1 研　究 Research and Development

研究開発センター・生産技術センター

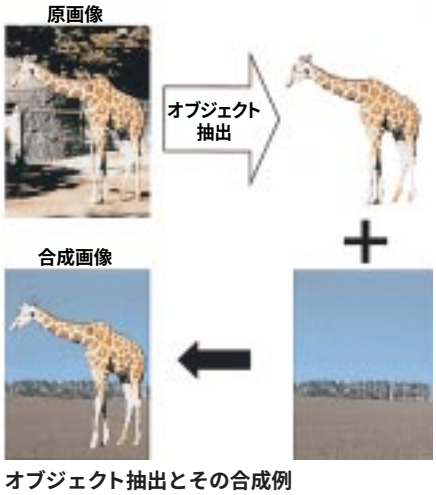
1999年4月，社内カンパニ制度への移行と連動し，コーポレートレベルの研究・開発は“高度専門集中サービス”部門として再スタートし，東芝グループ各社の短期的事業支援とともに，中・長期的な視点に立った新製品開発につながるシーズ創出へいっそうの傾斜を図っています。

強化分野である情報通信システム分野では，高品質音声合成ミドルウェア，ホームゲートウェイ，MobileGate™，など今後発展が期待されるモバイル情報通信技術に注目しうる成果が生まれました。また，システム設計関連分野では，顧客の要求を仕様にブレークダウンする仕様合成ツールSpecGen™が新たな潮流を作り出すものと期待しています。機械システム／半導体基盤分野では，マイクロ視覚用視線変更機構，超高精細電子ビームマスク描画装置の開発に成功しました。材料・デバイス分野では，今後の携帯機器に必須となる薄型・軽量のリチウムイオン電池，マルチスライスX線CT装置に新世界を拓く（ひら）新シンチレータ材料などのブレークスルー技術を生みだしました。また，将来の光コンピューティングの可能性を示唆する固体EIT（電磁波誘起透明化）の発見という学術的にも高い評価を受けた成果も上げることができました。生産技術分野では，高密度実装を可能にする半導体パッケージ用フリップチップボンダの開発に成功しました。

研究開発センター理事　豊田信行

1 情報通信システム

● 映像オブジェクト抽出技術

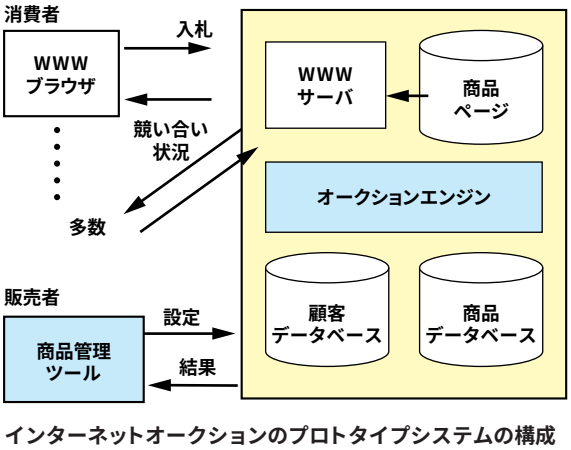


オブジェクト抽出とその合成例
Example of object extraction and image composition

ディジタルカメラ／ビデオで撮影した画像から，オブジェクト（被写体）を切り出す技術を開発した。画像符号化の国際標準MPEG-4（Moving Picture Experts Group 4）を用いて別の背景と合成すれば，あたかも別の場所にいるような画像をやり取りできる。

画像合成に利用するには，オブジェクトの輪郭に沿った正確な切出しが必要であるが，これまで，輪郭線の細かな凹凸を自動的に抽出するのは困難であった。今回，輪郭線のモデルに，フラクタル曲線を採用することで，とがったり，複雑に入り組んだ形状の抽出に成功し，誤差が1画素以下の高い精度が得られた。

● インターネット オークションシステム



インターネットオークションのプロトタイプシステムの構成
Structure of Internet auction prototype system

インターネット上で販売者と消費者が値段交渉できるオークションのプロトタイプシステムを開発した。

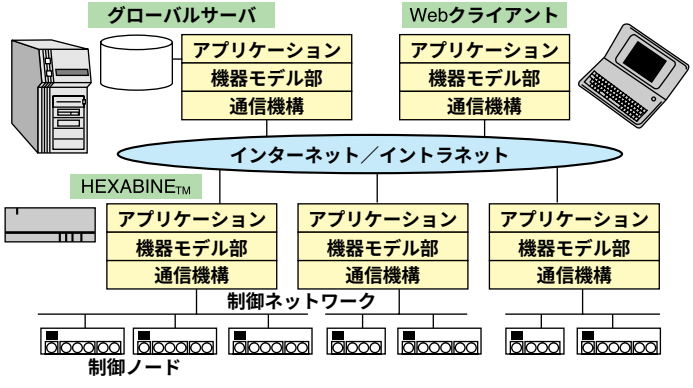
新たに入札データ配信方式を開発し，通常のブラウザだけで数百人の参加者によるリアルな競い合いができるオークションエンジンを実現した。また，XML（eXtensible Markup Language）技術を応用して，販売サイトを容易に構築できる商品管理ツールを開発した。現在，このシステムを用いて社内実証実験を行い，評価を進めている。今後，インターネットオークションを新しい販売チャネルと位置づけて，多様な消費者ニーズに対応する次世代EC（Electronic Commerce）プラットフォームへと発展させる。

監視制御システム用 Javaフレームワーク

このフレームワークは，オープン化技術の制御分野への展開により，監視制御ソフトウェアの開発効率や保守性を向上させる。その特長は，通信機構，対象機器，表示部品の各階層ごとに，再利用性の高い監視制御用ソフトウェアコンポーネントを提供していることである。

これにより，コンポーネントの組合せでWebベースの監視制御システムが容易に開発可能となり，また幅広い分野へ適用可能である。このフレームワークは，産業用ネットワークコンピュータ HEXABINE$_{TM}$の制御監視標準ソフトウェア JHEXAS$_{TM}$として商品化した。

関係論文：東芝レビュー．54，8，1999，p.51−53.

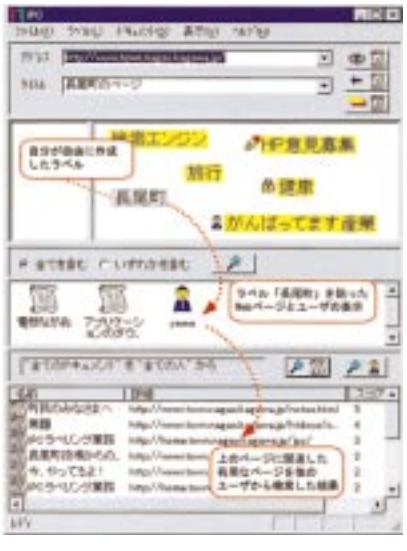


Javaフレームワークを適用したシステム構成
System configuration based on Java supervisory control and data acquisition (SCADA) framework

Webページ推薦システム

このシステムは，自分が集めたWebページと他人が集めたWebページを比較することで，自分とよく似た興味を持つユーザーから関連する未知の有用Webページを検索できる。

階層的なフォルダ構造を持つブックマークではなく，より柔軟な情報整理が可能な“ラベル付け”によって，気に入ったWebページを集める。更に，全ユーザーのラベルとWebページの対応関係を共有・比較することで，有用Webページや興味の似たユーザーを推薦する。このシステムは，香川県長尾町の地域総合情報化支援システム事業においても導入され，コミュニティ形成に対する有効性の検証を実施している。

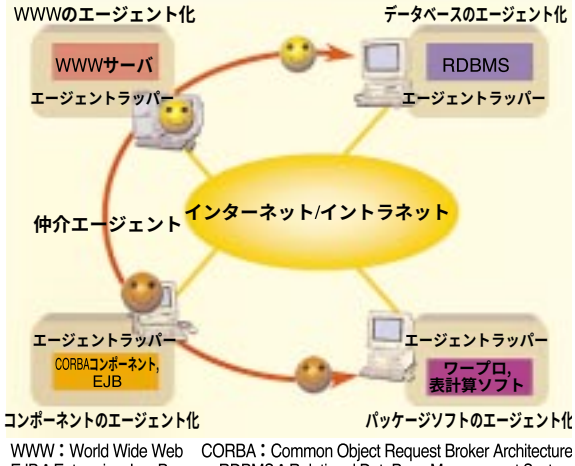


Webページ推薦システムのクライアント
Client application of Web-page recommender system

マルチエージェント ミドルウェア Bee-gent$_{TM}$の開発

Bee-gent$_{TM}$は，物理的に分散している企業内アプリケーション間の連携をエージェントが一元管理し，新たな分散システムを迅速に開発できるミドルウェアである。

Bee-gent$_{TM}$は，既存システムをラッピングするエージェントラッパーと，それらを連携する仲介エージェントから成る。仲介エージェントは，ラッパーの存在する場所に移動して対話することにより，開放的な分散システムを実現する。このシステムは，環境情報システムやプラント遠隔保全システムに適用中である。更に，エージェント国際標準仕様にも対応し，他社製エージェントシステムとの相互運用実験も実施している。



WWW：World Wide Web　CORBA：Common Object Request Broker Architecture
EJB：Enterprise JavaBeans　RDBMS：Relational DataBase Management System

Bee-gent$_{TM}$による分散システムのコンセプト
Concept of distributed system using Bee-gent$_{TM}$

● 準ミリ波帯高速無線通信基地局向けスマートアンテナ

準ミリ波帯高速無線通信基地局向けスマートアンテナ
Smart antenna for microwave broadband wireless base station

加入者端末の方向に指向性ビームを自動的に切り換える準ミリ波帯高速無線通信基地局向けスマートアンテナを開発した。

10 Mbpsを超える高速無線通信でのリアルタイム伝送を可能にするため，新たにローカル信号位相制御方式を採用している。従来のフェーズドアレー方式に比べ約1/10の低コストで実現でき，またDBF（Digital Beam Forming）方式に比べディジタル信号処理回路の規模を低減し，かつ高速伝送への対応も容易となる。このスマートアンテナを用いることにより，周波数割当てを増やすことなく加入者容量を数倍に向上できる。

● “プログラム理解・変更”支援ツール DEANSUITE

DEANSUITEの画面例
Tool window of DEANSUITE (program Dependency Analysis SUITE)

プログラムの再利用によってソフトウェアの開発効率を向上させるツールDEANSUITEを開発した。既存プログラムの再利用を円滑に行うには，プログラムの変更・拡張に伴う影響把握が必要である。

DEANSUITEは静的・動的プログラムスライシング技術を応用し，再利用に不可欠なソースコード理解に必要となる情報を多角的な観点から提供する。変更内容を解析し，変更に伴う副作用の発生候補を自動推定し，バグ混入を未然に防ぐことができる。また，変更内容に基づいた試験範囲の絞り込みを可能とし，品質保証工数が削減できる。DEANSUITEにより，再利用に基づくソフトウェア開発工数の30～50%の削減が見込める。

● 就寝状態の自動モニタリングシステム

就寝状態自動モニタリングシステム
Automatic respiration monitoring system

カメラで撮影した就寝時映像を動画像処理することにより，胸部の画像変化から呼吸波形を得て，呼吸停止，寝返り，離床などの就寝状態を自動的に認識するシステムである。

（社）シルバーサービス振興会から2年間の委託を受け，愛媛大学医学部及び東芝エンジニアリング（株）と共同で開発した。オペレータの操作が不要で，完全に無拘束かつリアルタイムに就寝状態をモニタリングでき，高齢者や乳児の睡眠中の突然死や無呼吸症候群の早期発見及び診療補助に利用できる。特別養護老人施設におけるフィールドテストにより有効性を確認した。

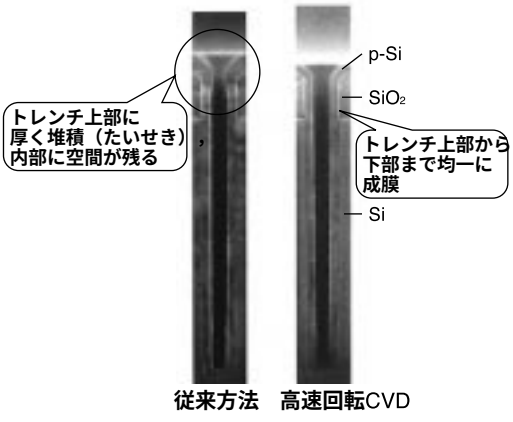
このシステムに対し，（社）日本自動認識システム協会から第一回画像認識システム大賞を受賞した。

2 機械システム

● 高速回転CVDによるトレンチ埋込み技術

原料ガスの分解を抑えることで，次世代のトレンチをポリシリコン(p-Si)により埋め込む技術を開発した。

CVD(Chemical Vapor Deposition)法において，ウェーハを毎分数千回転させ成膜する方法を開発した。この回転によるポンプ効果で，ウェーハ上部によどんだ高温部分のガスは排出され，原料のシランガスが分解されにくくなる。その結果，埋込みの均一性を悪化させる活性なラジカルの発生が抑制され，トレンチ内部と外部の膜厚均一性が格段に向上した。この技術は，同じ均一性なら成膜速度を従来の数十倍まで速めることができるので，ウェーハを一枚ずつ処理するタイプの装置に適している。



トレンチ内部へのp-Siの推積
p-Si deposition in deep trench

● 展開型アンテナパネルの伸展機構

次世代低軌道周回通信衛星システムNeLS(Next generation LEO(Low Earth Orbit) System)への搭載を目指した，直接放射型二次元展開方式アンテナパネルの伸展機構を開発し，その機能確認モデルを通信・放送機構に納入した。

このアンテナパネル伸展機構は，1.5 m×1.5 mのパネル4枚を折り畳んだ収納状態から，展開後に3 m×3 mの平面を構成する二次元展開方式のアンテナを模擬したものである。新たに考案した保持解放機構や展開ヒンジを採用することで，剛性と平面度を維持しながら従来問題であったパネル間のすき間やアンテナ放射面側の機構部をなくし，アンテナ電気特性の確保を考慮した設計とした。

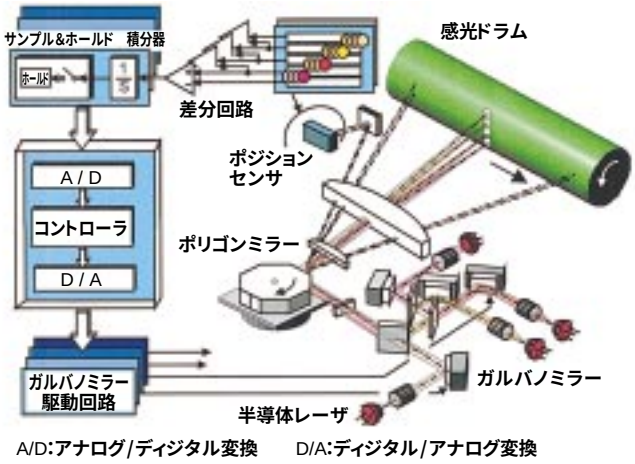
展開型アンテナパネルの伸展機構機能確認モデル
Prototype of deployable 2D antenna panel for direct radiation

● 高速ディジタル複写機用マルチビーム位置制御システム

世界初の4マルチビーム記録による位置制御システムを東芝テック(株)と共同で開発し，世界トップクラスの高速(65枚/分)・高精細ディジタル複写機を実現した。

複数のレーザビームを同時走査して画像を形成するマルチビーム記録が高速化に必須であり，ビーム間隔を正確に保つ位置制御システムは技術の核となる。

この制御システムでは，画像を形成するレーザビームの走査位置誤差を独自の方式で検出し，新開発の低コストで高精度な偏向ミラーを用いてビーム走査位置を±1.5 μmにまで合わせ込むことができる。このシステムによって高画質で高速な複写が可能となった。

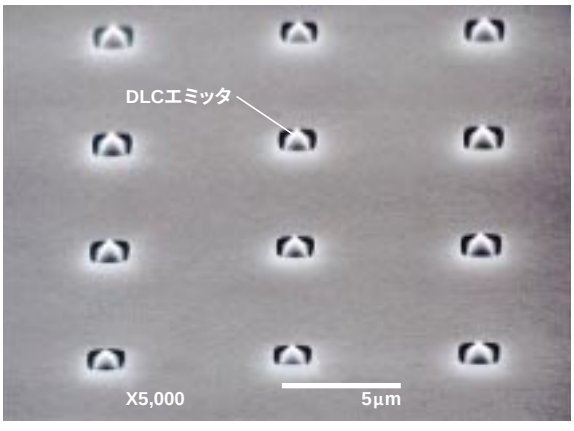


A/D:アナログ/ディジタル変換　D/A:ディジタル/アナログ変換

マルチビーム位置制御システム
Multi-beam scanning position control system

3 半導体基盤技術

● 真空マイクロ素子



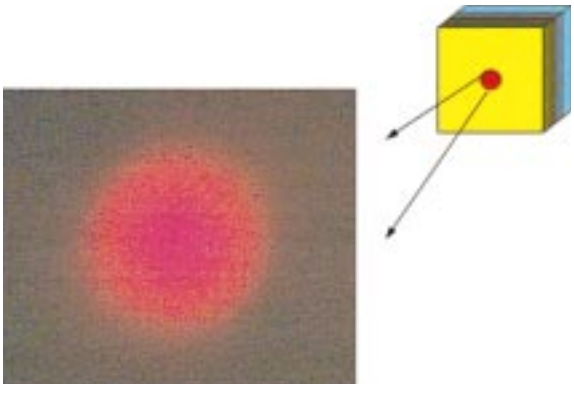
DLCエミッタと単結晶Siのゲートを集積した真空マイクロ素子
Diamond-like carbon emitter arrays with monolithic Si-gate electrode

ダイヤモンド状炭素（DLC：Diamond-like Carbon）により，真空マイクロ素子の駆動電圧を大幅に低減した。

微小な突起構造（エミッタ）からの電界電子放出に基づく真空マイクロ素子をベースに，超高エネルギー密度のパワーデバイスを提案し，原理実証を目指している。低電界で電子放出するDLCを当社独自のエミッタ作製手法に適用し，均一なモールド型DLCエミッタと電子引出し電極（ゲート）の集積化を実現した。これにより，ダイヤモンド系材料を用いたモールド型エミッタとして世界初の3極動作（ゲートによる電子放出制御）を確認した。

DLC素子は，同じゲート開口径のモリブデン素子に比べ，低損失動作のかぎとなる電子放出しきい電圧が約60%（60 V→24 V）も下がっており，ダイヤモンド系材料による低損失動作実証への方向が見えてきた。

● 赤色面発光レーザ（赤色VCSEL）



赤色面発光レーザの出射光パターン
Laser-beam pattern from red vertical cavity surface emitting laser(VCSEL)

基板と垂直方向から赤色のレーザ光を出射する垂直共振器型面発光レーザ（VCSEL）を開発した。プラスチック光ファイバ（POF）を用いた高速光データリンクの送信用光源に適用できる。

複雑な層構造の最適化を行い，発振波長665 nm，発振しきい電流4 mA，最高連続発振温度53 ℃と，670 nm以下の波長帯では世界最高レベルの素子特性を実現した。従来の端面発光型赤色レーザと比べると，実装が容易であることに加え，出射ビームが円形であることや，しきい電流が大幅に低いことが特長である。また，1 Gbpsを超える速度での高速変調が可能である。

● 次世代マスク欠陥検査装置

次世代マスク欠陥検査装置
Next-generation mask defect inspection system

0.15 μm以下の次世代LSI製造に対応するマスク欠陥検査装置MC−3000を開発した。

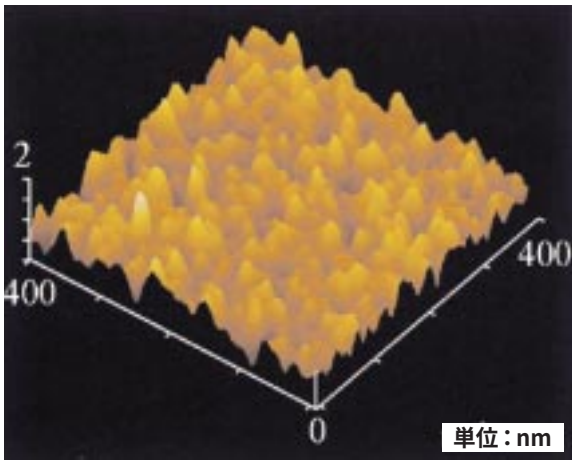
検査装置では，世界で初めて遠紫外線（DUV）領域のレーザを採用し，高い解像性能を実現した。光学系の課題であった干渉性の問題を独自のスペックル（光量むら）低減機構で解決した。また，データ処理回路においても，新規検査感度向上アルゴリズムを採用し検査性能を向上させ，0.13 μm以下の欠陥検出を達成できた。これにより，デザインルールが0.15 μm以下の次世代LSI用のマスク検査が可能となる。今後，まず社内の半導体製造ラインで使用していく予定である。

自己組織的な表面起伏によるシリコン単一電子素子

低消費電力で大容量の情報処理を行うことができる単一電子素子の製造技術を開発した。

単一電子素子とは，電子を一個ずつ移動したり，蓄えたりして動作する素子である。シリコン表面を削り取る工程を改良し，超薄膜シリコン表面に比較的周期のそろった起伏を自己組織的に形成することに成功した。表面起伏によって多数の電気的に孤立した領域がシリコン内に形成され，結果として単一電子素子の実現に不可欠な数十nmスケールの微細チャネルと電荷蓄積ノードを同時に作り込むことが可能となった。

この研究は，新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）から（財）新機能素子研究開発協会（FED）を通じて委託され，実施した。

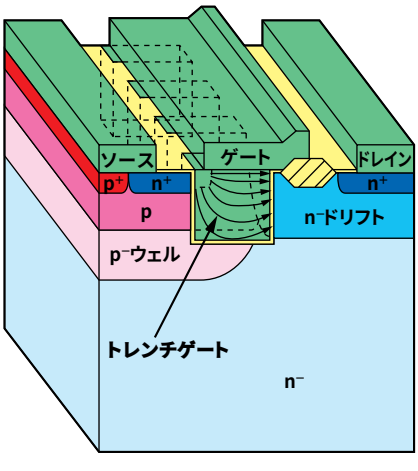


表面起伏の原子間力顕微鏡写真
Atomic force microscope (AFM) image of self-undulated silicon surface

横型トレンチ MOSFET

耐圧20Vの横型パワーMOSFET（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）はコンピュータ周辺機器，カメラ，ムービーなどのモータコントロール用ICの出力素子として，幅広い応用分野がある。0.4μmピッチで形成した微細トレンチ溝の側壁に，横方向に電流を流すという新規な構造を採用することで，耐圧25V，オン抵抗13mΩ・mm²を実現，従来比35％のオン抵抗の低減に成功した。

この構造は，10mΩ・mm²以下のオン抵抗が可能であり，パワーICに採用することで，応用機器の低消費電力化と，冷却機構の簡略化による機器の小型化への寄与が期待できる。

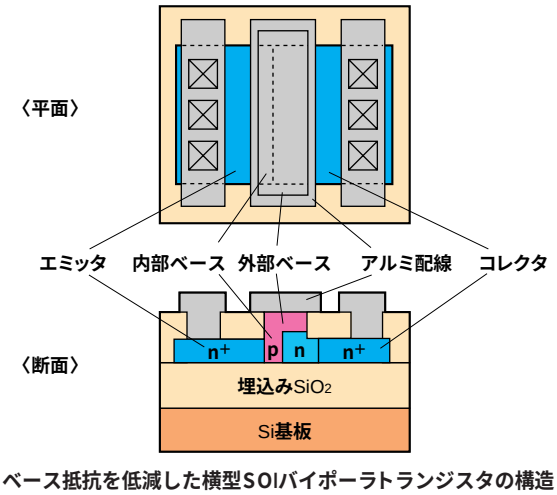


横型トレンチMOSFETの構造
Stereo view of lateral trench MOSFET

ベース抵抗を低減した SOI 横型バイポーラトランジスタ

今後需要の拡大が予想される2～5GHz帯の通信用LSIに向けて，SOI（Silicon-On-Insulator）基板を用いた低消費電力・低コストの横型バイポーラトランジスタを開発した。

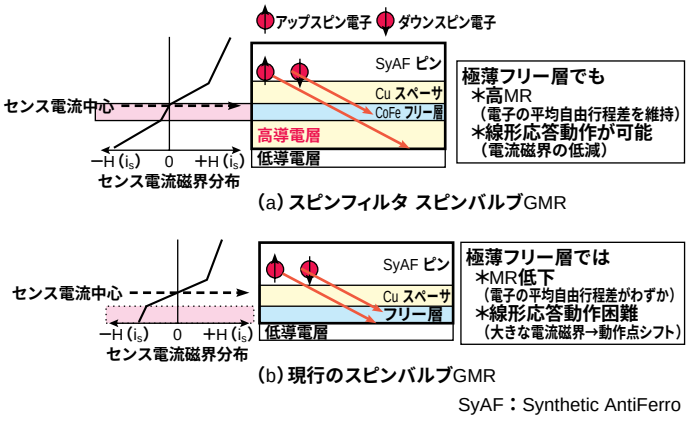
今回，真性ベースの真上にベース電極を設け，更にその上に低抵抗金属（アルミニウムなど）膜を張り付けることにより，ベース抵抗を従来に比べて約1/7に下げることに成功した。その結果，最大発振周波数として，横型バイポーラトランジスタでは最高の67GHzを得た。W−CDMA（Wide-band Code Division Multiple Access），無線LAN，高速道路での料金自動支払システムなど，幅広い応用を期待している。


figure_text〈平面〉
エミッタ
内部ベース
外部ベース
アルミ配線
コレクタ
〈断面〉
n+
p
n
n+
埋込みSiO2
Si基板

ベース抵抗を低減した横型SOIバイポーラトランジスタの構造
Lateral silicon-on-insulator (SOI) bipolar transistor with reduced base resistance

4 材料・デバイス

スピンフィルタ スピンバルブ GMR ヘッド



スピンフィルタ スピンバルブGMR膜の構造
Structure of spin filter-spin valve giant magnetoresistive (GMR) film

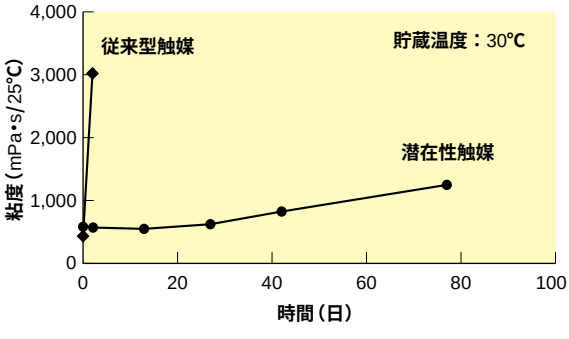
年率100％にも達するハードディスクドライブの大容量化・高記録密度化を推進するために必要な，スピンフィルタ スピンバルブと命名した新方式の高感度な次世代GMR（Giant Magneto Resistive）ヘッドを開発した。

高導電層をフリー層に積層したGMR膜構成により，磁界を検出するフリー層の膜厚を数nmにまで薄くしても抵抗変化率が低下せず，かつ線形応答動作が確保できる。

このヘッドにより，1平方インチ当たり20〜40Gビットの高密度記録を可能にする，単位トラック幅当たり3〜5mVの高出力再生が実現できる。

関係論文：東芝レビュー．54，8，1999，p.17−19.

潜在性触媒



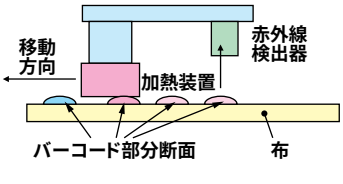
優れた貯蔵安定性
Excellent stability of catalyst during storage

電気・電子機器，自動車，土木・建築などの主要産業を支える重要な機能材料であるエポキシ樹脂は，エネルギーの節約と樹脂廃棄物の低減を目指した環境問題の視点から，速硬化性と貯蔵安定性に優れた一液性エポキシ樹脂の開発が求められている。

当社は，触媒の分子構造を制御した独自の相分離化技術を駆使し，優れた貯蔵安定性と高温速硬化性を併せ持つ潜在性触媒を開発した。得られた特性は次のとおりである。

(1) 室温での優れた貯蔵安定性　2.5ヶ月以上安定（従来品：2日）
(2) 速硬化性　150℃×7秒で硬化（従来品と同等）
(3) 硬化物の優れた絶縁性（140℃）　$7\times10^{13}\Omega\cdot$cm（従来品：$2\times10^{12}\Omega\cdot$cm）である。

ユニカラー布バーコード



ユニカラー布バーコードの原理

ユニカラー布バーコード読取装置の概念と応用例
Unicolor woven barcode and concept of reader

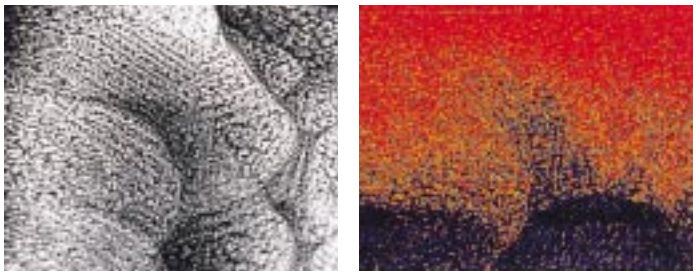
熱発光赤外線検出方式の，単色で目だたない布バーコードシステムを開発した。

この方式は，バーコードを構成するポリアクリルニトリル繊維から70℃加熱時に出る4.5μmの特性赤外線を検出する新方式のバーコードシステムである。通常コードを0.7秒で読み取ることができる。蛍光色素の透明バーコードと異なり，安全で劣化しない高分子なので糸にもできるため，布バーコードが実現できた。この布バーコードは目立たないので繰返し洗濯が前提のユニホームレンタルやリネンサプライなどの管理合理化に応用可能なほか，種々の新しい応用が考えられる。

高分解能の新スピン顕微鏡

磁気記録媒体表面のスピン（磁性）状態を，10 nm以下の分解能で観察できる新スピン顕微鏡を開発した。

測定原理は，スピントンネル現象がバイアス電圧に依存することに着目し，強磁性薄膜探針を用いて複数のバイアス電圧で試料表面を走査し，スピン情報を得る。従来提案されているタイプに比べ，分解能かつ汎用性が高く，ダイナミクス評価が可能であることが特長である。超高密度磁気記録のビット書込み状態の観察，記録最小単位の構造評価，磁化反転過程評価への応用が期待される。通商産業省プロジェクト“超先端電子技術開発促進事業”の一環としてNEDOから委託された。



表面凹凸像　　スピン像

Co薄膜表面の観察例。走査範囲400 nm×500 nmの表面凹凸像（左）とスピン像（右）。スピン像に見られる赤と青のコントラストは磁化方向が異なることを示す。
Topographic (left) and spin-dependent (right) images of Co thin film observed with newly developed spin microscope

X線平面検出器

X線平面検出器は，薄型・軽量・完全ディジタル化により医療システムを変革する次世代X線診断装置のキー撮像デバイスである。液晶用TFT（Thin Film Transistor）アレー技術を応用し，フラットで薄い検出器を実現した。

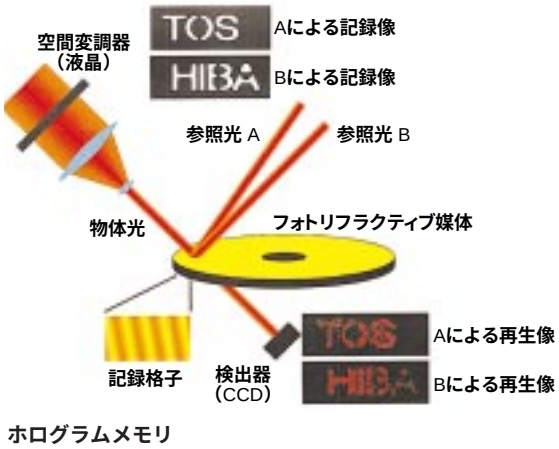
この検出器では，X線を電気信号に直接変換する方式などの採用により，画像ぼけのない高精細かつ動画像のX線撮像を実現した。画素ピッチ0.15 mm，1,536×1,536画素で，視野23 cm角の大判サイズでの試作実証を行い，毎秒30フレームの動画像と，サンプリング理論限界に迫る高い空間解像度特性を達成した。これにより，今までの検出器では発見困難であった微細な傷病なども観察可能となる。

X線平面検出器によるX線透視撮影画像
Hand phantom image obtained by flat-panel X-ray detector

ホログラムメモリ

ホログラムメモリは，ブリタニカ百科事典の内容をマッチの先端ほどの大きさに蓄えることができるほど，高容量かつ高速再生が可能な究極の光メモリである。

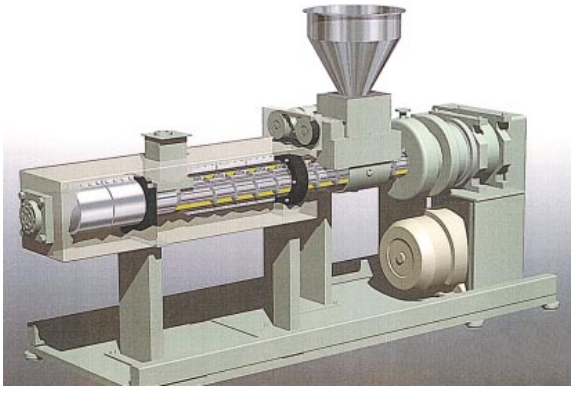
当社では，書換え可能で安価な媒体として，有機フォトリフラクティブ材料を開発している。これは，光により生じた電荷の再分配により屈折率が変化するので，電荷の再分配を効率良く行えることがキーとなる。今回，再分配の制御因子を明らかにすることに成功し，学会でも高い評価を得た。この結果，転送速度30 Mbpsの高速な書込みが可能になり，前のデータを破壊することなく角度多重書込みが可能になった。今後の課題は，高速消去と寿命である。



ホログラムメモリ
Holographic storage

5 環境技術

● 加熱脱フロン型ウレタン処理機



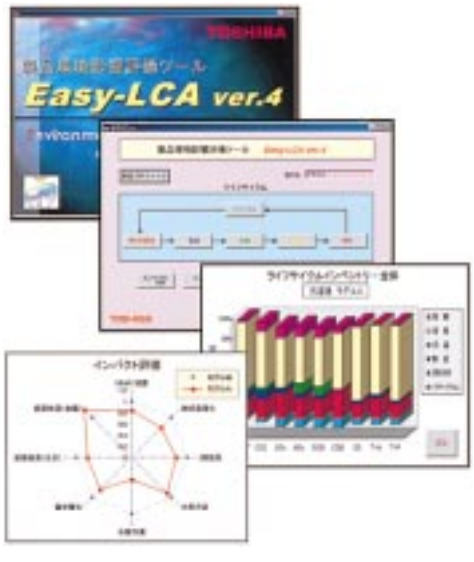
加熱脱フロン型ウレタン処理機
Single-screw extruder for CFC recovery and urethane recycling

オゾン層保護など地球環境保護の観点から，冷蔵庫の断熱材に含まれているフロンの分離回収技術を確立した。

従来は，発泡ウレタンを粒径約100 μmに微粉砕してフロンを回収していたが，回収率は90%にとどまっていた。今回，ウレタンを200°Cに加熱し，スクリューフィーダで加圧押出する技術を開発することにより，回収率を99%に向上するとともに，装置価格も約1/2に低減した。

この技術は，2001年から始まる家電リサイクルにおける差別化技術であり，1号機（東芝機械製）が北九州市の西日本家電リサイクル（株）（NKRC）に採用され，2000年度から稼働する。

● 環境調和型製品設計のための LCAツール

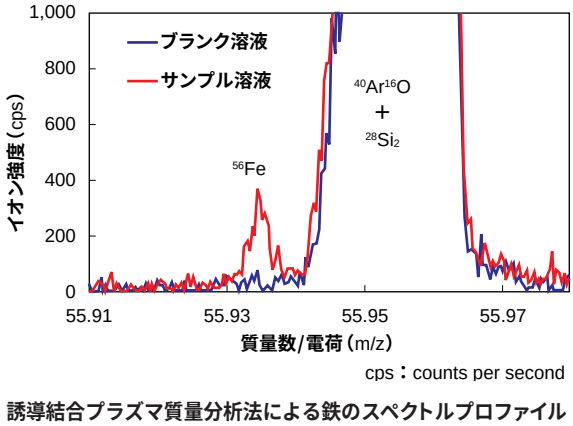


ライフサイクルアセスメントツール“ Easy-LCA ver.4 ”
“ Easy-LCA Ver. 4 ”life cycle assessment tool

企業や製品ユーザーの環境意識が向上し，製品の一生にわたり環境影響を評価するライフサイクルアセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）が注目されている。

経済統計である産業連関表（平成7年版）を用いて9種の環境負荷データベースを構築し，環境調和型製品の開発支援に活用できる実用的なLCA手法，及びツールを開発した。これにより，製品のライフサイクルにおける大気系，水質系，及び資源系への環境影響が簡易に算出され，製品の設計段階から環境影響評価を実施できる。

● 半導体材料中の高感度微量金属分析技術



誘導結合プラズマ質量分析法による鉄のスペクトルプロファイル
Spectrum profile of iron by inductively coupled plasma mass spectrometry

LSI開発に要求されている，半導体特性に影響する微量金属の超高感度分析法を確立した。

この方法は，試料前処理容器の高品質化による汚染低減技術，高清浄雰囲気下での酸蒸気分解法と，微少量試料導入－高分解能誘導結合プラズマ質量分析法による，分子イオンのバックグランドの影響を排除した測定法を組み合わせ，実現したものである。

従来法に比べて1けた測定感度が向上しており，シリコンウェーハ表層10 μm程度や，ウェーハ自身に含まれる鉄，銅などの微量金属成分について，現状最高感度である10^{10}atoms/cm^{3}レベルの分析を可能としている。

6 生産技術

3D-CAD利用の板金向け工数見積りシステム

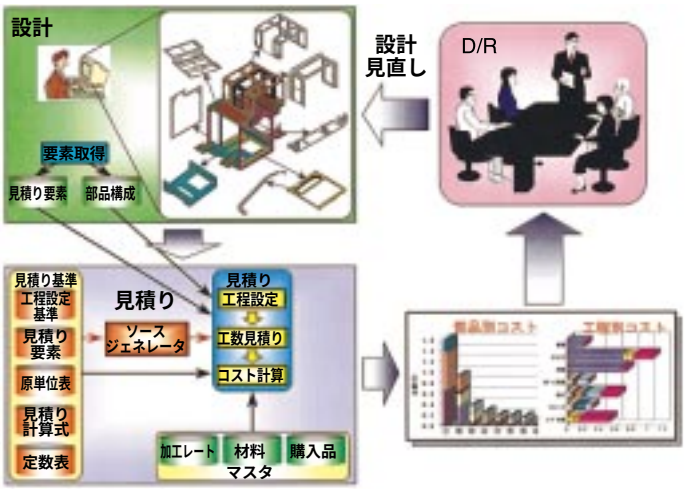
医用機器の板金部品を対象に，三次元(3D)CADデータを用いた工数見積りシステムを開発し，99年7月から運用を開始した。

図面がなくても短時間で見積もれるため，設計上流でのデザインレビュー(D/R)が可能となり，製品開発期間の45%短縮を実施した。特長は，次の2点である。

(1) 3D-CADデータを用い，見積り要素取得→工程設定→工数計算→コスト計算を行う。

(2) 見積り基準を外部データベースとして持ち，汎用性を高くしている。

これにより、設計→見積り→D/Rのサイクルでコスト設計できる環境が整った。



板金加工工数見積りシステム
Cost estimation system for sheet metal forming

加圧型の高濃度オゾン水を用いた高効率の洗浄プロセス

半導体や液晶基板の洗浄プロセスで用いるオゾン水を高濃度で低コストに供給する装置を芝浦メカトロニクス(株)，ペルメレック電極(株)と共同で開発した。

この高濃度オゾン水製造装置では，加圧型電解セル，耐加圧小型溶解モジュールを用いてオゾンガスを加圧下で溶解することで，従来品に比べオゾン溶解効率が約2倍となり，最高オゾン濃度100 ppmを達成した。

更に，インライン濃度計で，汚染することなく全量検査することで排出オゾン水をなくした。

この装置は，99年度下期に芝浦メカトロニクス(株)より発売予定である。

高濃度オゾン水製造装置
High-concentration ozonized water production unit

エアコン用集中巻き DCモータ製造ライン

エアコン用コンプレッサモータの製造原価低減・効率向上のため，ステータコアに直接巻線をする集中巻きDC(直流)モータの製造ラインを業界で初めて開発した。

集中巻きの利点は，コイルエンド長の短縮による小型化，銅線使用量の削減，効率の向上にある。生産技術ポイントは，次のとおりである。

(1) 巻線時の絶縁を保証するボビンの薄肉成形技術

(2) ステータコアの内側から巻線をする準整列インナ巻線技術

(3) 端末の自動結線技術

従来のインサータ方式モータ製造ラインと比較して，設備投資1/3，設置スペース1/3，省人18名，モータコスト16%低減を実現した。

集中巻きDCモータ製造ライン
Production line for concentrated winding DC motor