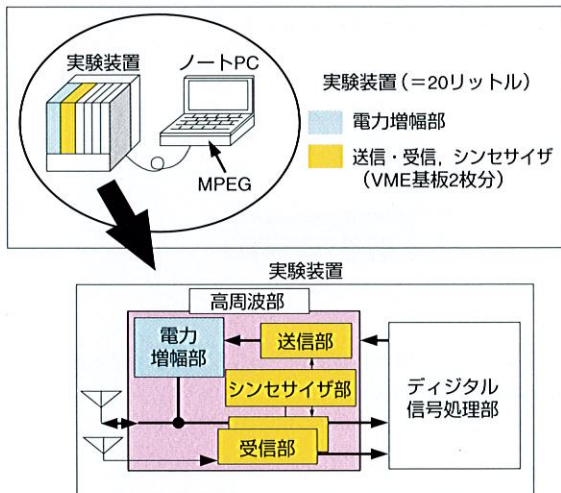


# 1 研究 Research and Development

研究開発部門は、将来ニーズを先取りした新しい事業の芽を発掘するコンセプト提案とキーとなる革新技術の創出に努めている。1998年、情報・通信分野では、ヒューマンインタフェースのキー技術として新しい三次元画像入力装置であるモーション入力装置、カーナビゲーションシステムやモバイル機器など雑音環境下での使用機器に威力を発揮する耐雑音音声認識技術、制御系システムと情報系システムのシームレスな連携を容易にするミドルウェア ECJ(Event Centric for Java)、材料・デバイス分野では、超高速情報通信システムへの応用が期待される高温超電導を用いた 200 GHz 分周回路、複写紙を容易に再生し紙のリサイクル問題解決につながる消去可能インク、各種プラント・自動車などから多量に排出される炭酸ガスを大量に吸収可能な炭酸ガス吸収材料の開発などで顕著な研究成果を上げることができた。また生産技術研究分野では、早期製品化を達成した超薄型ノートパソコンの成形・実装技術、1 チャンパ内でのエッチングとレジスト除去の連続処理を可能にした液晶用ドライエッチング装置の開発など、量産に貢献する著しい研究成果を上げることができた。

## 1 情報・通信

### ● W-CDMA 実験装置高周波部の開発



W-CDMA 実験装置高周波部  
Radio frequency(RF)stage of W-CDMA experimental terminal

次世代マルチメディア移動通信システム(W-CDMA: Wideband Code Division Multiple Access)用の端末実験装置(20リットル級)の高周波部の開発を完了した。この高周波部は、電力増幅器、送・受信部、シンセサイザから構成される。

特長は、高周波部の IC 化に適した回路方式を採用したこと、高効率で低歪(わい)な電力増幅器を開発したことにより、送信出力 1.6 W で次隣接チャネル漏えい電力 -60 dB という低歪化を実現した。この高周波部は、デジタル信号処理部との接続評価を行い良好な特性を得た。

この開発は NTT 移動通信網株の指導で行った。

### ● セルスイッチルータ フェーズ 3 システム



セルスイッチルータ CSR 5400  
CSR 5400 cell switch router

従来のルータ機能と ATM(Asynchronous Transfer Mode)スイッチ機能を統合した高速・大容量ルータ“セルスイッチルータ”のフェーズ 3 システム(CSR 5400)の開発、商品化を完了した。

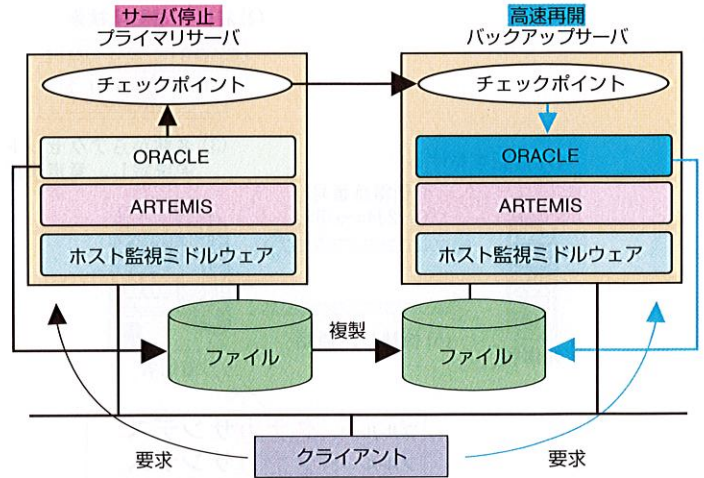
このシステムは、従来のルータ機能の一部をハードウェア化し大幅にパケット処理性能を向上させる(約 18 万パケット/秒)とともに、機能的には従来のベストエフォート型のカットスルーパスに加え、通信品質の高いカットスルーパスをオンデマンドに提供することを可能にした。また、インターネットの標準化機関でのプロトコル手順の仕様作成にも、シスコ社などとともに積極的に寄与している。



### ● データベースサーバ高信頼化ミドルウェア技術

高可用性システムの新技术として、サーバ計算機障害時の処理停止時間を大幅に短縮するミドルウェア ARTEMIS(Advanced Reliable disTributed Environment Middleware System)を開発した。

この技術をデータベース管理システム ORACLE に適用すると、ORACLE プロセスの実行状態が定期的に保存され、障害時には別のサーバ計算機上で処理途中の状態から再開されるため、ジャーナルリカバリが不要になり、数分から数十分の引継ぎ時間を数十秒に短縮できる。ORACLE の変更は不要であり、従来の高可用性システムで使用する共有ディスクが不要なため、低コストでシステムが実現できる。

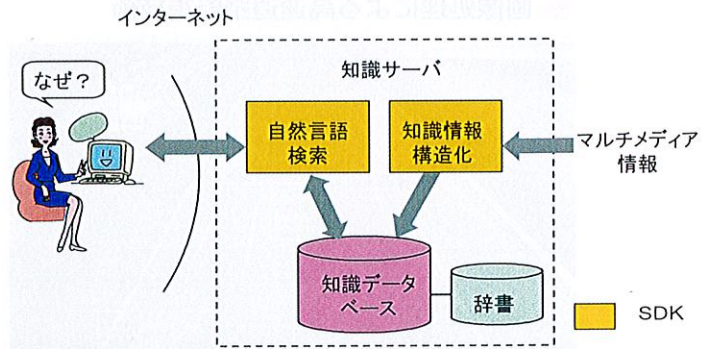


ORACLE データベースシステムでの ARTEMIS 環境の概要  
Overview of ARTEMIS environment for ORACLE database system

### ● 知識情報共有システムのソフトウェア開発キット

個人や組織の知識情報を簡単に蓄積して、自然言語できめ細かく検索する知識情報共有システムのソフトウェア開発キット(SDK)を開発した。

システムは、従来のキーワード検索ではできなかった知的な検索を自然言語理解技術により可能にした。また、知識情報構造化技術により、従来非常に手間がかかったデータベース構築が簡単にできるという特長がある。今回開発した SDK の利用により、ヘルプデスク、市民相談システムなど各種応用システムの開発が容易になった。今後、これまで行ってきた社内実践を通じて獲得した運用ノウハウを生かし、知識共有という新分野の事業を開拓する。



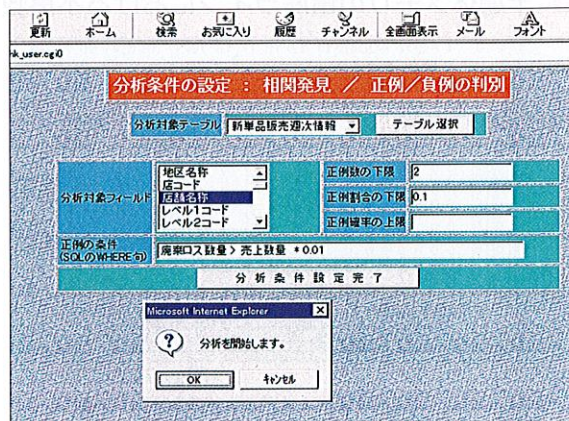
知識情報共有システム  
Knowledge and information on demand system

### ● スライス アンド ダイス分析エンジンの開発

数百万件以上のデータ集合から、指定条件を満たすデータが密集する領域を発見する分析エンジンを開発した。

例えば、商品販売データを使って廃棄ロスの発生条件を調べるよう指示すると、商品分類、店、曜日、発注者などのあらゆる組合せを調べ、廃棄ロスが多発する条件の組合せを一括報告する。そのため多次元分析ツールや従来のマイニング手法より効率良く的確に問題箇所を把握できる。また、この分析エンジンを並列化し、8プロセッサで8倍近い性能向上を達成した。

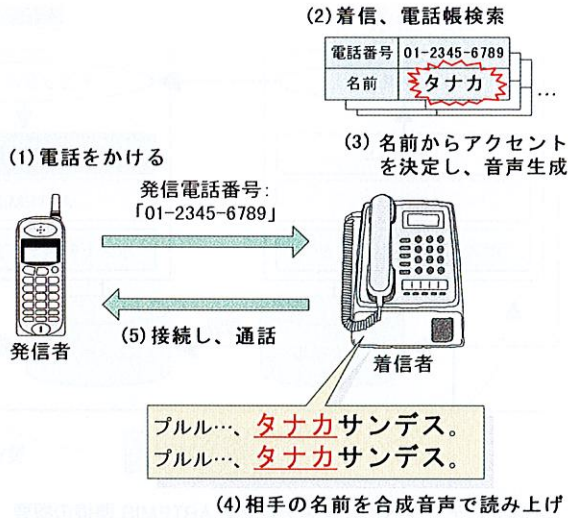
なおこの分析エンジンは、WebMining™ という名前のデータマイニングシステムに搭載される。



スライス アンド ダイス分析の条件設定画面  
Screen display for setting parameters of slice and dice analysis



### ● 省メモリ音声合成 DSP チップ



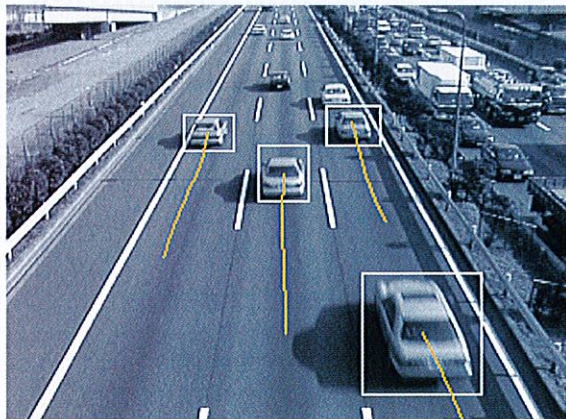
ナンバーディスプレイでの音声合成 DSP チップの利用例  
Use of speech synthesis DSP chip in caller ID display service

ハードウェア的に制約の大きいシステムへの組み込みが可能な省メモリ音声合成方式を開発し、留守番電話機用 DSP (Digital Signal Processor) チップに組み込むことに成功した。

音声素片数削減や素片辞書の圧縮、合成処理の簡素化により、素片辞書を含む音声合成部を約 40 K バイトと非常にコンパクトにした。音声呼出し機能として、アドレス帳にカナ文字で登録した名前を、自動的にアクセントを付与したうえ、合成音声に変換して読み上げる。

開発した DSP チップは、ナンバーディスプレイ対応留守番電話機に搭載され、98年8月から発売されている。

### ● 画像処理による高速道路監視技術

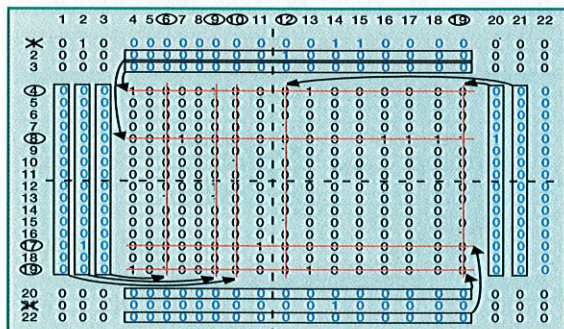


車両追跡結果  
Vehicle tracking results

近年、高速道路の各所に監視カメラが設置され、渋滞や事故検知などに用いられているが、設置台数が多くなるにつれ従来監視員が目視で行っていた監視業務を画像処理により自動化する要求が高まってきている。このため、画像中の車両の移動軌跡を正確に求めることにより、車両台数・速度などの交通諸量、および渋滞・事故などの突発事象を自動検出するリアルタイム画像処理技術を DSP ボード上で開発した。

画像下部から進入した車両を時空間画像処理により検出し、適応的にテンプレートサイズを変化させながら相関追跡することで95%以上の車両検出性能を得ている。

### ● 半導体メモリの量産ラインにおける不良救済アルゴリズム



(青色文字はスペアを示す)

グラフアルゴリズムにより仮想スペアの割当て先のライン番号(○, ×)を求め、それをもとに×のライン上にないスペアを○のラインに割り当てる。

スペアの割当ての例  
Example of spare allocation

メモリデバイスの不良箇所を冗長部分“スペア”で代替する不良救済(リダンダンシ技術)に関して、種々のデバイスモデルに汎(はん)用性のあるアルゴリズムを開発しツール化した。

仮想的なスペアを導入することによって不良のスペアも容易に活用できるようなモデル化を考案し、グラフの分解アルゴリズムによって高速に割当て処理を行うのが特長である。スペアの細分化や一本化が可能な自由度の高いデバイスについても、スペアを共有する部分単位への分割によって対応可能とした。高密度化、多品種に伴う新デバイス用救済装置の早期立上げと、高速性による設備投資額の削減が期待できる。

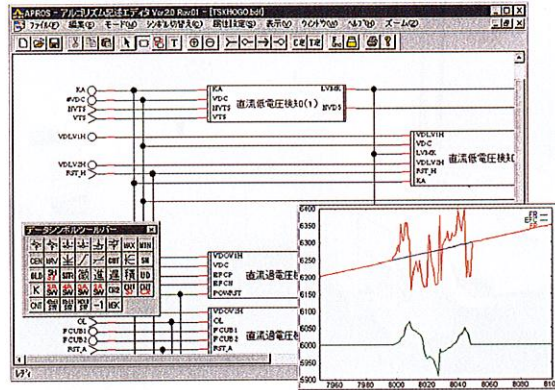


● フィードバック制御ソフトウェア自動生成システム APROS

制御系マイコンソフトウェアの開発を設計から機器組み込み調整まで一貫して支援し、開発期間の短縮と短期間での品質保証を達成するシステムを構築した。

このシステムでは、制御内容を階層化ブロック線図で入力するとプログラミングレスでマイコン用ソフトウェアが自動生成できる。また、ソフトウェアの動作をパソコン上でシミュレーションにより確認可能である。当社では、鉄道車両制御システム(駆動制御、空調制御など)の開発において効果を実証している。

このシステムはパワーエレクトロニクス分野のほか、機器制御分野で利用でき、ソフトウェアの開発工数は40~60%の削減が見込める。

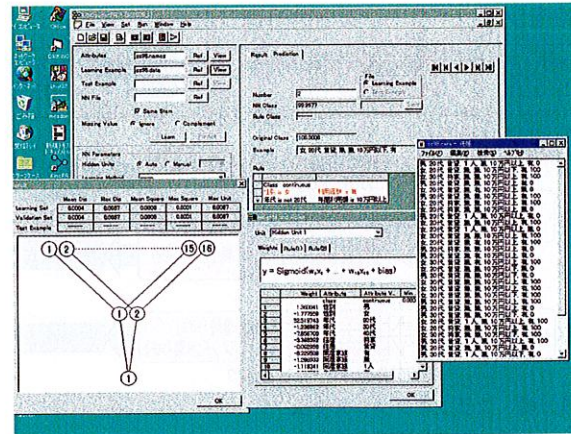


APROS の画面例  
Example of APROS(Application CASE for Rolling Stock) screen display

● データマイニングツール KINOsuite™

データマイニングは大規模なデータから知識を発見する技術である。

今回開発した KINO(Knowledge Inference by Observation)suite™ は、ニューラルネットワークツール PR(Prediction and Rules)と決定木ツール IDTF(Induction of Decision Trees with Fuzziness)から構成される、データマイニングツールである。特に PR に関しては、どのように予測しているかわからないというニューラルネットワークの問題点を、学習後のニューラルネットワークからルールを抽出することで解決している。この技術は世界初である。

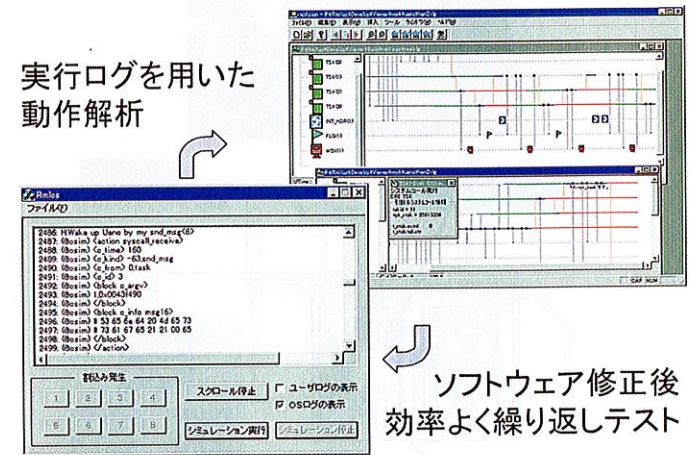


KINOsuite™ -PR の画面表示  
Screen display of KINOsuite™ -PR

● 移動携帯端末制御ソフトウェア向けテスト環境 RmSus

急速に普及している移動携帯端末には、多機能化とともにタイムリーな市場投入が求められている。このため大規模化する端末制御ソフトウェアを、いかに速く確実に作りあげるかがかぎとなる。RmSus は従来高価な専用機器を必要としていた制御ソフトウェアのテストを、ファームウェアシミュレーション技術の適用により個々の開発者の Windows® 上に実現した。

これによりハードウェアとソフトウェアの並行開発が可能となり、生産性が30%向上した。今後はモバイルインターネット機能や制御ソフトウェアの IP(Intellectual Property)化にも対応していく。



実行ログを用いた  
動作解析

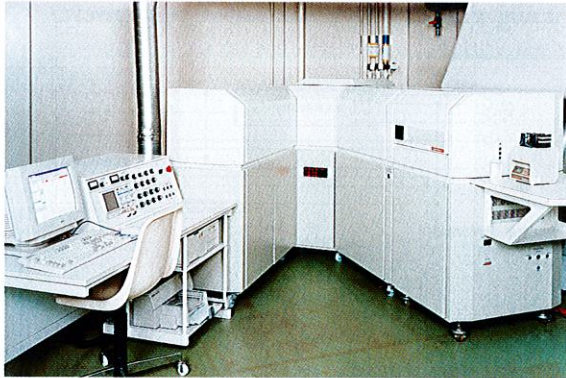
ソフトウェア修正後  
効率よく繰り返しテスト

ファームウェアシミュレータと動作解析ツール  
Screen displays of firmware simulator and program log analyzer



## 2 環境・エネルギー・メカトロニクス

### ● 環境試料中の高感度ヒ素分析技術



誘導結合プラズマ質量分析装置  
Inductively coupled plasma mass spectrometry

従来の原子吸光法、誘導結合プラズマ発光分光法より50倍以上高感度な10 ppt (pg/g) レベルのヒ素分析法を確立した。

この超高感度分析技術は、試料を適切な酸で処理した後、水素化物発生法によりヒ素を還元気化させ、さらに銀化合物カラムを通過させるという独自の前処理法と、誘導結合プラズマ質量分析法との組合せにより実現したものである。

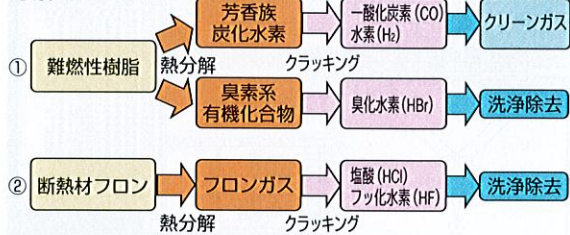
確立した方法を、河川水、排水や汚泥などの環境試料に含まれる、有害成分の一つであるヒ素の高感度分析に適用し、規制値より十分低いレベルでの有害成分の経年推移観測を可能とした。

### ● 家電シュレッダーダストの熱分解・クラッキング技術

家電シュレッダーダストの処理フロー



分解プロセス

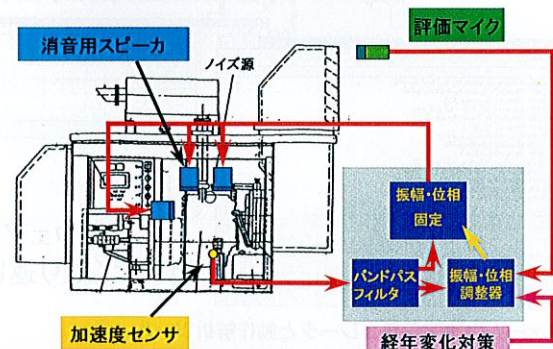


熱分解・クラッキングシステム  
Pyrolysis and cracking system

2001年4月からメーカーなどに廃家電製品をリサイクルする義務が生ずる。家電製品を破碎して鉄や銅は回収できるが、残ったシュレッダーダストのリサイクルが課題であった。ダストの80%はプラスチックで、臭素などのハロゲン化難燃剤を含有する樹脂や塩化ビニルも含まれている。このような樹脂を乾留(熱分解)し、得られたガスをさらに高温で分解(クラッキング)することによりダイオキシンを含まないクリーンな燃料ガスを得られることを検証した。

この方法は塩化ビニルや冷蔵庫などに使用されるフロンなどにも適用でき、廃家電シュレッダーのリサイクル技術として有効である。

### ● ディーゼル発電機用能動消音装置



エンジン機関室用能動騒音制御システム  
Active noise control of engine enclosure

騒音を発生元から低減させる新しい能動消音装置を開発した。

これまでの消音技術は消音範囲が耳元や頭部の大きさ程度の局所空間に限られている。今回開発した装置は、音響放射パワーそのものを最小化する方法で、広い消音空間を実現できる。環境騒音の低減が課題である自家発電機のディーゼルエンジン騒音に適用し、吸音遮音対策では消音しきれない低周波騒音を発電機の構造変更をせずに周囲全体で大幅に低減させ(100 Hzを15 dB, 200 Hzを7 dB), 高音域の遮音対策と合わせて85 dBAの大音響を10 dB低減させることに成功した。今後は建設機械などの環境騒音への応用を旨とする。

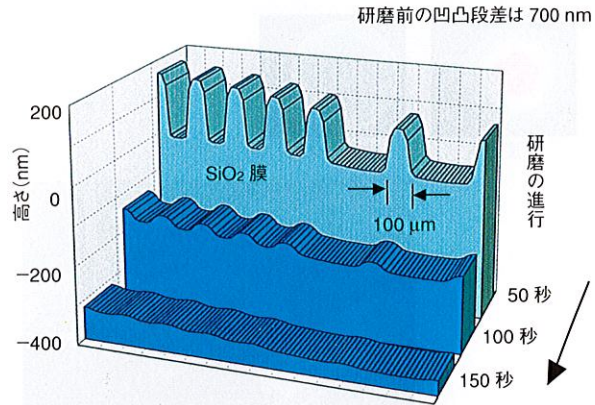


### ● 化学的機械研磨(CMP)の加工形状シミュレーション

半導体の高集積化に伴い、露光面に要求される平坦度は厳しくなり、化学的機械研磨(CMP: Chemical Mechanical Polishing)による平坦(たん)化技術が重要となっている。素子形状や配線密度の影響を受けるCMP後の平坦度を、研磨布の機械特性を考慮した研磨モデルから予測するシミュレーション技術を開発した。

種々の研磨液、被研磨材料に対応し、効率的なプロセス開発、合理的なデバイス設計に反映される。数十nmレベルの平坦度が要求される1G DRAM以降のデバイスに本格的に適用する。

関係論文: 東芝レビュー, 53, 9, p.38-40

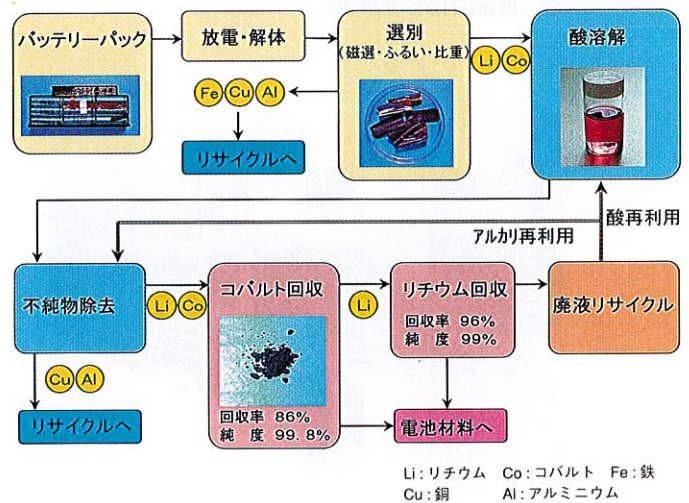


絶縁層への適用例  
Simulation of dielectric layer

### ● リチウムイオン二次電池リサイクル技術(コバルト, リチウムの回収)

ノートパソコンなどへの使用が急増しているリチウムイオン二次電池から有用資源(コバルト, リチウム)を高純度で回収する技術を開発した。

湿式溶解, 析出プロセスの最適化によりコバルトとリチウムの同時回収, 高純度回収を達成した。従来の金属精錬法に比べてエネルギー消費量も少なく小型化も可能なため, 分散型のリサイクルシステムを構築できる特長がある。回収したコバルトの純度は99.8%であり, 回収したコバルトで試作した正極活物質の充放電効率は90%を示し, 電池への再利用の可能性が得られた。



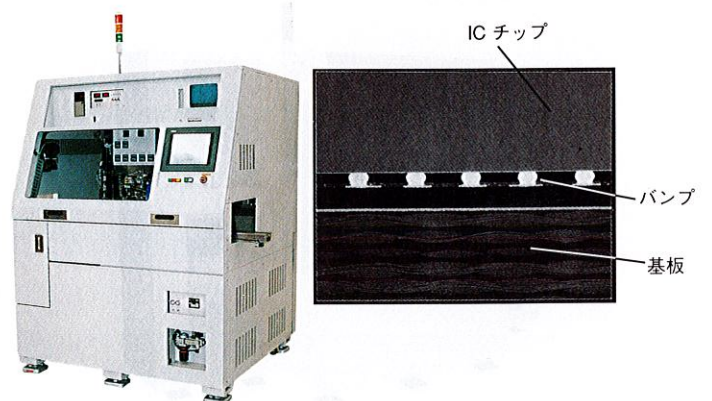
リチウムイオン二次電池のリサイクル処理フロー  
Flowchart of recycling of lithium-ion secondary battery

### ● 基板用フリップチップ実装システム

ノートパソコンなどの高密度基板に bumps 付き IC チップを実装するための量産設備 2 機種を開発した。

高精度フリップチップボンダは, ±5μm の位置合せ精度があり, bumps ピッチ 80μm の狭ピッチ多ピン IC の実装を実現できる。各種接合プロセスに応じて加圧・加熱条件を細かく制御でき, 1 枚の基板に複数の IC チップを搭載する MCM (Multi Chip Module) 実装にも対応している。

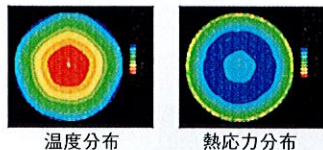
アンダフィル塗布装置は, 基板と IC の間に封止樹脂を充填(てん)する装置で, 粘度・塗布速度・ギャップを高精度に管理することにより, ±10% 以下の定量塗布を実現した。



高精度フリップチップボンダ  
Flip chip bonder

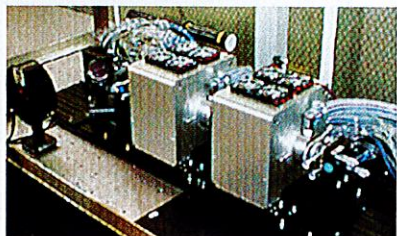


### ● 出力 1.8 kW の半導体レーザー励起 YAG レーザ



温度分布

熱応力分布



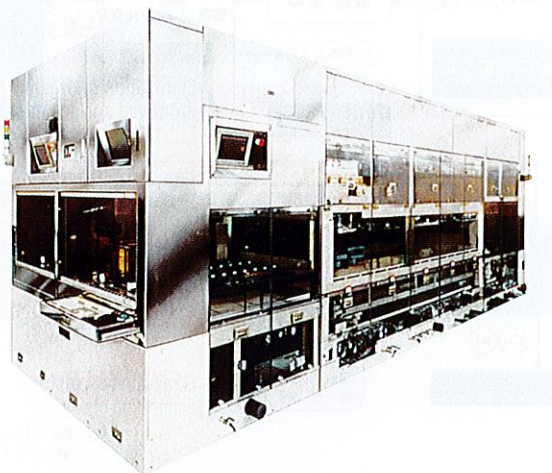
出力 1.8 kW の半導体レーザー励起 YAG レーザ発振器(下)とシミュレーション例(上)

1.8 kW laser diode pumped Nd : YAG laser

97年8月から通商産業省“フォトン計測・加工技術プロジェクト”に参画し、溶接・切断用の省電力半導体レーザー(LD)励起 YAG レーザの開発を行っている。5年間のプロジェクトであり、最終目標は平均出力 10 kW、効率 20% である。

今回は、要素技術として励起用 LD 光の光線追跡および YAG ロッド内の励起分布、温度分布、熱応力分布などを計算するシミュレーションプログラムを開発し、これに基づいた発振器を設計した。この結果、連続レーザー光としては世界最高レベルの出力 1.8 kW、効率 13% を達成した。効率 13% は、従来のランプ励起 YAG レーザと比較し、5 倍の性能である。

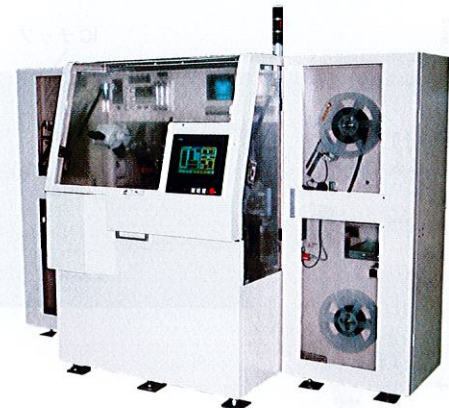
### ● 液晶用洗浄装置

液晶用洗浄装置  
TFT-LCD panel wet-cleaning equipment

半導体製造品質レベルの金属汚染除去と、パーティクル除去能力を備えている大型液晶基板用洗浄装置を、芝浦メカトロニクス(株)と開発し、p-Si(ポリシリコン)TFT(薄膜トランジスタ)液晶パネルの量産に適用した。

エキシマ UV(紫外線)ランプによる有機物汚染除去と、電解水を用いた化学的ウェット洗浄を特長としている。この装置では、省薬液化だけでなく純水使用量を従来機に比べ 70% 低減を実現した。さらにパーティクル残存数 0.03 個/cm<sup>2</sup>、金属汚染残存量 10<sup>10</sup>atoms/cm<sup>2</sup> を達成した。洗浄ユニットの上下 2 段配置、スピン洗浄、乾燥の一括処理により、45% の省スペース化を達成した。

### ● 高生産性インナリードボンディング装置

高生産性インナリードボンディング装置  
High-throughput inner lead bonder

8 インチウェーハに対応できる、業界最高の生産性(従来機の 1.4 倍)をもつインナリードボンディング装置を開発した。

業界トップレベルのタクトタイム 2.7 秒/IC(ボンディング時間を含まない)を達成するとともに、ロータリヘッド機構によりボンディングとツールクリーニングの同時動作を行うことで、ツールクリーニングのロス時間をなくし、生産性を向上させた。また、最大 25 mm 角までの大型チップのボンディングも可能にした(従来 20 mm 角)。販売は芝浦メカトロニクス(株)が行う。

関係論文：東芝レビュー、53、11、p.57-60

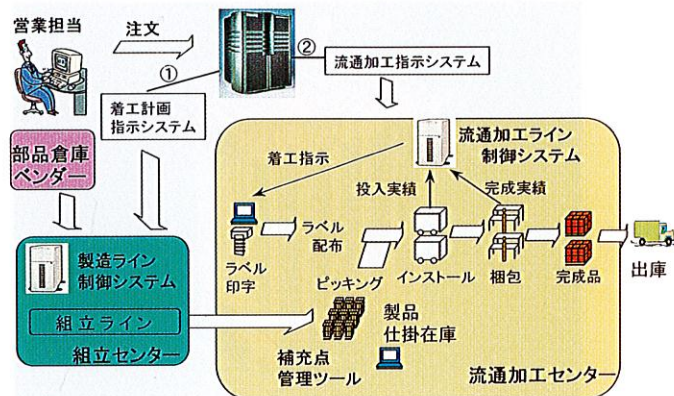


### ● ノートパソコンの受注組立生産システム

ノートパソコンでは、在庫圧縮のため受注組立生産に移行した。納期・受注量に応じて、①受注後に着工指示して組立てを開始する場合と、②受注を製品仕掛品に引き当ててソフトウェアインストールを開始する場合に分けて生産を行う。

このような受注組立生産の運用を円滑にするために、製品仕掛品の補充点管理ツール、受注単位ごとの製造ライン制御(着工指示・進捗(ちよく)/品質管理など)、ソフトウェアインストールから梱包出荷までを指示制御する流通加工システムを開発した。

受注組立生産により、製販棚卸しの大幅削減を実現した。



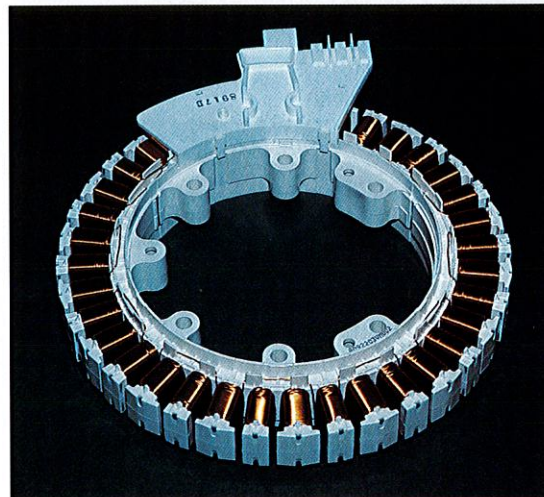
受注組立生産の仕組み  
Flow of assemble to order(ATO) system

### ● 全自動洗濯機用 DD モータの全機種への展開

低騒音で好評な全自動洗濯機の商品拡大を図るため、小容量機種用 DD(ダイレクトドライブ)モータを開発し、量産化した。

特長は、ステータコアを6分割し、これらを溶接することなく一体樹脂モールドしたこと、洗濯機への取付け部および巻線の絶縁部を樹脂一体成形したことである。モータの磁気回路として必要な部分だけを高価な素鋼板で構成し、低価格化できた。

これにより、洗濯容量 4.5, 6, 7, 8.5 kg の全自動洗濯機が製品化でき、小容量から大容量までのフルラインアップが実現した。



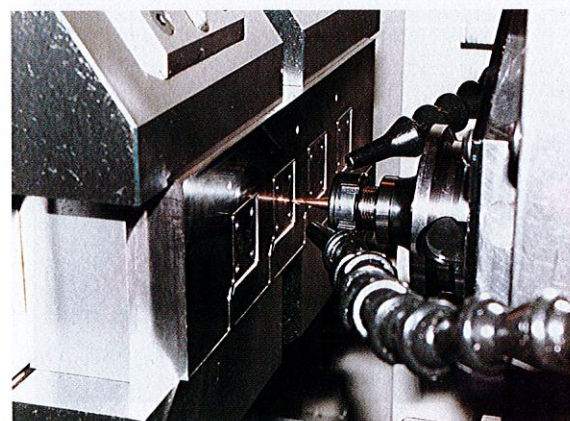
新 DD モータのステータ  
Stator of new direct-drive(DD) motor for washers

### ● 焼入れ鋼の高精度切削加工

工具回転数 20,000 min<sup>-1</sup> の高速条件を適用した切削加工で、高硬度に焼入れ処理した金型材料を高精度に仕上げる技術を開発した。

工具切刃コーティング材料に窒化チタンアルミ((Ti, Al)N)系を選定、コーティング膜の密着性向上、工具軌跡の適正化、工具切刃摩耗の寸法誤差補正などによって、ロックウェル硬度(HRC)60に焼入れ処理した合金工具鋼の高精度切削加工を可能にした。

半導体成形用金型部品の仕上加工に適用し、従来の放電加工を切削加工に置き換えて、部品加工工数を 30%低減させた。

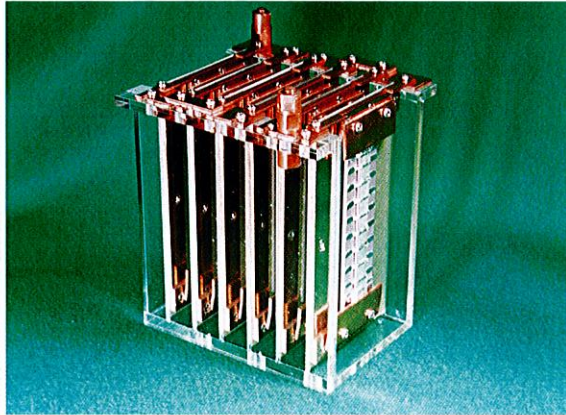


金型部品の高速切削加工  
High-speed milling of die parts



### 3 基礎・材料・電子デバイス・ULSI

#### ● 高温超電導限流素子



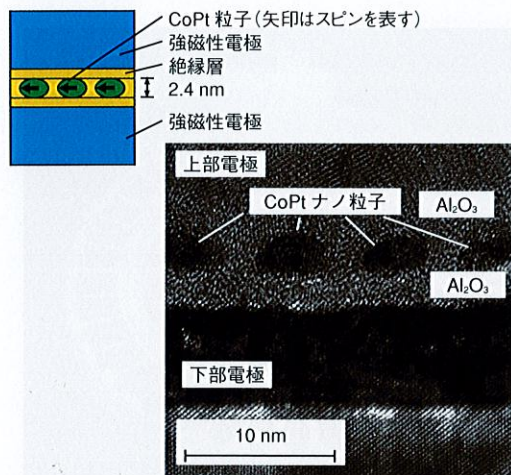
高温超電導限流素子  
Fault current limiter using YBCO superconducting film

高温超電導薄膜を用い耐熱衝撃性に優れた新しい構造の素子を開発するとともに、素子の直・並列化により大容量化に必要な基本技術を開発した。

これは6個の素子を2並列×3直列に接続した限流器で、200 V×100 Aの通電容量、短絡電流 1,800 A<sub>peak</sub>を600 A<sub>peak</sub>に限流する特性をもっている。

この研究は、通商産業省工業技術院ニューサンシャイン計画“超電導電力応用技術開発”の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの受託により実施した。

#### ● ナノ構造グラニューラトンネル接合素子



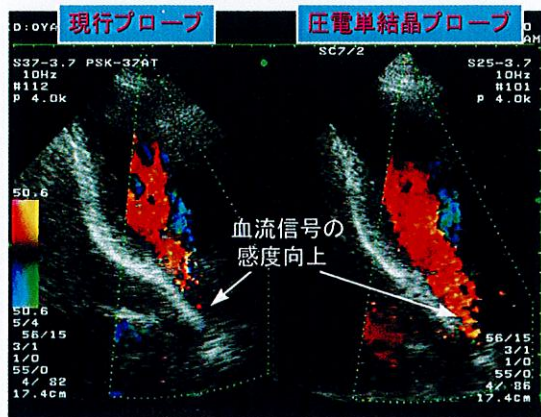
ナノ構造グラニューラトンネル接合素子の模式的構造(上)と断面の顕微鏡写真(下)  
Electron microscopy image of nanostructured tunnel junction

将来の革新的電子デバイスを創製する技術として、スピニエレクトロニクスが注目されている。その一環として、ナノ構造グラニューラトンネル接合素子を開発した。

この素子はアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )の絶縁層で挟んだ強磁性コバルト白金(CoPt)合金の微小な粒子層と、その両側に強磁性電極を近接させた二重トンネル接合であり、20 Oeの低磁場で20%以上のトンネル磁気抵抗を示す。微小な粒子層に情報を記憶させることができ、接合抵抗は従来のトンネル接合に比べ約3けた小さい。そのため、高速動作可能な不揮発磁気メモリ(MRAM)への応用などが期待できる。

関係論文：東芝レビュー、54、2、p.9-12

#### ● 圧電単結晶超音波プローブ



従来プローブとの超音波画像(心臓長軸像)の比較  
Comparison of ultrasonic images using conventional and newly developed probes

超音波診断装置の診断能向上のため、超音波送受信効率がきわめて高い圧電単結晶を用いたアレイプローブを初めて試作し、画像評価により性能向上を実証した。

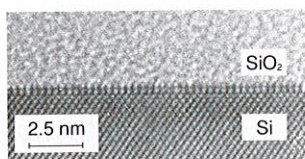
この単結晶は亜鉛ニオブ酸鉛とチタン酸鉛の固溶体で、超音波送受信効率を表す電気機械結合係数が圧電材料で最大の92%だが、多元系で育成が難しい。今回、育成するつぼの冷却方法などをくふうして、心臓用プローブに適用できる直径40 mmの単結晶育成に成功した。併せてプローブ構成と作製プロセスを最適化した。その結果、約2倍の感度向上を達成し、従来材料を用いたプローブで観察できなかった生体深部の血流を明瞭(りょう)にとらえることができた。



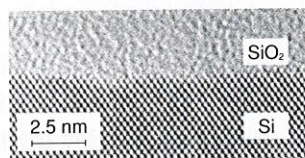
### ● 高信頼酸化膜を生むシリコンのラジカル酸化プロセス

信頼性の高い極薄ゲートシリコン(Si)酸化膜の実現を目指して、酸素ラジカルを用いたシリコンの酸化技術を開発している。

信頼性の一要素である絶縁破壊寿命は、6~10 nmの膜厚に対して、従来の乾燥酸化に比べて50~300%向上した。この一因として、シリコン基板との界面の平坦性向上が挙げられる。図に、膜厚10 nmのラジカル酸化膜(a)、および乾燥酸化膜(b)とSi基板との界面を示す。ラジカル酸化では、原子レベルで平坦な界面が得られる。酸化膜を剥離することにより、原子レベルで平坦なSi表面が形成される。



(a) ラジカル酸化



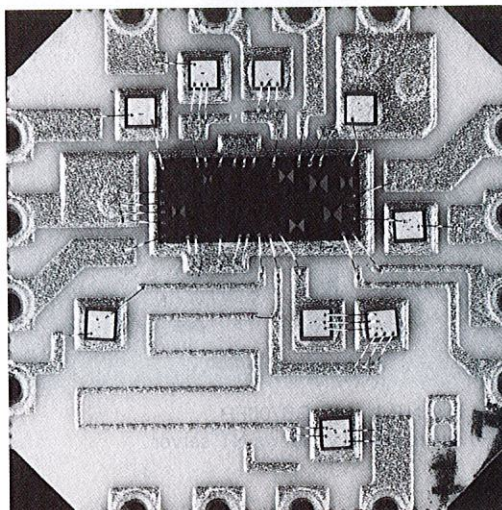
(b) 乾燥酸化

Si酸化膜/Si界面の電子顕微鏡写真  
TEM images of SiO<sub>2</sub>/Si interface : (a)O\* oxidation, (b) dry oxidation

### ● PHS 用 2V 単一電源駆動 RF フロントエンド モジュール

PHS 端末の小型化、低消費電力化の市場要求にこたえて、2V 単一電源で駆動するRF(Radio Frequency)フロントエンドモジュールを開発した。

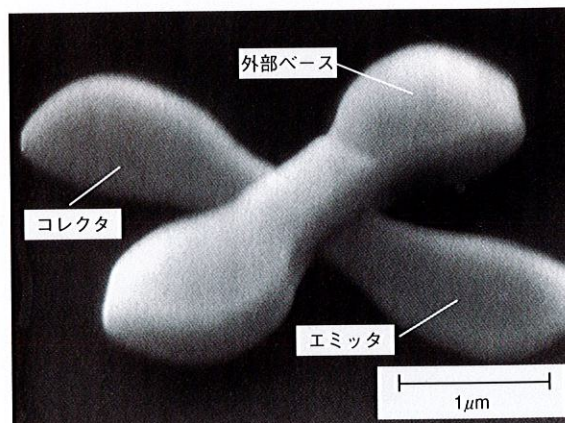
送信用パワーアンプ、受信用低雑音アンプ、送受信切換スイッチを集積したGaAsチップとモジュール基板とを一体設計することで、小型化を実現した。3種類の耐熱性自己整合ゲートMESFET(金属-半導体接合型電界効果トランジスタ)と、新たに開発した低歪(ひず)みスイッチ回路の採用により、従来(3~3.6V)より低い動作電圧で、低歪み、高効率、低雑音の各特性を達成した。



RF フロントエンドモジュール  
Radio frequency (RF) front-end module

### ● 2~5 GHz 対応通信用 SOI デバイス技術

データ通信における2~5 GHz帯の応用に向けて、低消費電力・低コストの通信LSI用シリコンバイポーラトランジスタを試作した。素子は、SOI(Silicon On Insulator)基板上に、エミッタ、ベース、コレクタを横方向に形成し、最高発振周波数として、同構造の最高値である32 GHzを得た。製造工程を40%削減でき、CMOSも混載して、ベースバンド部を含めワンチップ化することが可能である。W-CDMA(広域符号分割多元接続)のほか、無線LANや高速道路での料金自動支払システムなどへの応用が期待される。



横型 SOI バイポーラトランジスタ  
Lateral SOI bipolar transistor