

6 半導体 Semiconductors

セミコンダクター社

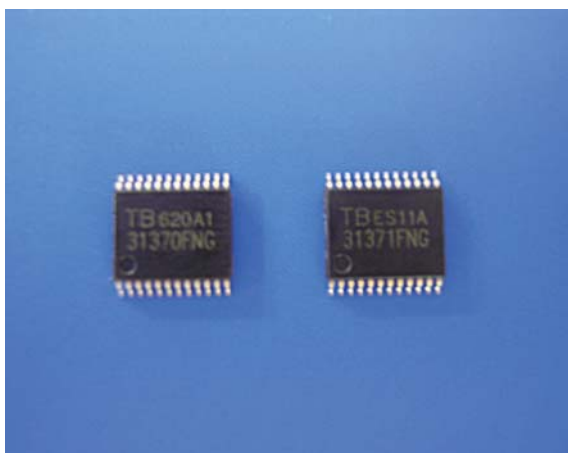
デジタル放送の普及やインターネット上の様々なサービスの普及、及びデジタルコンテンツの普及とともに、ホームやモバイル、自動車の空間でコンテンツを利用するユビキタスな環境が急拡大しています。セミコンダクター社は、最先端プロセス技術と設計技術力、応用技術力を核として、メモリとディスクリート、SoC (System on a Chip) の幅広い製品群を活用し、ユビキタス社会を具現化する機器に向けたシステムソリューションを提供しています。

2006年は、ハイライトで紹介した56 nm世代高速多値NAND型フラッシュメモリや小型化を実現した3.2MピクセルのワイドダイナミックレンジCMOS (相補型金属酸化膜半導体) センサをはじめ、次世代を支える新素子構造やCAD技術、SoCのプログラムの解析や改ざんから保護する仕組みを搭載したSoCコア及びHD (High Definition) コンテンツの無線伝送用SoCとともに、機器の高密度化を支えるディスクリート素子やパワー素子、光子素子などを開発・製品化しました。今後も、最先端技術を駆使し、様々なアプリケーションに向けた東芝ならではのシステムソリューションを提案していきます。

(注) ハイライト編のp.10, 30, 31に関連記事掲載。

統括技師長 吉用 茂

● RKE/TPMS受信 RF-IC TB31370FNG/TB31371FNG



受信RF-IC TB31370FNG/TB31371FNG
TB31370FNG/TB31371FNG, one-chip radio-frequency (RF)-receiving IC

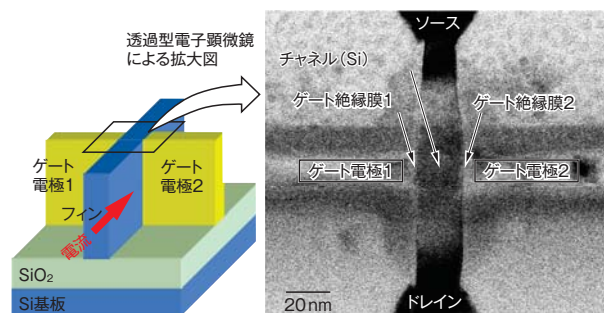
車載無線アプリケーションにおいて、RKE (Remote Keyless Entry) 及びTPMS (Tire Pressure Monitoring System) は必需品となっており、安価なシステム提案が求められている。

今回、外付け部品を大幅に削減した受信1チップRF (Radio Frequency) -ICのTB31370FNG (北米：315 MHz用)、TB31371FNG (欧州：433 MHz用)を開発した。

この2製品の特長は、次のとおりである。

- (1) VCO (Voltage Controlled Oscillator) とPLL (Phase Locked Loop) の内蔵により高感度を実現 (FSK (Frequency Shift Keying) 時：-115 dBm)
- (2) IF (Intermediate Frequency) フィルタや検波回路の内蔵などにより外付け部品を大幅に削減
- (3) ビットレートフィルタを2系統内蔵し、RKEとTPMSの用途切替えが可能
- (4) 基板の共通化が可能 (同一端子配置のため)

● 立体構造を持つナノスケールMOSトランジスタ



SiO₂：二酸化シリコン

立体トランジスタ (FinFET) の平面図

Bird's eye view of transistor structure and top view of transmission electron microscope (TEM) image around channel region of 3D fin field effect transistor (FinFET)

トランジスタがオン状態のときに電荷が流れるチャンネルを、フィン型 (立て板状) に加工し、二つのゲート電極で挟み込んだ立体トランジスタ (FinFET：フィン型電界効果トランジスタ) を開発した。

側壁パターン転写プロセスを採用することにより、個々のトランジスタのしきい値バラツキを、従来の光リソグラフィを用いた場合に比べて1/3に低減した。更に、不純物を偏析させた金属シリサイド/シリコン (Si) 接合をソース/ドレインに適用することにより、この部分の寄生抵抗を大幅に低減し、トランジスタの駆動電流を50%増加させることに成功した。

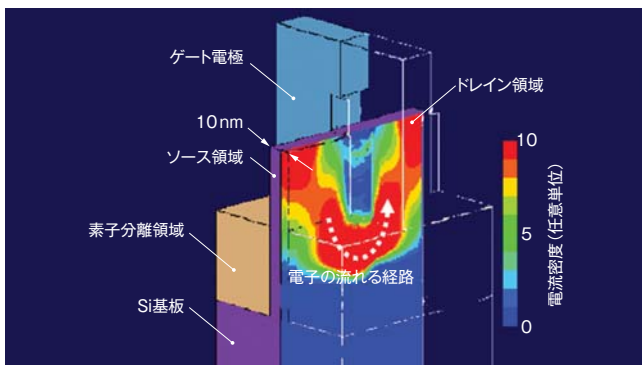
この技術は、2010年以降のシステムLSI製品への適用を目指す。

● 3次元TCAD技術の実用化

当社も開発に積極的に参加している3次元TCAD (Technology CAD) ソフトウェアENEXSS ((株) 半導体先端テクノロジーズ製) を活用して、システムLSI製品やメモリ製品向け半導体素子の開発・設計を効率化した。

半導体製品の高機能・高性能化を支える微細化技術は急速に進歩するため、数年後となる量産時期の技術ができるだけ正確に予測して開発・設計を行う必要がある。

TCAD技術は、自然法則を表す方程式を解くことにより、将来の微細化技術で製造される半導体素子とその特性を精密に予測できる。素子の断面構造を計算する従来の2次元TCADに対して、3次元空間で計算するENEXSSは立体的構造を持つ微細素子の予測を可能にした。



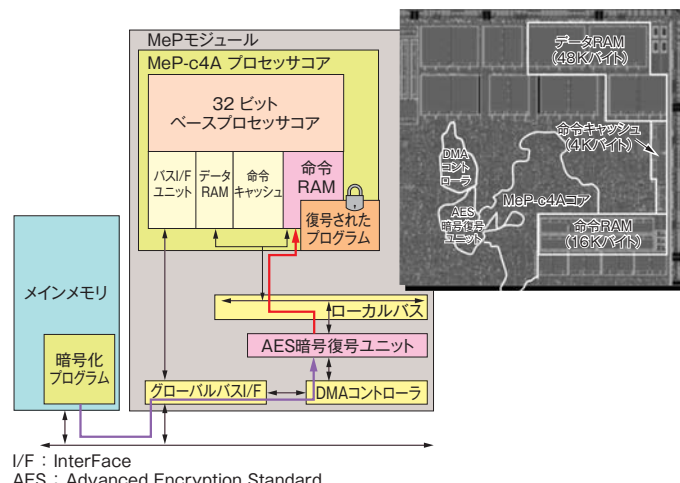
フィン型トランジスタの電流分布
Pattern of current flow in FinFET

● プログラム保護機能を備えたプロセッサコア MeP-c4A

プログラムを保護する機能を備え、セキュリティ機能を強化したプロセッサコア MeP-c4Aを開発した。

MeP (Media embedded Processor) は、デジタル家電や携帯電話などのマルチメディアSoCに組み込まれるコンフィギュラブルプロセッサである。MeP-c4Aは、メインメモリ上にある暗号化されたプログラムを、DMA (Direct Memory Access) 転送時に復号してプロセッサコア内の命令RAMに格納する。命令RAM上の保護されたプログラムは実行だけが可能で、読出しや書き込みが禁止されるので、改ざんや解析を防ぐ効果がある。

近年、マルチメディアSoCでは、安全性を高めるセキュリティ機能が重要になってきており、広範囲な用途が期待される。



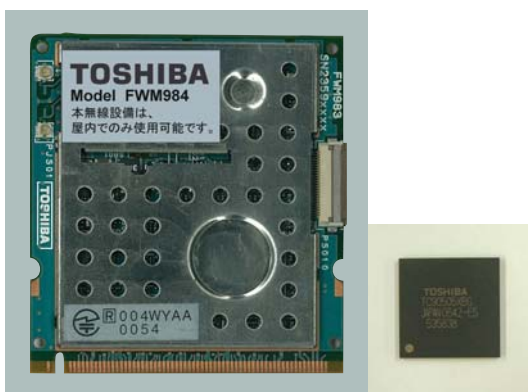
プロセッサコアMeP-c4Aのブロック図とレイアウト例
Block diagram of MeP (Media embedded Processor)-c4A processor core and example of layout

● HD映像伝送用 WLANモジュール

HD映像の安定した無線ストリーム伝送を可能にする、5.2GHz帯を用いた無線LAN (WLAN) モジュールを開発した。

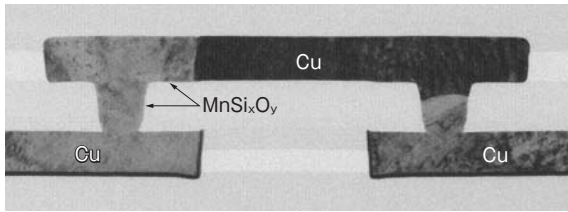
IEEE802.11e (米国電気電子技術者協会規格802.11e) 準拠の帯域保証型 (HCCA) / 優先制御型 (EDCA) の品質 (QoS) 制御機能を備え、かつHD映像のストリーム制御機能を備えることで、安定した伝送を達成した。また、セキュリティ機能を搭載し、著作権保護にも対応しているほか、テレビセットに組み込むための多様なインタフェースを備えている。

更に、このモジュールの核となるWLAN LSI (TC90505XBG) には、高性能CPU (TX49) が内蔵されており、ホームネットワークに必要な制御プロトコル処理にも対応可能である。



HD映像伝送用 WLANモジュール
Wireless local area network (WLAN) module for high-definition (HD) audio/video networking

● 自己形成 $MnSi_xO_y$ バリア層を持つCuデュアルダマシシ配線



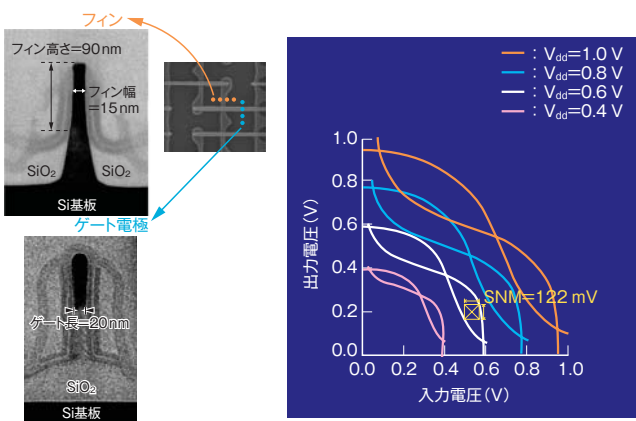
自己形成 $MnSi_xO_y$ バリアを持つCuデュアルダマシシ配線
Copper dual-damascene interconnects with self-formed $MnSi_xO_y$ barrier layer

銅マンガニウム(CuMn)合金膜を成膜後に、CuMn膜と絶縁膜の界面において絶縁膜中の酸素(O)と化学反応させることにより、極薄(約2 nm)の $MnSi_xO_y$ バリア層を持つCuデュアルダマシシ配線を形成することに成功した。このバリア層は、図の上層配線とビアホール部分のCuと低誘電率絶縁膜の界面(矢印)に存在している。

この自己形成バリアプロセスでは、従来のバリアメタル成膜工程を省略できるメリットがあると同時に、Oのあるところだけに形成されるため、Oのないビアホール底部にはバリアがない新しいデュアルダマシシ構造を実現している。

その結果、ビア抵抗の低減と、配線の非常に優れた信頼性特性を得ることができる。

● 32 nmノードバルクFinFETを用いたSRAMの動作検証



FinFET SRAM Cellの断面写真とセル安定度を示すバタフライ特性曲線

Cross-sectional view and butterfly curves of FinFET showing SRAM cell stability

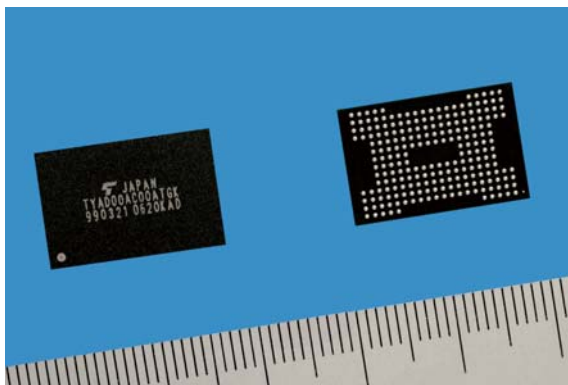
FinFETはダブルゲート型の立体トランジスタで、従来の平面トランジスタと比較して短チャネル抑制効果が大きく、32 nmノード以降向けに有望視されている。

今回、FinFETの大規模集積化検討のため、同一のバルクSi基板上にFinFET SRAM (Static RAM) セルと平面型CMOSデバイス周辺回路を持つチップを開発した。

SRAMセル内の各FinFETの電流駆動力比を最適化した結果、フィン幅 15 nm、フィン高さ 90 nm、ゲート長 20 nmのトランジスタにおいて、動作電圧(V_{dd})が 0.6 Vのときでも最大122 mVの十分なノイズマージン(SNM)が得られた。

これにより、同じセル面積の平面トランジスタSRAMと比較して、セル安定度におけるFinFET SRAMの優位性が示された。

● ギガバイトクラスのNAND型フラッシュメモリを搭載したギガバイトMCPメモリ



携帯電話用 ギガバイトMCPメモリ
Gigabyte multi-chip package (MCP) memory for cellular phones

携帯電話向けマルチチップパッケージ(MCP)メモリの大容量ラインアップとして、ギガバイトクラスのNAND型フラッシュを搭載したMCPメモリを開発した。

MCPメモリが必要とされる携帯電話では、高画素カメラや音楽プレーヤ機能などの搭載が進み、写真や音楽などのデータを大量に保存できるメディアが必要となり、更に限られたスペースに実装できるMCPへのニーズも高まっている。

この市場ニーズに応えるため、従来のMCPメモリに、ギガバイトクラスのNAND型フラッシュとSDメモ리카ードコントローラを搭載し、これらを1パッケージ(12(幅)×18(長さ)×1.4(厚み)mm)に収納することで、大容量と省スペースを実現している。

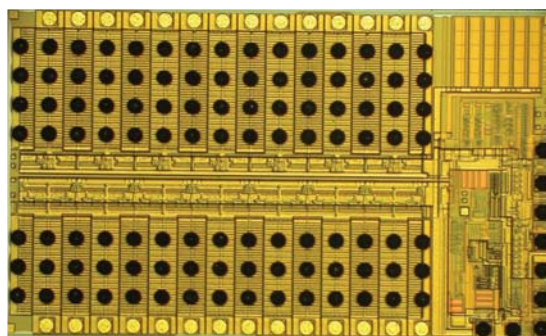
● 12V-10A 1チップDC-DCコンバータ IC

近年、高性能LSI用電源では低出力電圧、大出力電流、小型、及び高速負荷応答が求められており、今回、これらの要求を満たす1チップDC-DCコンバータICを開発した。

バンプ技術を導入して配線抵抗を抑え、出力MOS-FETのオン抵抗を9.7 mΩまで低減することで、大出力電流を可能にした。また、高耐圧高速BiCDプロセス^(注)の採用とドライバー回路の工夫により、大面積出力素子のスイッチング動作を均一化及び高速化し、出力電流10 Aでのスイッチング時間を3 nsまで短縮した。

電力変換効率は、動作周波数780 kHz、入力電圧12 V、及び出力電圧1.3 V時で最大88.9 %であり、今後、特に携帯機器向け電源として期待される。

(注) バイポーラトランジスタ、低消費電力のCMOS、及び高耐圧大電流能力のDMOS (Double-diffused MOS) を内蔵したプロセス。

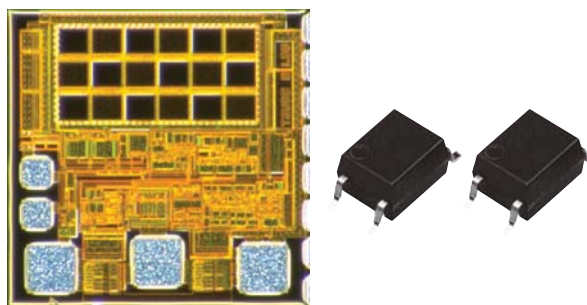


12V-10A 1チップDC-DCコンバータICのチップ
Micrograph of 12V-10A, one-chip DC-DC converter IC

● 50 Mビット/s 高速ICフォトカプラ TLP117

高精細化の進むプラズマテレビや各種FA (Factory Automation) 機器向けに、高速ICフォトカプラ TLP117を開発した。

高速BiCMOS (Bipolar CMOS) プロセスにピン-フォトダイオードを内蔵することで、供給電流を他社相当品の約1/4である2.5 mA (標準) に抑えるとともに、伝達遅延時間は当社従来品の1/2以下である13 ns (標準) を実現した。また、高速化実現のため、MOCVD (有機金属気相成長) 法による赤外LED (発光ダイオード) を採用した。パッケージは、小型・薄型のMFSOP6ピンパッケージで、EU (欧州連合) のRoHS指令 (電気・電子機器中の特定有害物質の使用制限に関する指令) にも適合している。



ICフォトカプラTLP117の受光ICチップ及びパッケージ
Prototype photo-detector of 50 Mbps high-speed IC photocoupler and appearance of packages (right)

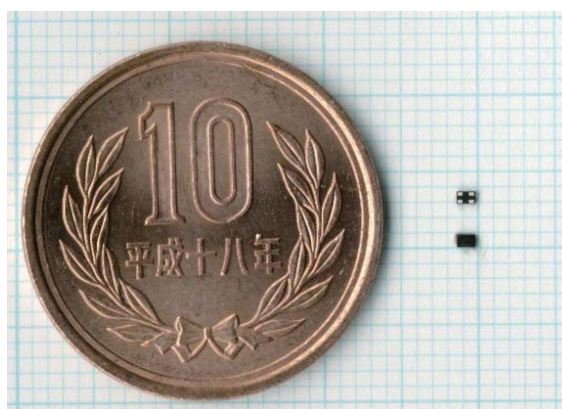
● 業界最薄レベル 小型パッケージ MOSFET

近年、携帯電話に代表される小型携帯機器では、記憶媒体としてハードディスク装置(HDD)の搭載が始まっている。特に1インチ以下の小型HDDにおいては筐体(きょうたい)の小型・薄型化が進み、使用される半導体部品にも同様の要求が高まっている。

当社は、これら小型HDDに使用されるパワーマネジメントスイッチ用 NチャネルMOSFETとして、厚みが0.38 mmと業界最薄レベルの小型チップスケールパッケージでSSM4K27CTを製品化した。

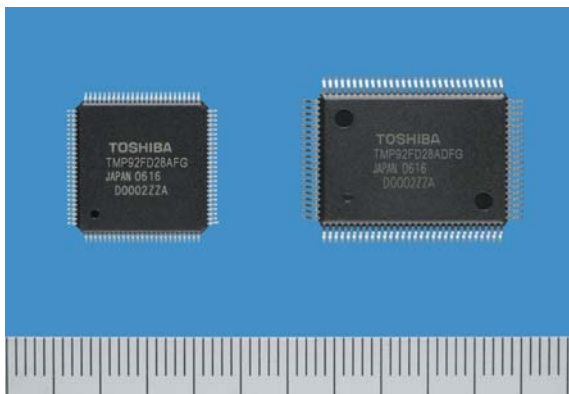
主な特長は、次のとおりである。

- (1) 業界最薄レベルの小型4ピン下面電極タイプのパッケージで、サイズが0.80 (縦) × 1.20 (横) × 0.38 (厚み) mm
- (2) 同サイズでは業界トップクラスの低オン抵抗で、ゲートソース間電圧 (V_{GS}) が2.5 V のとき260 mΩ (最大値)、 V_{GS} が1.8 V のとき390 mΩ (最大値)



CST4 パッケージ外観
External dimensions of CST4 package

● USBホストコントローラ内蔵 32ビットオーディオ制御マイコン TMP92FD28AFG/ADFG



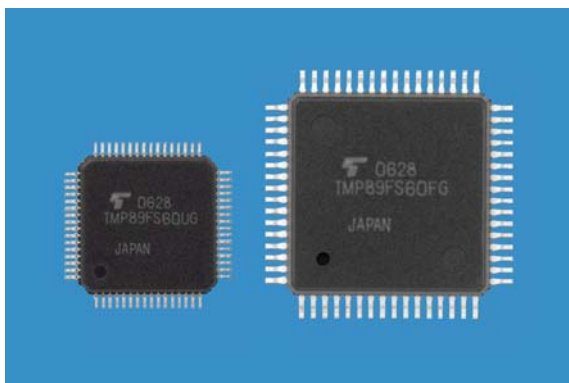
USBホストコントローラ内蔵32ビットオーディオ制御マイコン TMP92FD28AFG (左), TMP92FD28ADFG (右)
32-bit microcomputer unit (MCU) built-in universal serial bus (USB) host controller for audio applications

近年、家庭用や車載用の各種デジタルオーディオ機器では、USB(Universal Serial Bus)端子を介して音楽データを取り込む機能の要求が高まってきている。こうした機器の開発や製造コストを削減するため、USBホストコントローラとオーディオ制御マイコンの一体化が求められており、これに対応するのに最適な同コントローラ内蔵の新製品を開発した。

新製品は、CPUコアとして32ビットCISC(複合命令セットコンピュータ)コア TLCS-900/H1を搭載したフラッシュ製品で、SDメモリカードとの通信などが行える高速シリアル通信機能や各種汎用インタフェースを備え、多メディアへ容易に対応できる。パッケージは、2種類の100ピンパッケージを準備しており、ユーザーのニーズに合わせて選択が可能である。

(注) この製品に内蔵のフラッシュメモリは、米国Silicon Storage Technology, Inc.からライセンスを受けたSuper Flash[®]技術を使用。

● 高速処理と大容量アドレス空間に対応した8ビットマイコン TMP89FS60UG/FG



8ビットマイコン TMP89FS60UG(左), TMP89FS60FG(右)
TMP89FS60UG (left) and TMP89FS60FG (right), 8-bit microcontrollers

TMP89FS60UG/FGは、高速処理と大容量アドレス空間に対応した8ビットコア TLCS-870/C1を内蔵し、デジタル家電など多機能・高性能化するアプリケーションのサブマイコンとして最適なマイクロコントローラである。

TLCS-870/C1は、1マシンサイクルに必要なクロック数を低減し、従来のTLCS-870/Cに対して4倍の高速処理を実現した(最小命令実行時間: 125 ns)。また、命令とデータを独立したアドレス空間に割り当てる手法を採用し、TLCS-870/Cとの命令互換とコード効率を保ったまま、最大128 Kバイトのアドレス空間へのアクセスに対応した新しい8ビットコアである。

(注) この製品に内蔵のフラッシュメモリは、米国Silicon Storage Technology, Inc.からライセンスを受けたSuper Flash[®]技術を使用。

● 大容量SDHCメモリカード及び超高速SDカード



SDHCメモリカード(左)と超高速SDメモリカード(右)
SD-HC008GT4 (left) and SD-B002GT6 (right), SDHC (SD High Capacity) memory cards

動画や高解像度画像を扱うデジタル機器向けに、SDメモリカードの大容量版(2 Gバイト超)として、SDHC(SD High Capacity)メモリカードSD-HC008GT4と超高速品のSD-B002GT6を開発した。

SD-HC008GT4は8 Gバイトの大容量で、動画などの大容量ファイルの書込みに適している。データ転送速度はSDスピードクラスでクラス4(最低転送速度^(注)が4 Mバイト/s)、最大書込み速度は約6 Mバイト/sである。

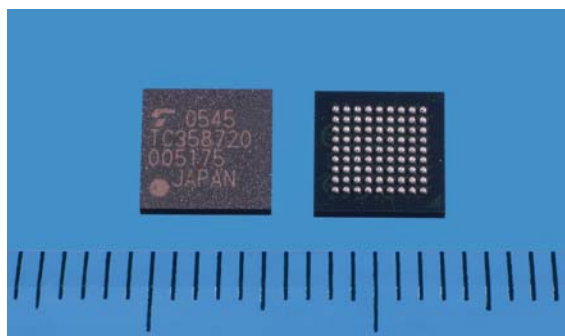
SD-B002GT6の容量は2 Gバイトで、データ転送速度はSDスピードクラスでクラス6(最低転送速度^(注)が6 Mバイト/s)である。最大書込み速度は約20 Mバイト/sで、当社の従来高速品(10 Mバイト/s)の2倍の性能を実現した。

(注) SDアソシエーションで規定した条件下による。

● 第3世代携帯電話向け 液晶コントローラ LSI VEGAMagiq™ TC358720XBG

大画面化、高精細化、及び動画対応が求められる第3世代携帯電話向けとして、通信処理LSIとの間を高速シリアル伝送規格MDDI (Mobile Display Digital Interface)で接続する液晶コントローラLSIを開発した。

このLSIは、DRAM混載技術による8 Mビットの大容量フレームバッファと、最大400 Mビット/sのシリアル伝送速度を実現し、VGA (640×480画素)サイズの液晶ディスプレイ(LCD)に30フレーム/sまでの動画を表示することができる。また、誤差拡散技術の一つであるマジックスクエアアルゴリズム、RGB (赤、緑、青)独立ガンマ補正テーブル、及び高精度バックライト制御回路により、26万色表示のLCDパネルに擬似1,600万色以上の高品質な表示を行うことができる。



液晶コントローラLSI VEGAMagiq™ TC358720XBG
VEGAMagiq™ TC358720XBG, Video Graphics Array (VGA) sized LCD controller LSI

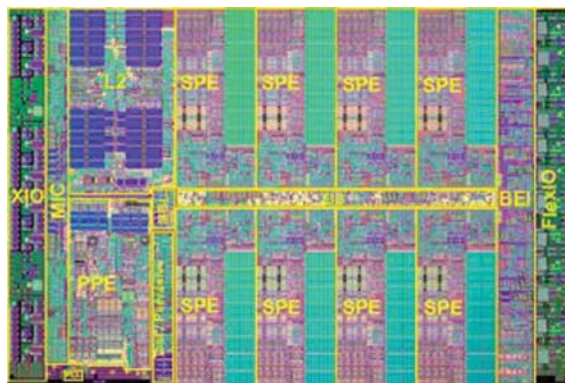
● 高性能SOI CMOS共同開発

IBM Corporation, (株)ソニー・コンピュータエンタテインメント, ソニー (株), 及び当社の共同開発契約(2002年3月～2005年12月)に基づき、90 nm/65 nmの高性能SOI (Silicon On Insulator) CMOS技術を開発した。

共同開発において、応力によるチャネル移動度向上技術、ニッケルシリサイド技術、低誘電率CVD (化学気相成長) 層間膜を用いたCu多層配線技術などの先端要素プロセス技術を開発し、薄膜SOI基板を用いて同世代で最高性能のSOI CMOSとして集積させた。

このSOI CMOS技術は、同じく4社で共同設計開発したCell Broadband Engine LSIを実現させた。

東芝レビュー. 61, 6, 2006, p.1-59.



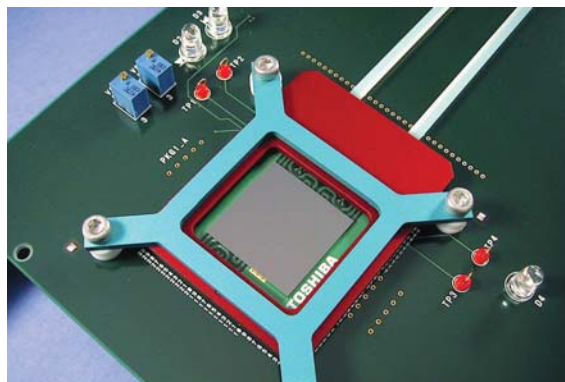
Cell Broadband Engine LSIチップ
Cell Broadband Engine LSI chip

● テラビット光電気LSIパッケージ POST-PKG™

次世代のパソコン(PC)や高性能ゲーム機に使用される超高性能プロセッサなど、大容量データを扱うSoCに適応可能な高性能LSIパッケージPOST-PKG™を開発した。

今回開発したLSIパッケージは、1ライン当たり10.7 Gビット/sの光配線を高密度に集積しており、全体で最大1T (テラ: 10^{12}) ビット/s以上のデータ転送が可能である。また、ボード実装時に光配線部を分離できる構造としているため、標準の実装ボードと量産ラインプロセスがそのまま適用でき、量産性と信頼性に優れる特長を持っている。

このLSIパッケージにより、大容量の光電気混載システムが経済的に構築可能となる。



光電気LSIパッケージ POST-PKG™
POST-PKG™ optoelectronic LSI package