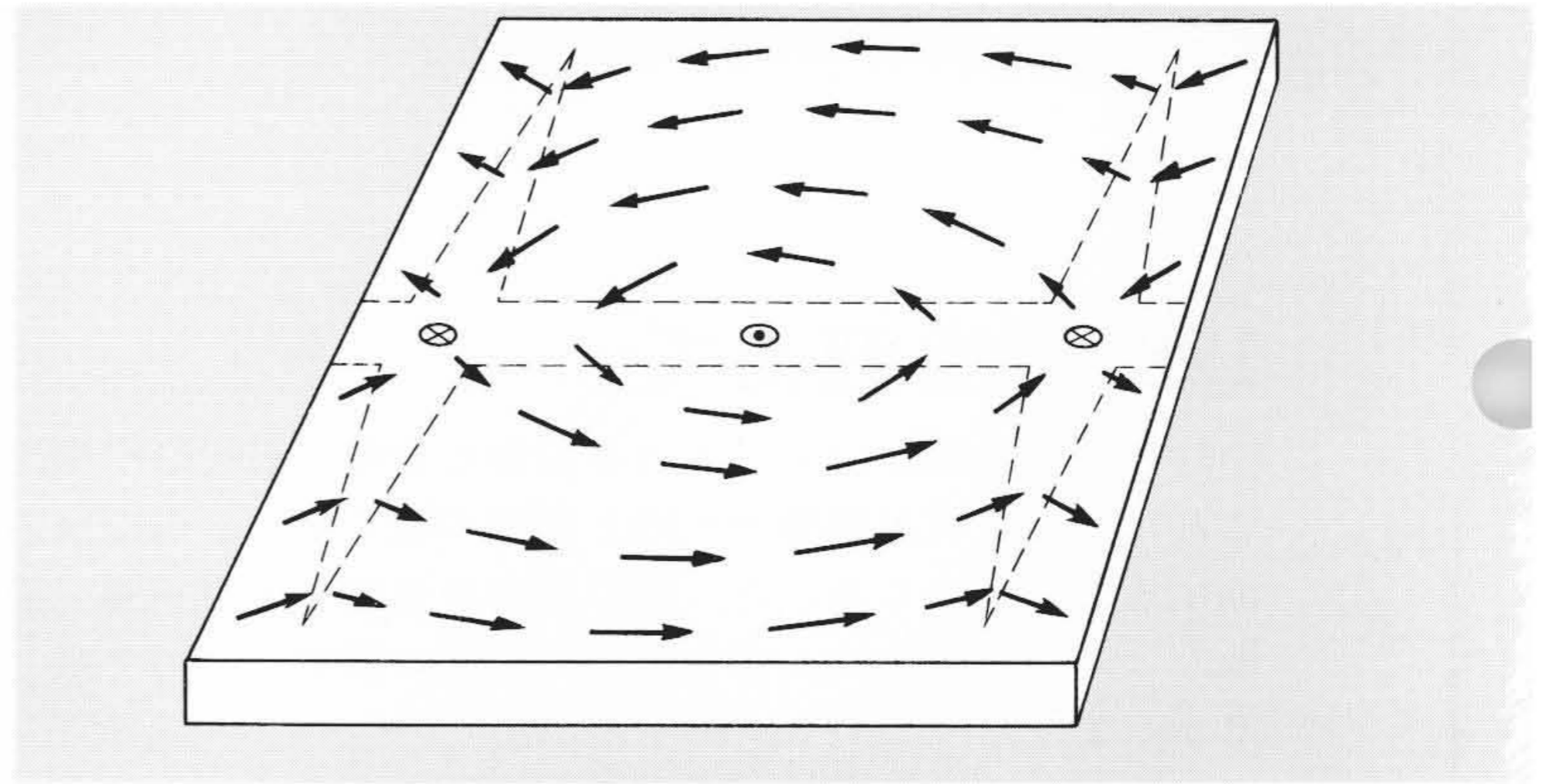


研究



(a) 磁化分布の予測図



(b) 干渉顕微鏡像

図1 パーマロイ薄膜の磁区構造

'80年代に入って、これまでの量の時代から質の時代へと社会的、経済的環境は大きく変わり、世界市場での我が国の地位を確保するためにも、技術的な独創性が強く求められるようになってきている。このような情勢の中で、日立製作所は研究開発の柱として、二つのE、すなわちエレクトロニクスとエネルギーを掲げている。ここにエネルギーとは、その発生の技術はもとより、省エネルギー、省資源のための技術も含み、またエレクトロニクスとは、その中心となる半導体技術はもちろんのこと、それを応用した情報処理、制御、メカトロニクスの分野も含むものである。この2本の柱のもとで社会の要請にこたえることのできる独創的な新製品、新技術を生み出すためには、基礎となる材料技術、ソフトウェア技術を重要視しなければならない。このような考えのもとに、日立製作所では中央研究所をはじめとする8研究所では、基盤技術の育成を図るとともに、工場・事業部と協力し合い、特に重要な開発では独自の特別研究制度などを利用し、総合力を発揮して新製品、新技術の実現に日夜努力を重ねている。

本章では、以上のような観点に立った研究開発の一端を中心に紹介する。エレクトロニクス技術の動向の一つとして微細化が挙げられるが、電子線ホログラフィーという新しい手法によってミクロな磁区が観察できるようになったことは、サブミクロン磁気バブルメモリ用材料の開発とあいまって、高密度な磁気記録素子の開発に有力な武器になるものと思われる。また、遠紫外レジスト材料の開発は半導体の微細加工技術に、高性能液晶材料と透明導電膜用有機金属錯体材料の開発は液晶表示装置の実用化にそれぞれ大きく貢献するものである。エレクトロニクスの応用例として超音波ホログラフィーによる検査装置の開発、高応答大容量サーボ弁の開発が紹介されているが、前者は他に開発された開口合成超音波探傷装置とともに機器の非破壊検査に有用であり、後者はメカトロニクスの基本となるものである。このほかにエレクトロニクスによる機器の省エネルギー制御の例として、遠心圧縮機の省エネルギー運転制御装置の開発や燃焼量制御技術の開発も進められていることを付記しておきたい。

また、ソフトウェア技術の代表として日本語文解析技術について紹介しているが、本技術は、これからのOAシステムの基本となるものである。材料技術としては高熱伝導・電気絶縁性セラミックスとすきま腐食防食ゴムが紹介されているが、これらは物性の基本や腐食機構の基本に立ち返ってはじめてなされた開発である。エネルギー分野では将来の核融合技術に貢献する超電導マグネットと、高効率機械としてのスクロール流体機械が紹介されているが、このほかにも20kWのリン酸形燃料電池の試作にも成功している。

日立製作所は、以上にその一端を紹介したような基盤技術をもとに、今後とも国家プロジェクトやユーザーとの共同開発にも積極的に参加して、より良い製品、より高度な技術の開発に努力していきたいと考えている。

電子線ホログラフィーによる磁区観察法の開発

電子線の波動性を利用した結像法「電子線ホログラフィー」は、高干渉電子線が得られる電界放射形電子顕微鏡の開発によって日立製作所で実現された技術であるが、この技術を使ってミクロな磁区構造を観察する新手法を開発した。

電子線ホログラフィーでは、電子線で作られた干渉図形(ホログラム)にレーザー光をあて試料の像を再現するが、更に電子線の位相情報を読み取ることによって、磁性薄膜内磁力線の直接観察が可能になった。

図1は、各種の磁気デバイスに使われているパーマロイ薄膜の観察例である。同図(b)で波うっている縞は磁力線そのものを示し、磁力線の折れ曲がった部分は磁壁に対応している。同図(a)は、この磁壁の予測模式図を示す。この模式図は、20年前にGoodenoughらが理論的に予想したものであるが、両図を比較すると、予想されたとおりの磁力線が明瞭に観察されていることが分かる。これは、枕木磁壁と呼ばれ、磁壁の両側で磁力線は180度向きを変えるが、単に同じ方向に回転して向きを変えるのではなく、回転方向が交互に入れ代わる様子が一目で理解できる。

このようなミクロな磁区構造は、電子線ホログラフィーによってはじめて観察できるようになった。今後この観察法は、磁気デバイスや磁気記録材料

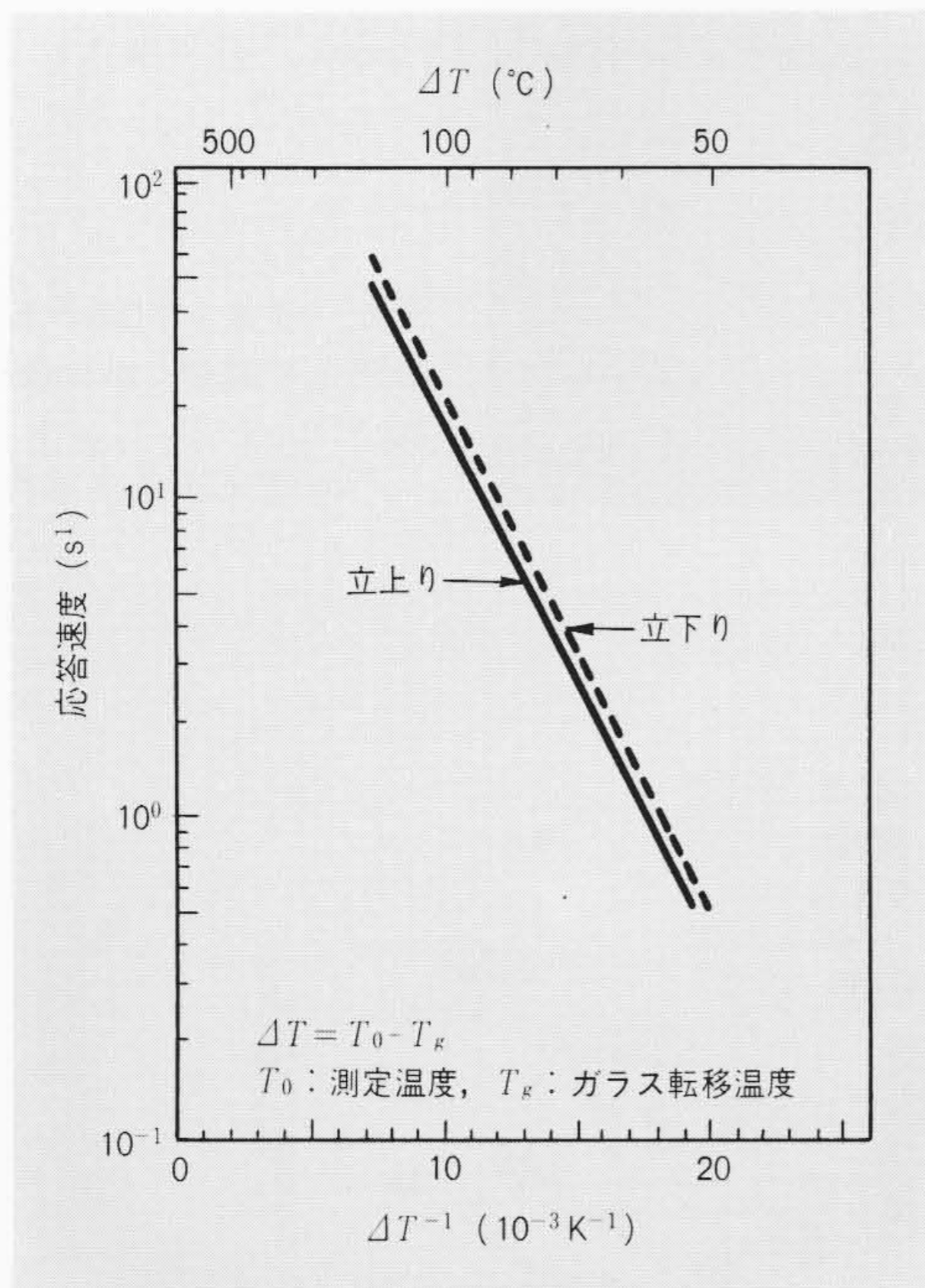


図2 応答速度と液晶のガラス転移温度との相関

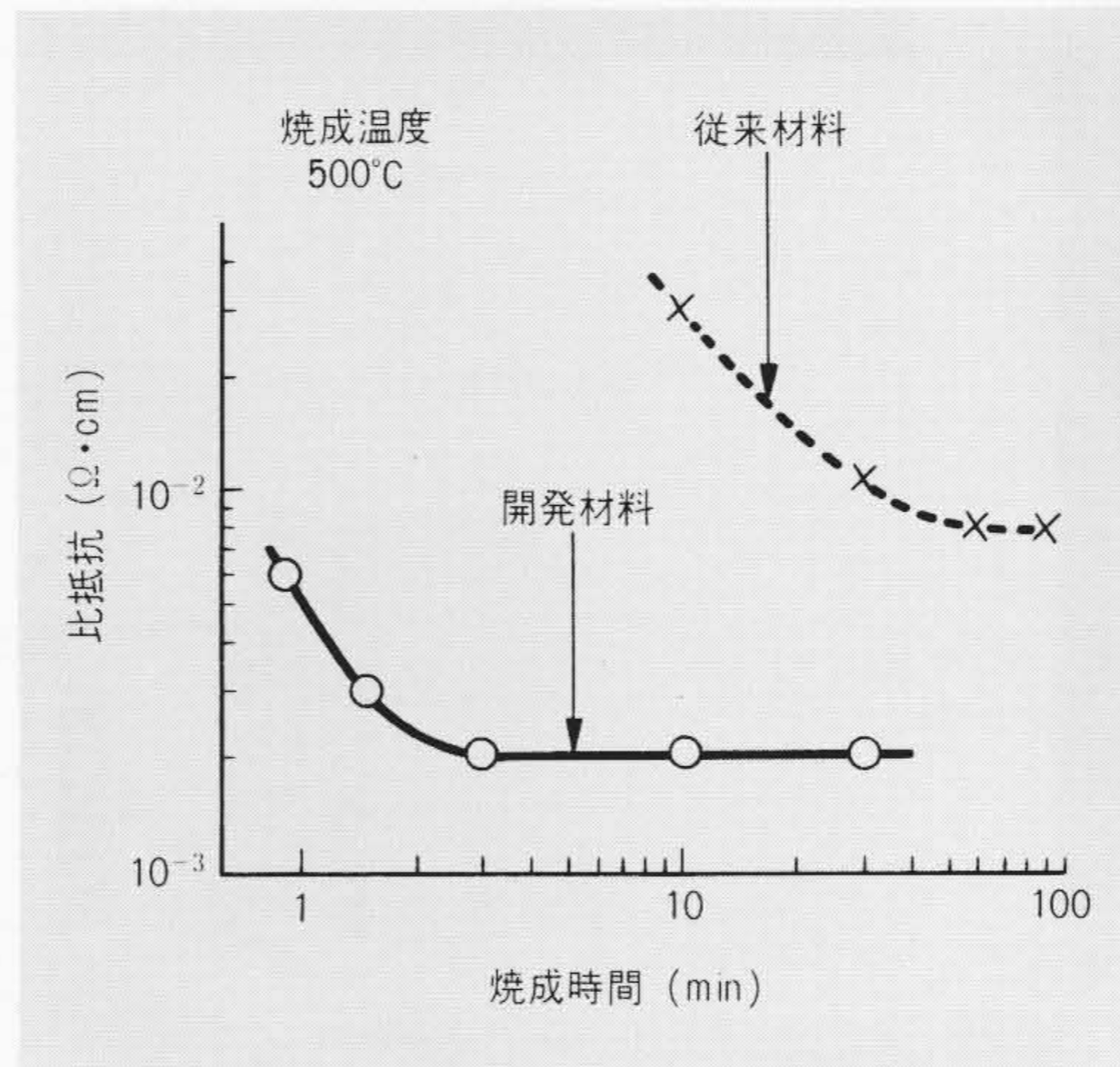


図3 短時間焼成での低抵抗透明導電膜の形成

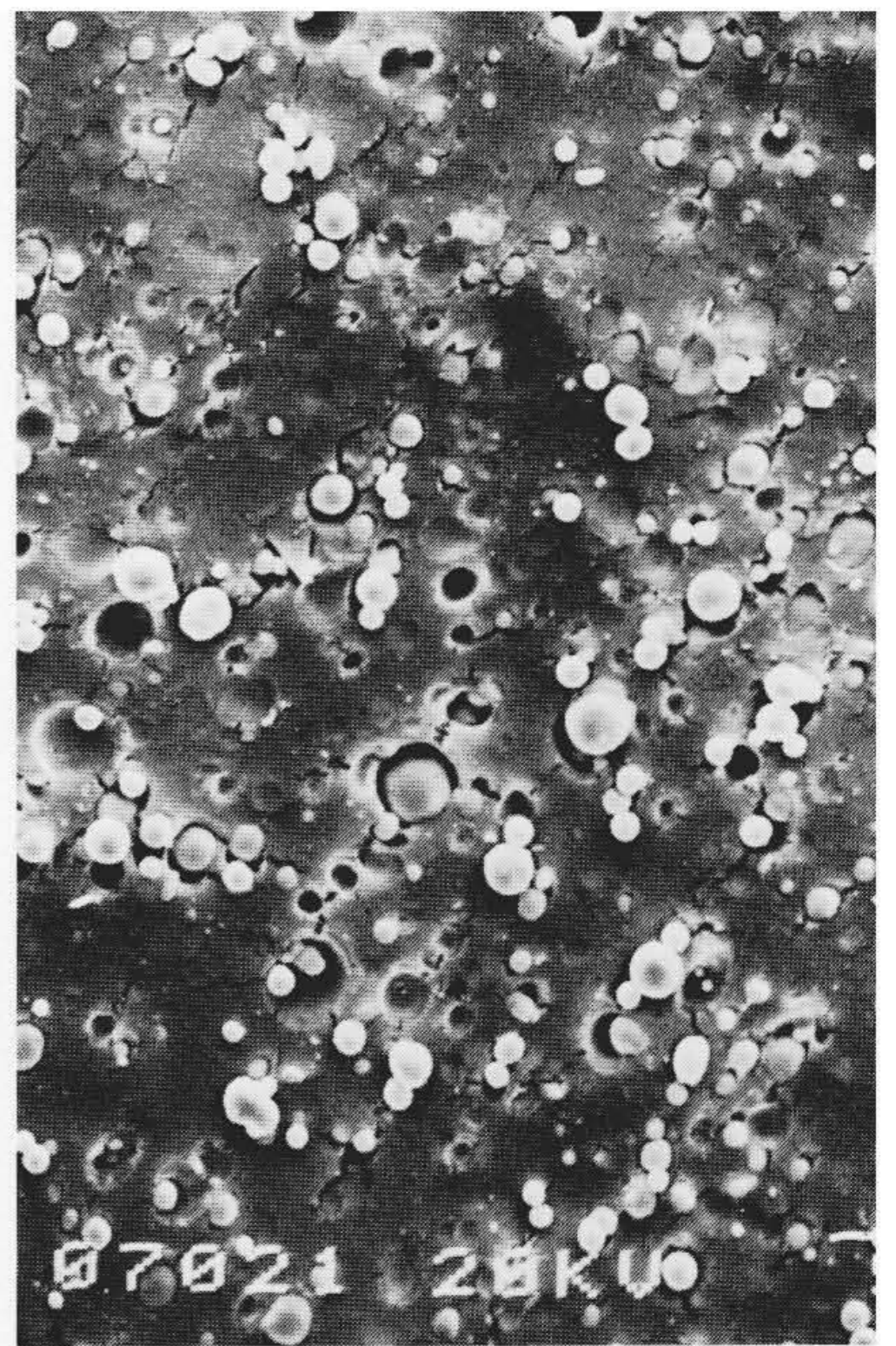


図4 顕微鏡で観察した防食ゴム組織

の微細化・高性能化に大きな役割を果たすものと期待される。

高熱伝導・電気絶縁性セラミックス

アルミナなど一般のセラミックスは、電気絶縁性に優れているが熱伝導性が悪く、この両性質が共に良好で、取り扱いも容易な材料が半導体応用分野などで強く望まれている。日立製作所では、耐熱高強度材や電気抵抗体として広く利用されているSiC(シリコンカーバイド)を原料として、新しい見地に立った焼結技術の研究を行ない、表1に示すように熱伝導率が金属アルミニウムよりも大きく、かつ電気絶縁性がある材料を開発した。しかも、この材料は熱膨張係数がシリコンとほぼ同じで、強度も高く、耐薬品性にも優れた従来にはないセラミックスである。

この新材料は、半導体チップを直接搭載して効率良く熱放散させることが

表1 開発材と他材料の性能比較

材 料	熱伝導率 (Cal/cm·s·°C)	熱膨張係数 (×10⁻⁶/°C)	抵抗率 (Ω·cm)
開 発 材	0.65	3.7	4×10¹³以上
アルミナ磁器	0.05	6.7~7.5	10¹⁴以上
アルミニウム	0.56	25.7	2.7×10⁻⁶
シリコン単結晶	0.30	3.5~4.0	—

注：熱伝導率、抵抗率は室温の値を、熱膨張係数は室温~400°Cの平均値を示す。

できる低熱低抗のパッケージ基板や混成集積回路基板として最適である。また、耐熱衝撃性を必要とする構造部材、熱交換器部材などへの幅広い応用も期待できる。

高性能液晶材料の開発

液晶表示装置の将来分野としてグラフィックディスプレイ、液晶テレビジョン、自動車パネルなどが注目されている。これらの表示装置には、高速応答、高コントラスト及び動作温度範囲の拡大が強く望まれている。しかし、従来の液晶材料ではこうした性能を満足していないのが現状である。

今回開発した液晶材料は、応答速度が液晶材料のガラス転移温度に依存する(図2)などの新しい知見を基に独自の分子設計を行ない合成したもので、以下に述べる特長をもっている。

- (1) マイナス30°C以下でも液晶相をもち低温動作が良い。
- (2) 動画表示が可能な高速応答(40ms)を示す。
- (3) 屈折率異方性が小さく、表示品質の良い高時分割駆動が達成できる。今後、各種液晶素子への応用が期待される。

透明導電膜用有機金属錯体材料

透明導電膜は、液晶やEL表示素子の電極をはじめ、各種デバイスに広く使用されている。この透明導電膜の形成法は、蒸着法やスパッタ法が主流であるが、更に高生産性な方法として、

有機金属錯体を塗布・焼成する方式が研究されている。しかし、従来この方式では短時間の焼成で低抵抗な膜を得ることが困難であった。日立製作所と日立化成工業株式会社では、新規なIn(インジウム)とSn(スズ)の有機金属錯体を開発し、この問題を解決した。開発材料は高温(>200°C)で紫外線を照射(1~2分間)すると有機成分が容易に分解する特徴をもち、この処理後、約3分間の焼成(従来は30~60分)で低抵抗(約2×10⁻³Ω·cm)な膜の形成が可能となる(図3)。膜の透光率、強度なども良好で、各種用途への応用が期待される。

すきま腐食用防食ゴムの開発

海水中で使用されるステンレス鋼製構造物などに、すきま腐食が発生すると腐食速度が著しく速くなり、機械、構造物に思わぬ損傷をもたらすため、その防食技術が重要視されている。すきま腐食現象の発生、進行に影響する要因について検討を行ってきた結果、機械や構造物に機能的な変更を加えず、すきま腐食を防止する性質をもつシール用防食ゴムを開発した。防食ゴムは、図4に示すようにゴム基地中に亜鉛微粒子が比較的均一に分散している組織をもっている。すきま内で亜鉛微粒子は金属表面に優先して溶解し、金属表面を防食すると同時に、すきま内液質を弱アルカリ性に維持し、金属表面の不動態皮膜を安定な状態に維持する。

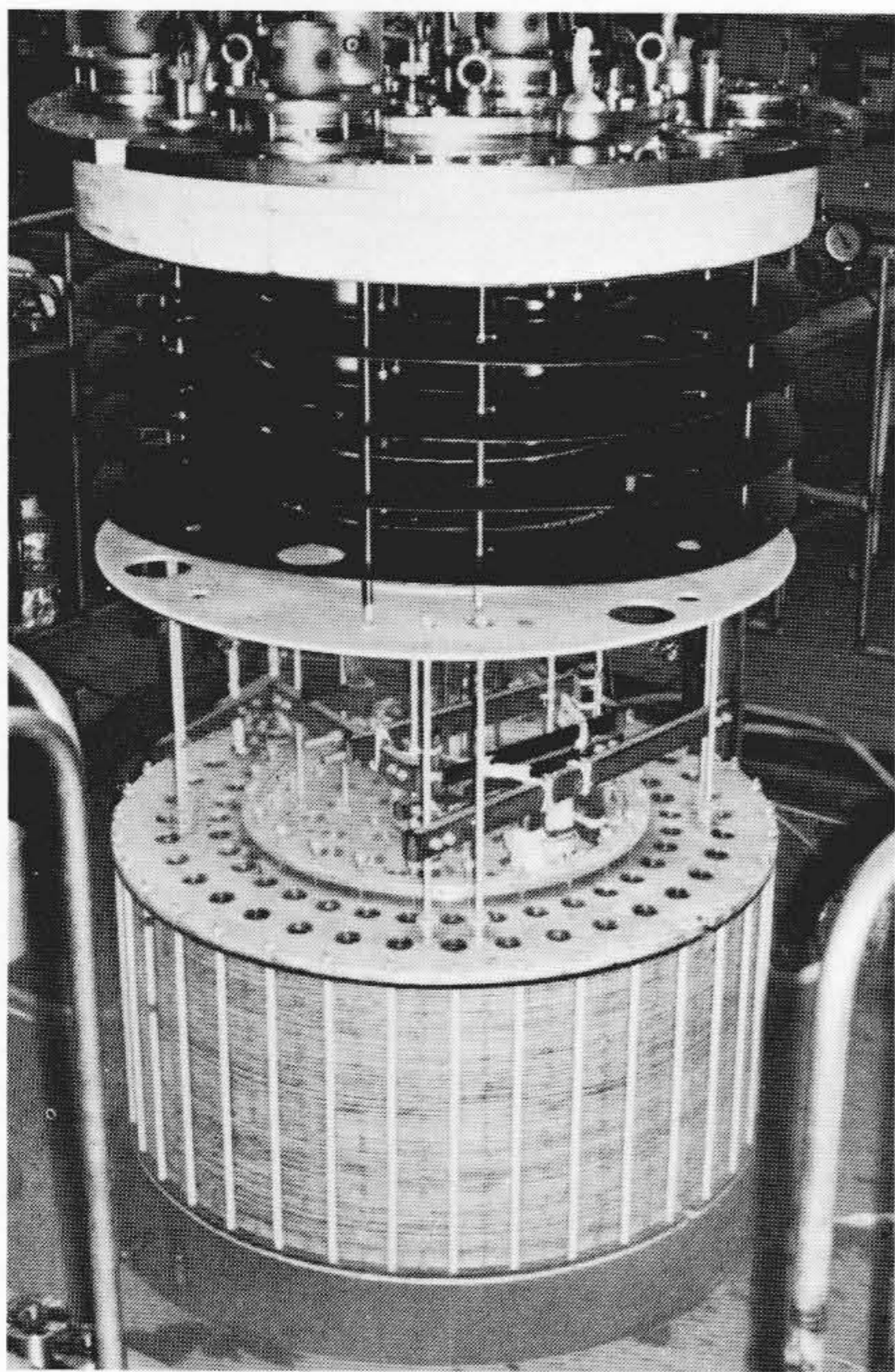


図5 12Tの高磁界発生に成功した超電導コイル

Nb₃Sn(ニオブ3スズ)12T超電導コイルの開発

核融合、物性研究などの分野では12T(テスラ)又はそれ以上の高磁界超電導コイルが要求されているが、本命視されているニオブ3スズ極細多心線を用いた超電導コイルはまだ実験的な小形コイルしか開発されていない現状である。今回、大形化への最大の課題であるひずみと定安化について線材構成、コイル補強法に工夫を加え、大形コイルに適用可能なPre-react法(線材の状態をニオブ3スズを形成)でダブルパンケーキ巻線した内径150mm、外径640mmのニオブ3スズコイルを社内試作し、既設バックアップコイルと組み合わせて12Tの高磁界発生に成功した(図5)。本コイルは12MJの蓄積エネルギーをもち、従来の記録品であるとともに大形超電導線材評価用強磁場発生装置として使用できる。

サブミクロン磁気バブルメモリ素子用材料の開発

磁気バブルメモリは、現在電子交換機、数値制御機器などのファイルメモリとして実用されている。今後用途を大幅に広げるためには高密度・高集積素子の開発が必須である。日立製作所では従来の素子(1Mビット/cm²、直径2μm磁気バブル、周期8μm)よりも4~16倍高い記憶密度をもつ素子(4Mビット~16Mビット/cm²)の研究開発を進め

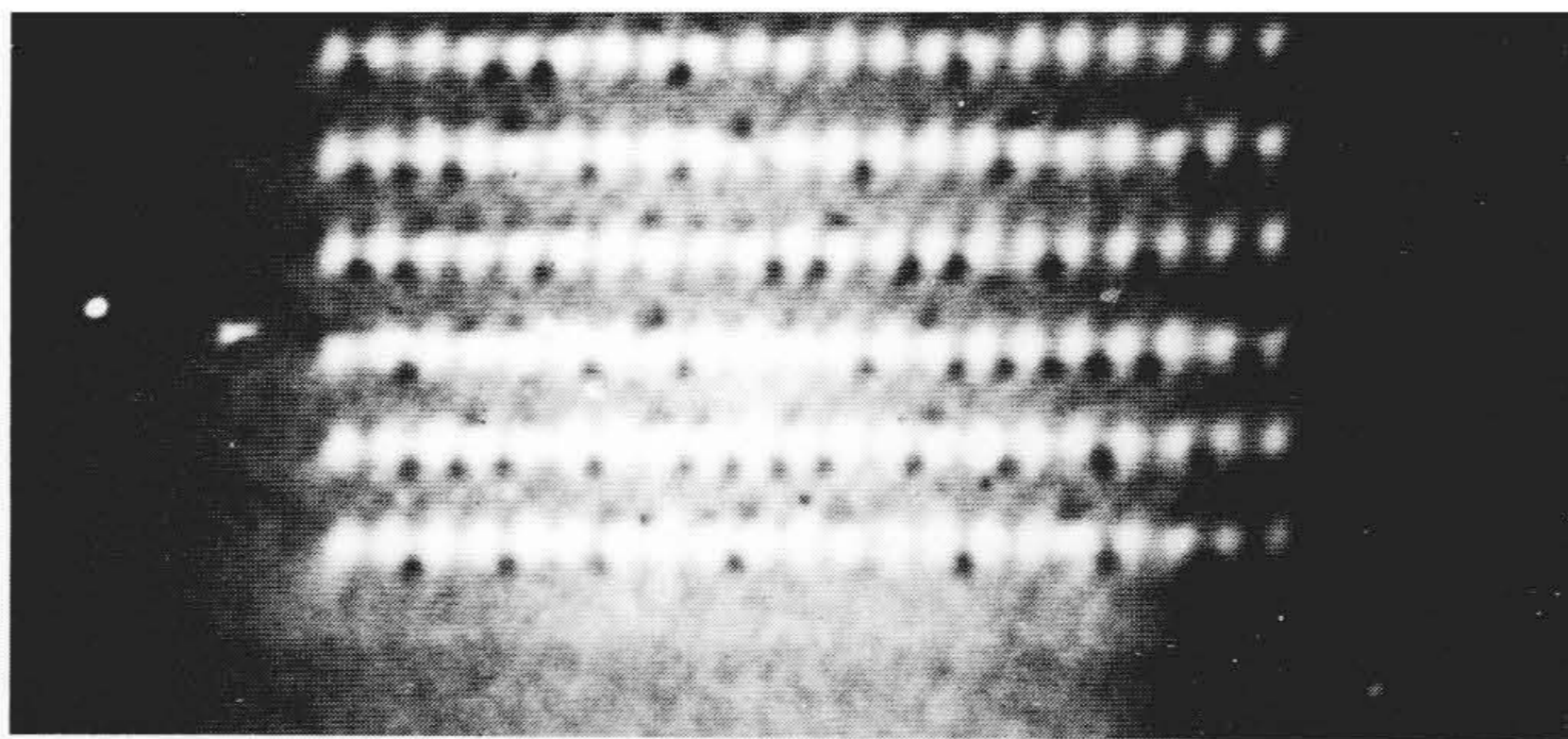


図6 イオン打込み転送路上の直径0.5μm磁気バブル(16Mビット/cm²)の偏光顕微鏡写真

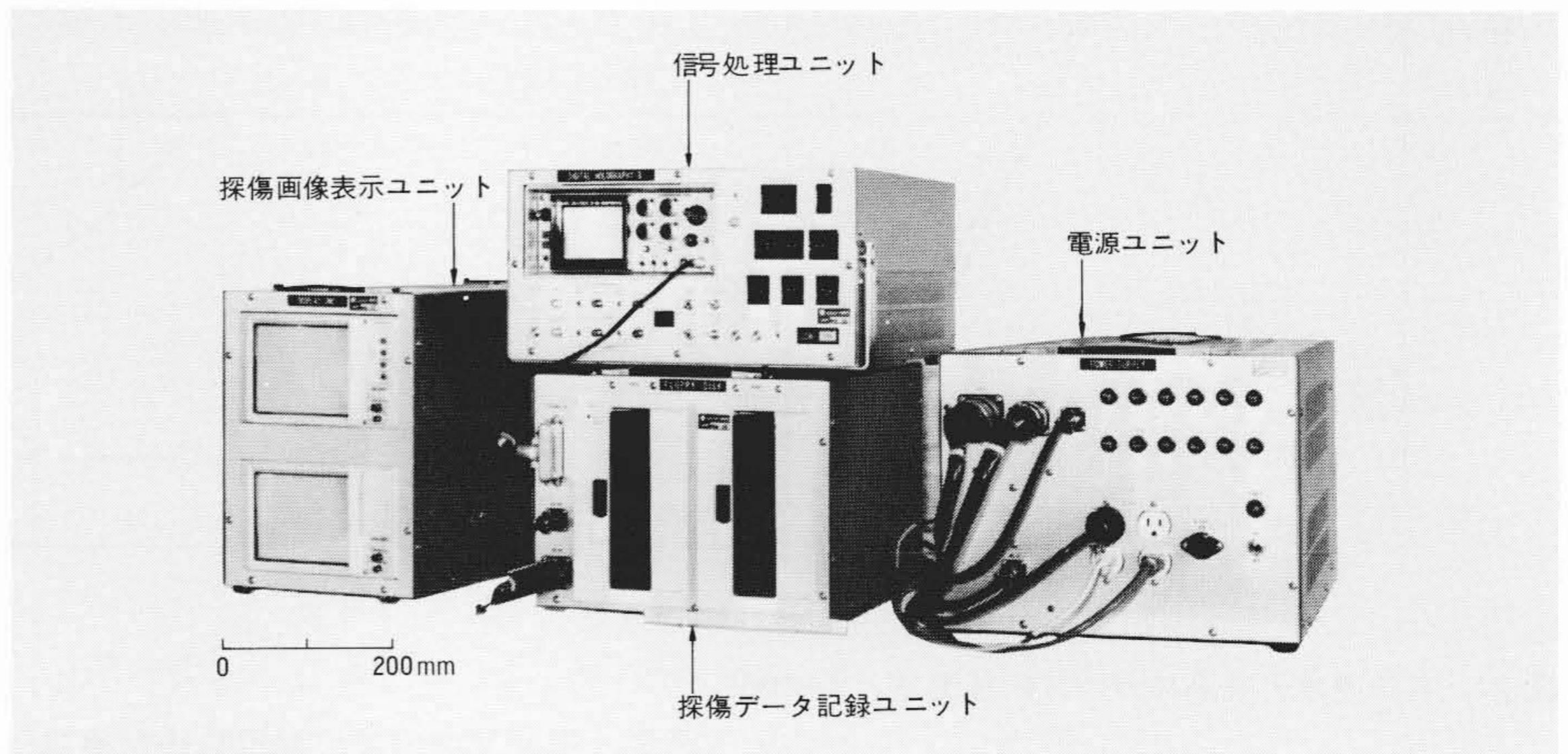


図7 デジタル方式超音波ホログラフィー装置

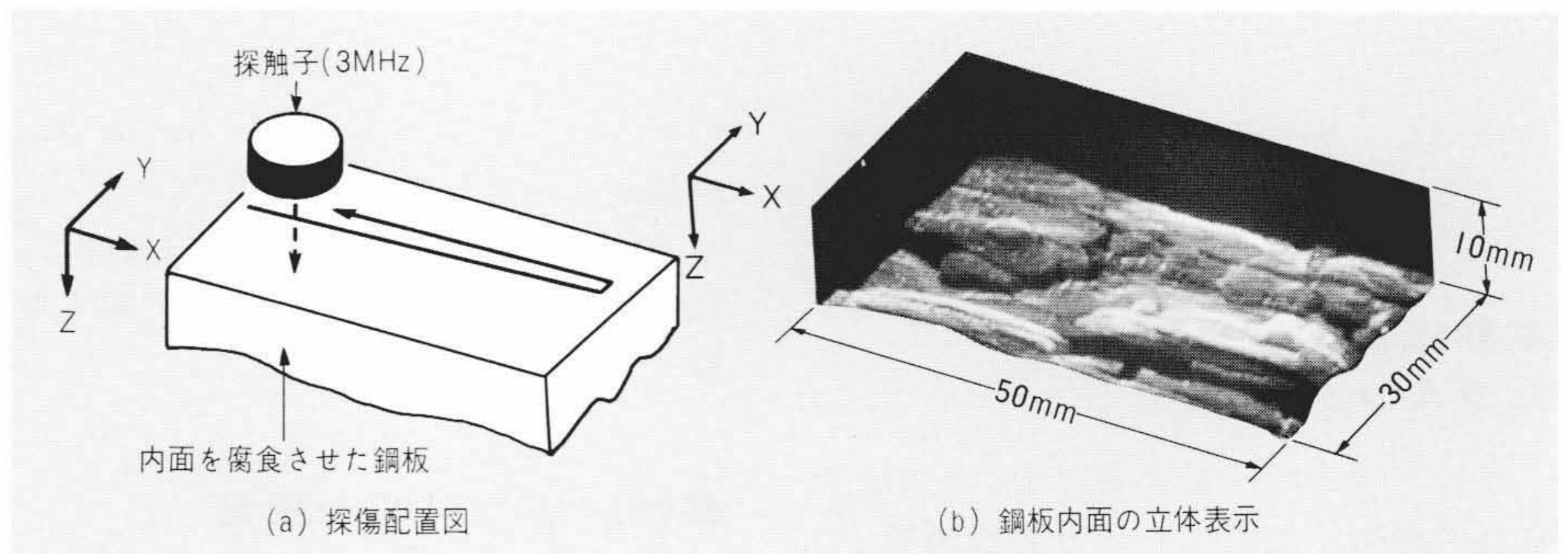


図8 鋼板内面形状の超音波映像

ている。このたび、これに用いるサブミクロン磁気バブル材料(磁気バブルの直径:0.5~1.0μm)(YSmLuGd)₃(FeGa)₅O₁₂ガーネットなどを開発し、更にこれらの材料の上にH⁺イオンを打ち込んで形成した周期2.0~4.0μmの転送路でサブミクロン磁気バブルの転送実験に成功した。図6は周期2.0μmの転送路(16Mビット/cm²)に沿って直径0.5μmの磁気バブルが転送される様子を示した偏光顕微鏡写真である。以上により、上記高密度素子の基盤技術が出来上がった。今後、磁気バブル発生器、ゲート、検出器などを開発し、メモリ素子として完成させる予定である。

デジタル方式超音波ホログラフィーによる検査装置の開発

構造材中の欠陥大きさ及び位置を高精度で自動測定するデジタル方式超音波ホログラフィー装置を開発した(図7)。

これまでのアナログ方式超音波ホロ

グラフィーでの問題点は、欠陥大きさの測定精度を超音波波長以下にはできないことである。そこで、デジタル信号処理により、低い周波数の超音波でも、高い周波数の超音波を用いた場合と同じきめ細かいホログラムを作成できるようにした。この結果、欠陥大きさ及び位置の測定精度がいずれも超音波波長2mm(3MHz)を下回る約0.4mmを実現した。また、小形計算機による高速像再生で、ホログラムから欠陥像を再現したり、板材内面形状を図8に示すように立体表示できるようにした。本装置は、タービンロータの検査などに適用する。

スクロール流体機械の開発

最近の電気、石油価格の高騰に伴い、空調機や空気機械の省電力化、太陽熱や廃熱利用技術の開発が要請されている。スクロール流体機械の開発は、この要請にこたえる一つの技術開発である。スクロール流体機械は、図9(2.2kW



図9 2.2kW空調機用スクロール圧縮機(全密閉形実験機)

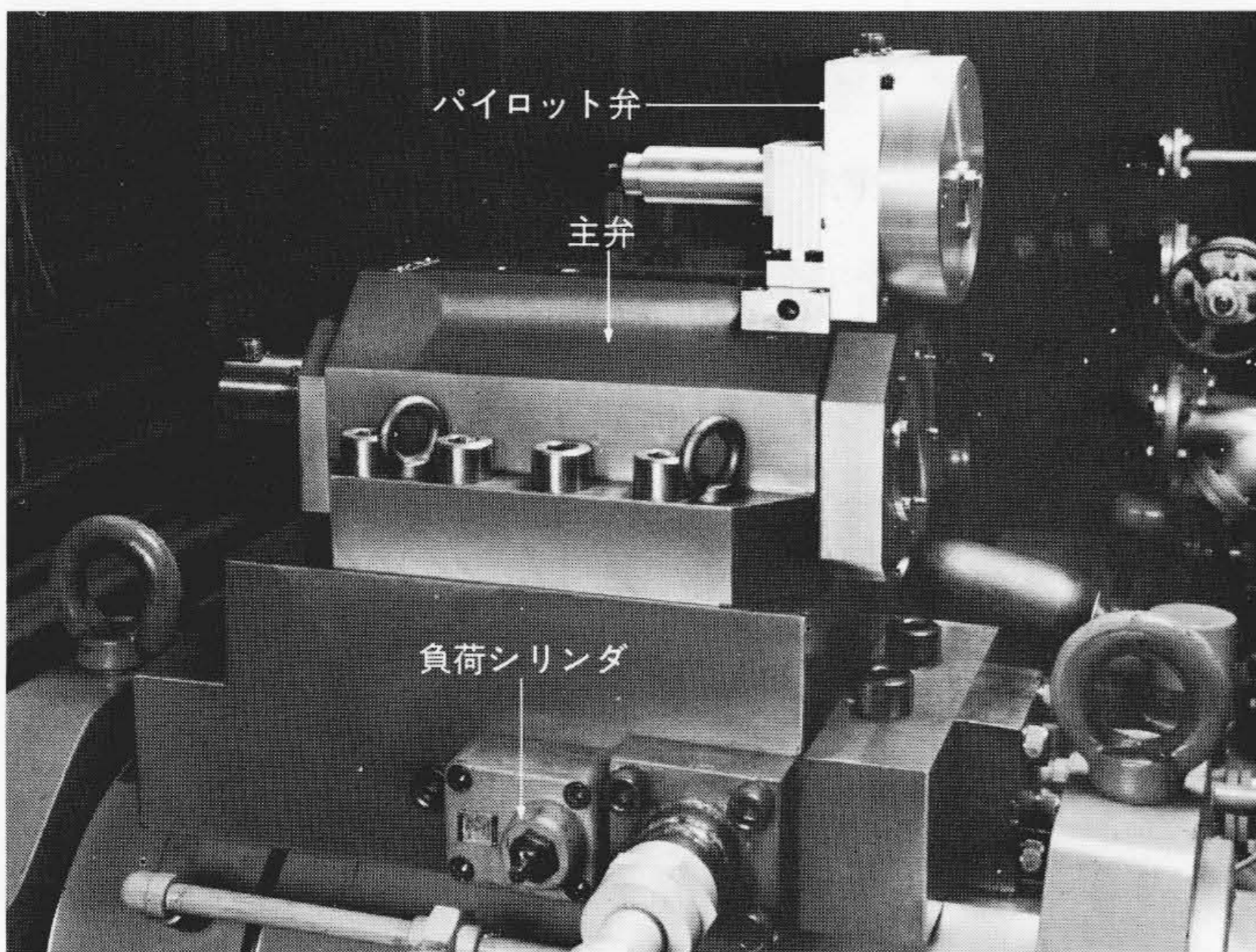


図10 大容量2段形サーボ弁

空調機用圧縮機)に示すように、蚊取線香の渦巻に似た2枚の羽根の間に作動室を形成するもので、ガス漏れが少ないこと、弁が不要であること、トルク変動が小さいことなどの特長がある。これまでに、成績係数0.5を達成した太陽熱利用ランキン機関の膨張機や、従来形機(当社往復動形)に比べ10%以上高効率の2.2kW空調機用、1.5kW空気用スクロール圧縮機の開発に成功している。これらの開発を通じ、構造設計法、材料、加工、表面処理など、実用化のための要素技術を確立した。

高応答・大容量サーボ弁の開発

大形高性能振動台、試験機、圧延機などに高応答・大容量サーボ弁の要求が増大している。これに対処して、今回最大容量2,500l/minの2段形サーボ弁を開発した(図10)。パイロット段は日立独自のフォースモータ駆動で、500~1,000Hzの高い応答性と十分なダンピングをもっている。パイロット弁と主

弁の組合せの最適化により、150~200 Hzの高速まで安定な作動が可能である。また、水グリコールなどの難燃性作動油での使用が可能である。

2段形サーボ弁では、パイロット段の高出力化及び最適のダンピング付与が必要で、前者に対しては駆動力/慣性の比を極限まで向上させ、後者に対しては電氣的制御によるダンピング付与方法により対処した。これらの手法により、主弁の応答は向上し大容量アクチュエータの高応答、高速の制御が可能となった。

遠紫外レジストを用いたリソグラフィ技術

超LSIを実現するためには、線幅2μm以下の微細パターンを高精度に形成できるリソグラフィが必要である。

この目的で、フェノール樹脂と感光性アジド化合物から成る解像度、感度、耐ドライエッチ性に優れたレジストMRS、及びその利用技術を開発した。

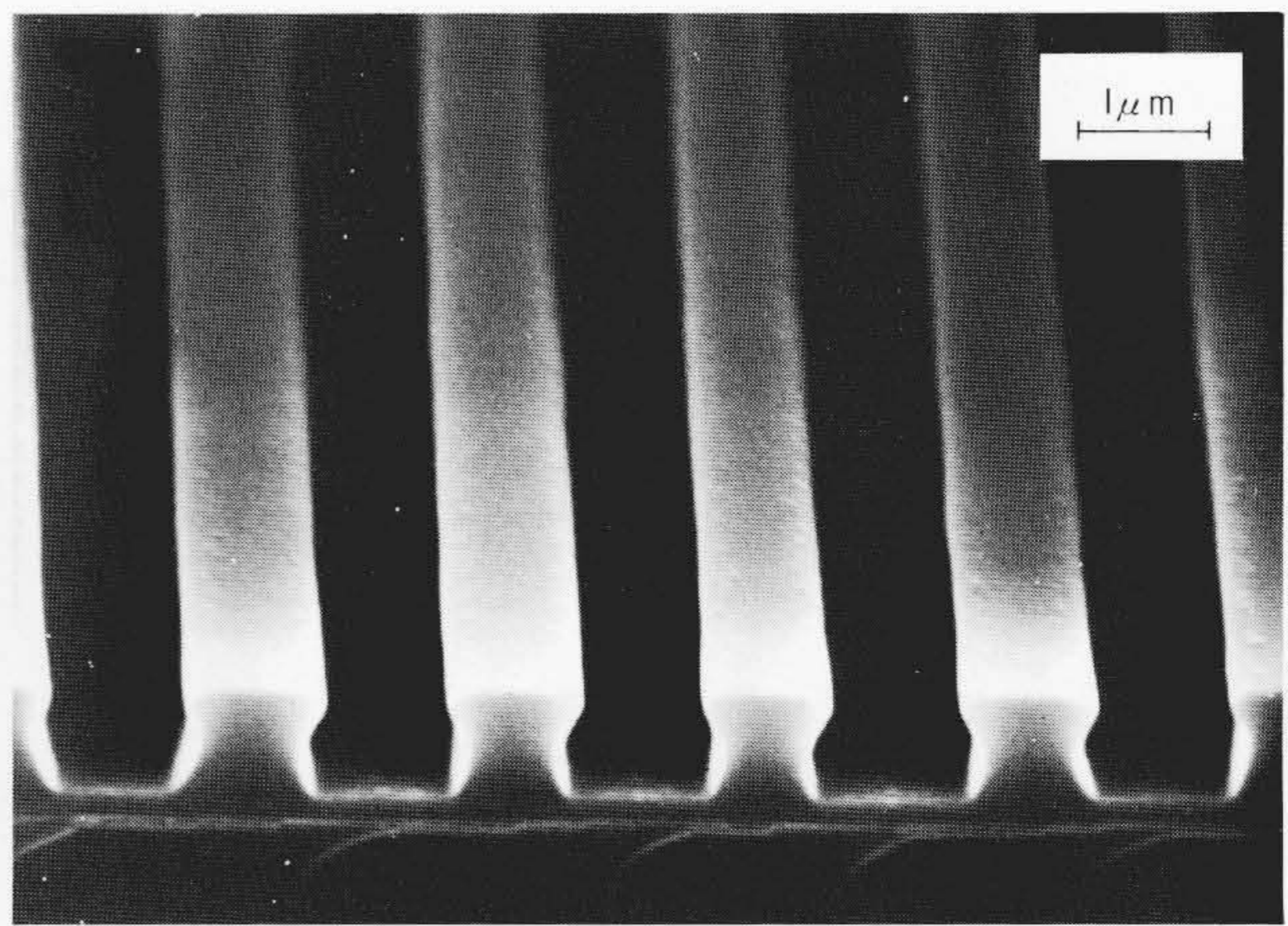


図11 1μmライン-1μmスペースのMRSの像

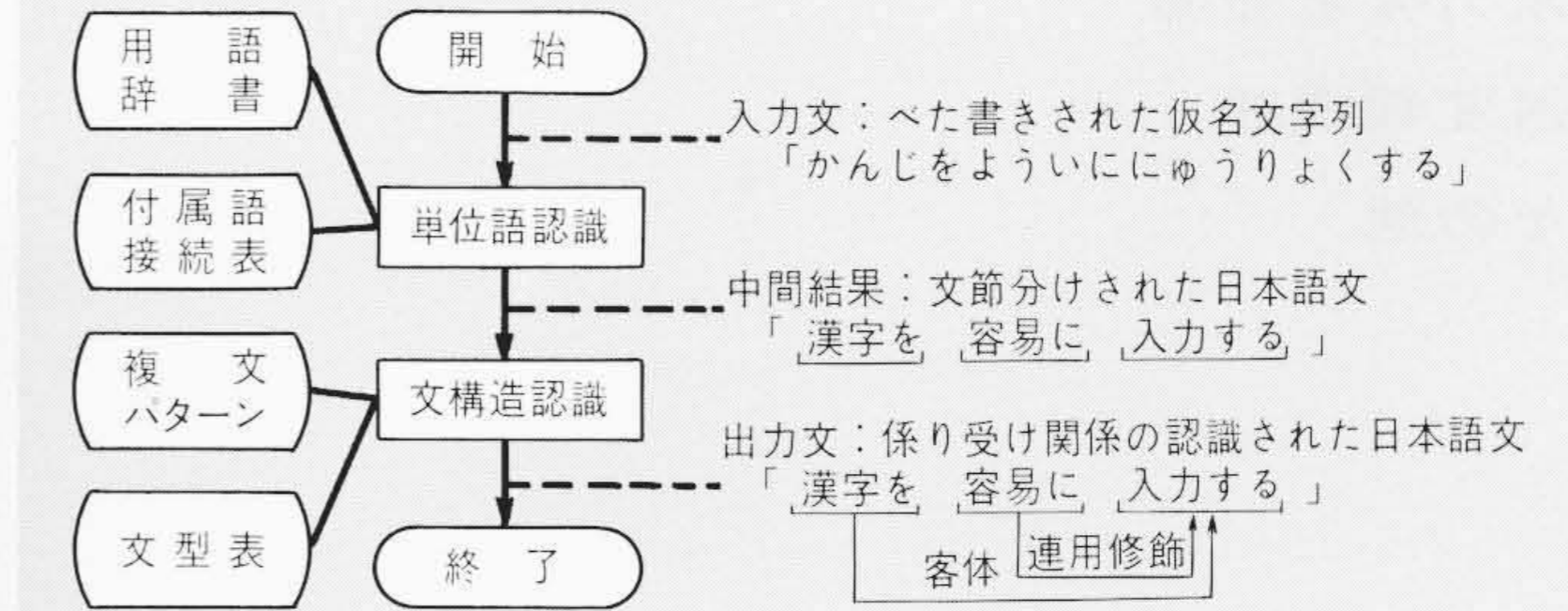


図12 日本語文解析手順

MRSは遠紫外線(波長300nm以下)に感光するネガ形レジストで、遠紫外線の吸収が著しいこと、現像時の膨潤がないことを特徴とする。1:1投影露光にMRSを適用し、従来困難であった急峻な形状の1μm幅のレジスト像(図11)を露光時間25秒で4inウェーハ上に形成した。本技術は、高反射率のAl配線の加工に適し、また、アンダーカットを利用したリフトオフ技術への応用も考えられる。

日本語情報処理基本技術の開発

OA(オフィスオートメーション)システムの基本構成要素である日本語入力、文章処理、情報検索、機械翻訳などの共通基本技術として、日本語文解析技術を開発した。この技術は、形態素分析による単位語認識方式、及び言葉の係り受け関係による文構造認識方式から成っている(図12)。前者は、区切りなく入力される仮名文字列から言葉を認識し、漢字仮名まじり日本語文に自動変換することを可能とし、操作性の高い日本語入力を実現した。後者は、日本語文章から重要語を自動抽出し、かつその重要語の文中での意味的役割(主体、客体など)の自動分類を可能とし、質の高い日本語情報検索の実現を可能とした。これらの技術は、日立漢字情報処理システム、OAの基本技術として製品開発に貢献している。