(1) 斬新な制御技術を駆使し、(2) 施設で歩行訓練のために従来病院スタッフである理学療法士が行っていた力仕事、加療業務を軽減するとともに、(3) 高齢者にとっても楽しく歩行訓練ができるようにした点に特徴がある。多くのフィールド試用により、歩行不可能であった高齢者が短期間に歩行できるようになるなど、この装置の有効性が広く認められてきている。

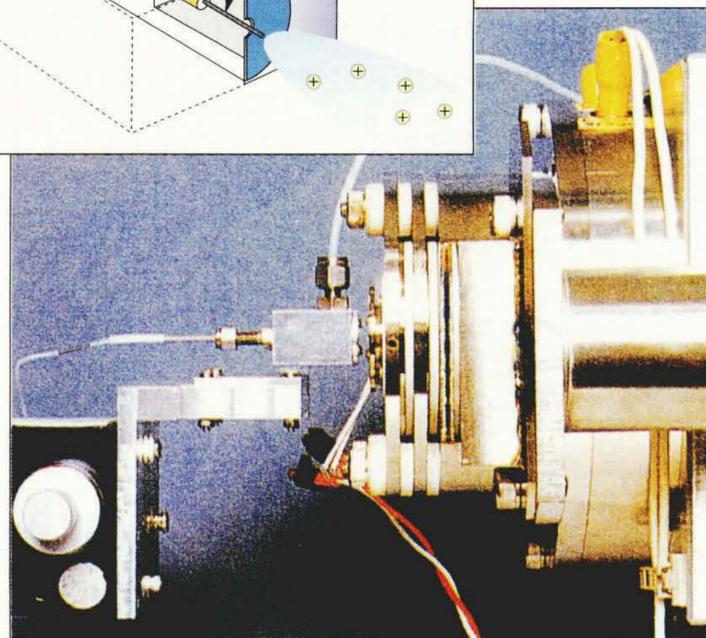
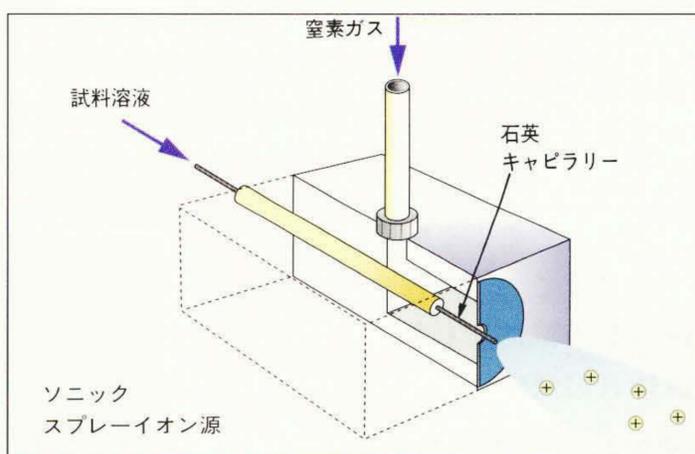
なお、このシステムは厚生省委託研究によって開発したものである。

## 液体クロマトグラフ・質量分析計用新イオン化技術

液体を大気圧下で音速程度のガス流を用いて噴霧すると、気体状のイオンや帯電した液滴が大量に生成する新しいイオン生成現象を発見した。

液相中の混合物を分離する液体クロマトグラフィーの検出器に同定能力に優れた質量分析法を用いる分析法は、高感度の分離分析法としてさまざまな分野から求められている。

この分析法での開発のポイントは、液相中に存在する試料分子をいかに気体状のイオンとして取り出すかにある。この研究では、試料溶液を大気圧下で音速程度のガス流で噴霧すると、溶液中の試料分子が効率よく気体状のイオンになることを発見した。音速流のガスを用いて試料分子をイオン化するところから、この新原理のイオン化法をソニック スプレー イオン化法と命名した。このイオン化法を質量分析法と組み合わせると、例えば、従来の質量分析法に比較して、ドーパミンのような神経伝達物質を100倍程度高感度に検出できる。このイオン化法を用いた液体クロマトグラフ・質量分析法は、環境計測や脳機能計測などの分野での高感度分離分析法として期待できる。



イオン発生部(下)とイオン化のメカニズムを示した模式図(上)

1) A. Hirabayashi, et al. : Analytical Chemistry, Vol. 67, No. 17, 2878(1995)

# 複雑形状流体機器内の流れシミュレーション技術

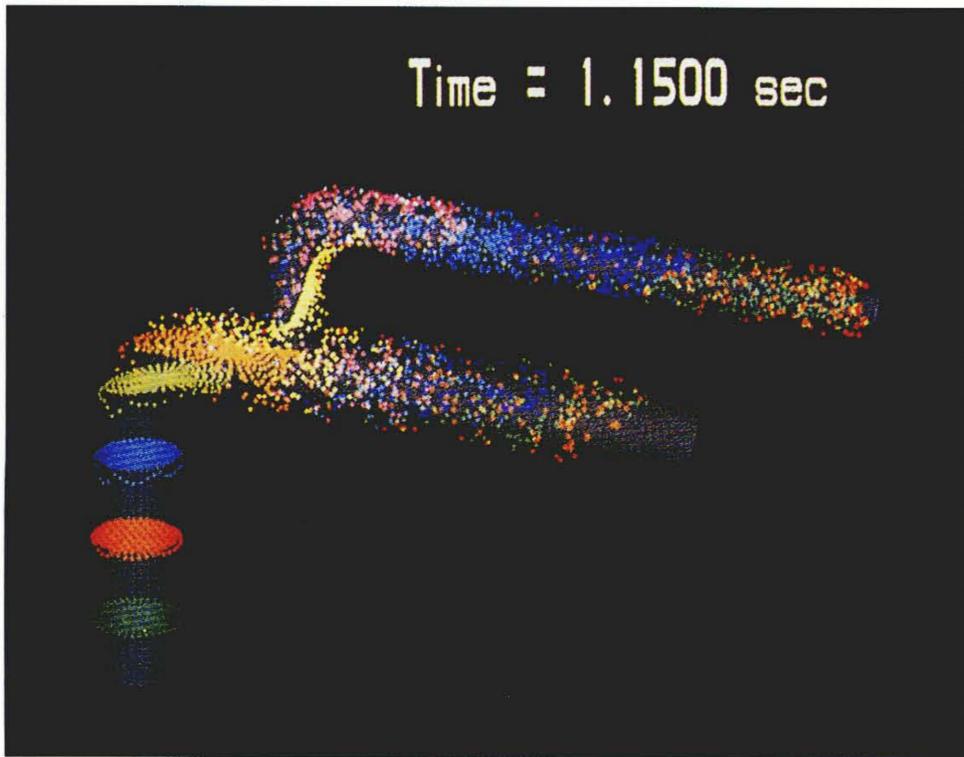
発電プラントの流体機器の性能, 信頼性を向上するため, 三次元流動解析に基づく流力特性評価技術を開発し, 配管系, 熱交換器, 水車などに適用した。

原子力・火力・水力発電プラントでは, 性能, 信頼性向上のために各種流体機器内の詳細な流力

特性評価が必ずになっている。

従来の経験や実験に基づく評価に替えて, 三次元流動解析による特性評価技術を開発した。開発した技術では, 配管系の流量配分, 圧力損失, 水車ランナなどのターボ機械内の非定常なはく離や逆流が詳細に評価できる。また, 構造解析と連成させることにより, 配管系や熱交換器管群の流動振動現象も解析によって予測することが可能となった。

この技術は, 新型加圧流動床プラントの高温ガス配管のルート選定, 揚水発電用ポンプ水車の翼形状設計などに適用中であり, シミュレーション技術に基づく製品性能の大幅な向上が期待できる。



二重エルボ配管系の三次元流れ解析例

# 流体音のシミュレーション予測技術

流れから発生する音を予測するシミュレーション技術を開発した。種々の流体関連機器の低騒音化に活用されている。

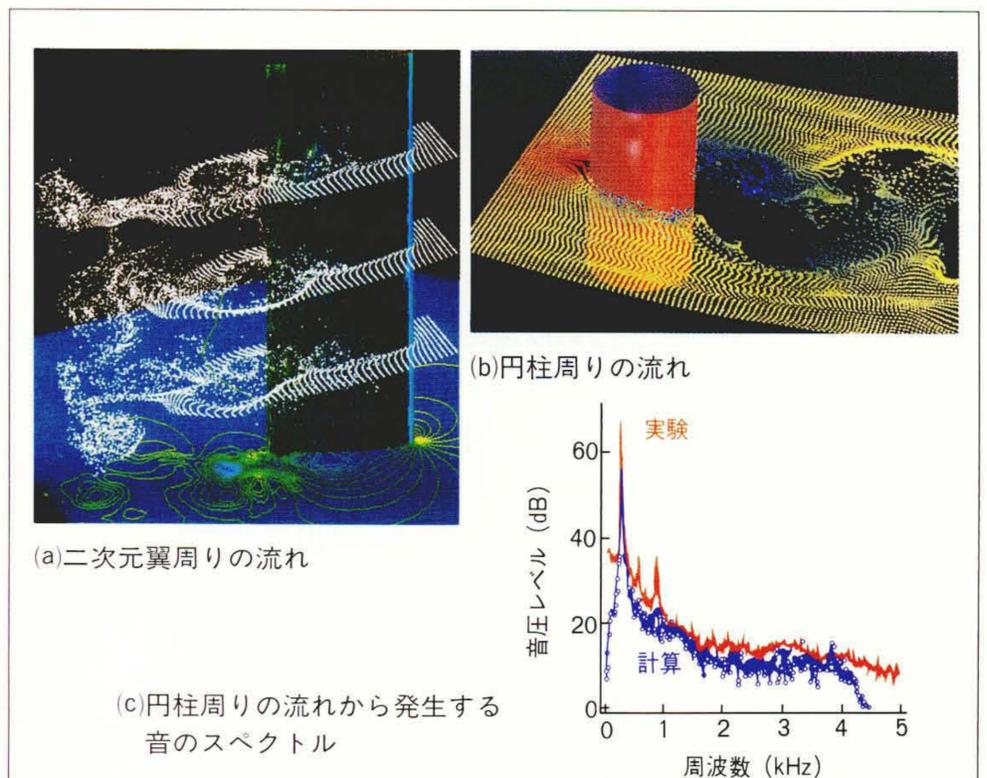
エアコンやクリーナなどの流れが関連した多くの製品では, 流れから発生する音, すなわち, 流体音を低減することが環境や快適性を向上させるうえで重要な課題となっている。

この課題を効率よく解決するための手段として, 流体音のシミュレーション予測技術を開発した。

流体音の発生は, 流れの中にある渦の非定常変動に起因している。この技術では, “Large Eddy Simulation” と呼ばれる高精度な乱流解析手法を用いて渦の運動を計算し, 渦の運動によって誘起される微小な圧力変動, すなわち, 流体音を予測する。

図は, 典型的な流体音として, 二次元翼周りの流れ[同図(a)], 円柱周りの流れ [同図(b), (c)] から発生する流体音を予測した結果で

ある。予測された流体音のスペクトルは実験値とよく一致している。この技術は種々の流体関連製品の低騒音化に活用されている。



流体音のシミュレーション例