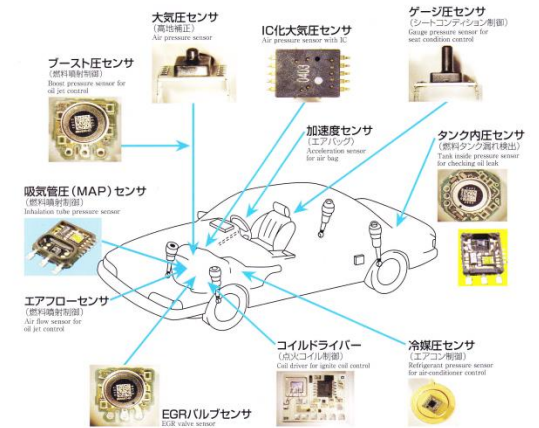


半導体 -実用編



ICの適用例ー携帯電話と自動車(ミヨシ電子)

パワーエレクトロニクス

パワーエレクトロニクス: 半導体+電力+制御、**パワーデバイス**によって電力の制御を行う
パワーデバイス—ダイオード、トランジスタ、サイリスタなどの電力を扱う半導体デバイス

サイリスタ: 大電力制御用の半導体スイッチング素子。
 周波数制御により電力の変換制御を行う。
 —逆阻止3端子サイリスタ、GTOサイリスタ、トライアック
 (3極双方向サイリスタ)などの種類がある

ダイオード	—	接合面が2
トランジスタ	—	同 3
サイリスタ	—	同 4

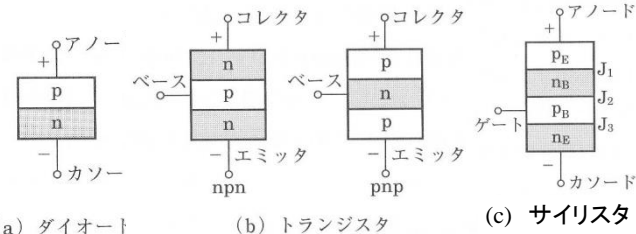


図34-1 デバイスの基本構造 ⑤

逆阻止3端子サイリスタ(SCR (GE社の商品名))—電力回路の各種制御素子。実用例: **電気鉄道用の整流部、直流電動機**の速度制御や交流による**運転制御、高周波インバータ、直流送電、インバータ制御による交流可変速制御、太陽電池**など

GTO (Gate Turn-off) サイリスタ—誘導電動機のインバータのスイッチング素子。最近IGBTに移行

トライアック—2個のサイリスタを逆並列に接続し、双方向に電流を流してACでもDCでも使えるようにしたもの。**ACの双方向スイッチング制御**に使用

パワートランジスタ: 高耐電圧化、大容量化で、定格1200V、400A級。直流電動機に代わり**三相誘導電動機**の速度制御(新幹線など)、**クーラー**や**冷蔵庫**用インバータ制御の交流電動機に使用

MOS FET (金属酸化膜シリコン形電界効果トランジスタ): 大容量化、高周波作動、低電力駆動、高速スイッチングの特長。用途: **家庭電化製品、OA機器、一般産業用機器**

SIT (静電誘導型トランジスタ): 高速スイッチング素子、大出力性、高速性、低雑音、負温度特性などの特性。用途: **高周波誘導加熱炉発信器、広帯域電力増幅器**

IGBT (絶縁ゲートバイポーラトランジスタ): 高速スイッチング特性と高電力特性を兼ね備えたパワー半導体素子、低電力駆動。用途: **ロボット、空調機、工作機械**などのインバータ、**OA機器用の無停電電源装置、風力発電、ハイブリッド車**など

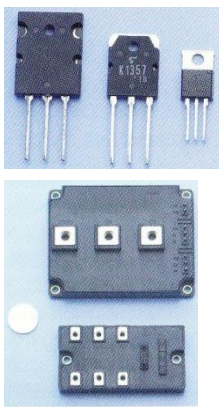
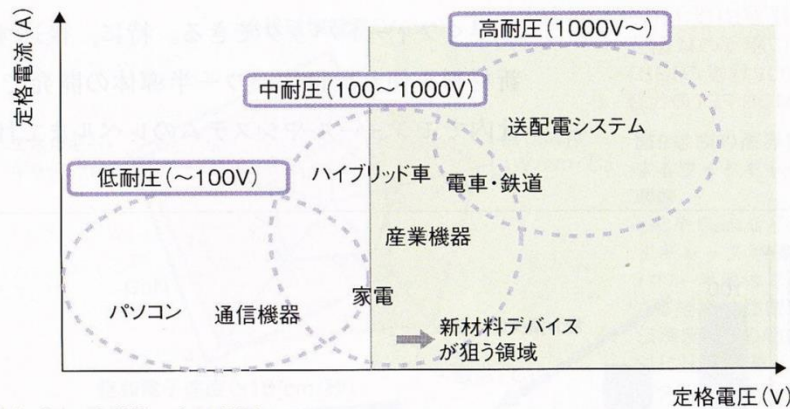
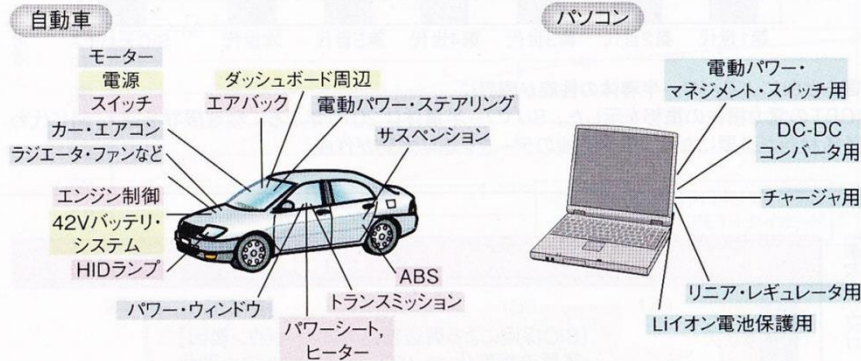


図34-3 パワーMOSFET(上)と大型IGBT(下) ③



(a) パワー半導体の応用分野



(b) 低耐圧パワー MOS FETの応用例

図34-2 多岐にわたるパワー半導体の用途 ⑦

半導体レーザー

半導体レーザー(別名**レーザーダイオード**/LD): レーザの誘導放出による光を利用したダイオード。小形で高効率、低電圧、小電流で作動。多量生産が可能な素子のため、**光ディスクプレーヤー、光通信、レーザープリンター、バーコードリーダ**などに使用

作動原理: LDはpn接合からできている。LDでは注入され光の刺激により再結合し、位相のそろった光を発生する。光はこの共振器内を往復する過程で増幅してチップ外に取り出される

特徴: LDでは波長や位相のそろったコヒーレントな光が得られるため、指向性やエネルギー集中性に優れている

表34-1 結晶の種類と応用分野

結晶の種類	発振波長域	主な応用分野
InGaAlP	0.63~0.69 μm (赤色)	DVD、バーコードリーダ
GaAlAs	0.75~0.88 μm (近赤外)	CD/MD、レーザービームプリンタ
InGaAsP	1.30~1.50 μm (赤外)	光通信
InGaN	0.36~0.40 μm (青色、紫外)	HD-DVD、ブルーレイディスク

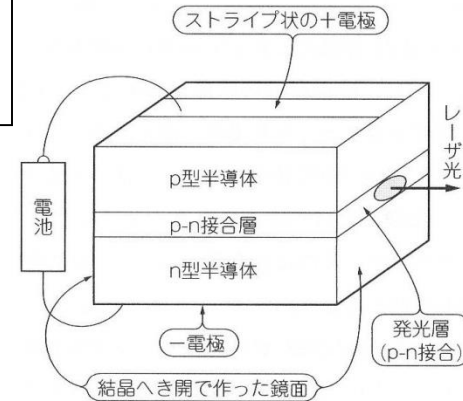


図34-4 半導体レーザーの基本構造 ④



図34-5 半導体レーザーの外観 ③

光ディスク: 光学ドライブ装置を使い、光(半導体レーザー)の反射により情報を読み書きする記録媒体—CD、DVD、レーザーディスク、BD(ブルーレイディスク)など

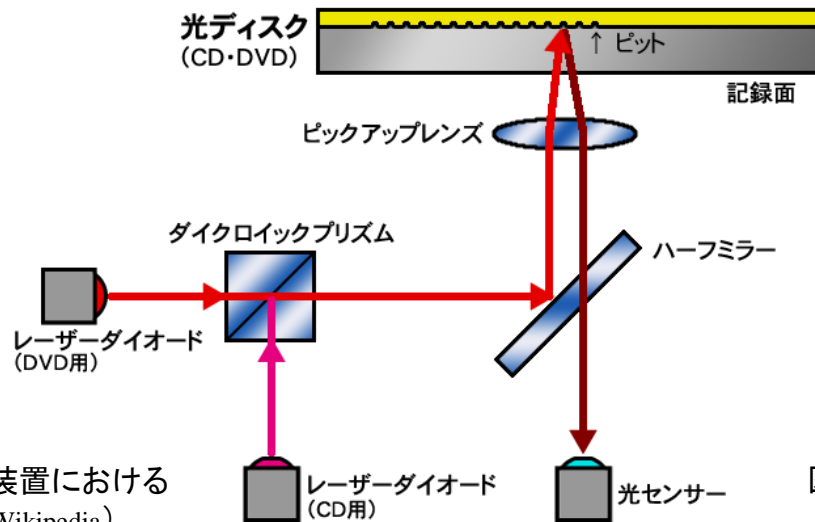


図34-7 光ディスク装置におけるレーザー光の流れ (Wikipedia)

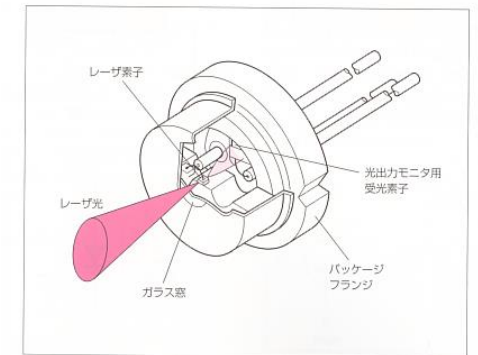


図34-6 半導体レーザーのパッケージ外観 ③

CCD

働き: 撮像対象物から到来する光をレンズで素子の受光面に結像させ、その明暗を電荷の量に光電変換する

CCD (Charge Coupled Device / 電荷結合素子): 固体撮像素子(半導体を用いた電子の目)の機能を持つ。CCDイメージセンサは一般のIC回路と同様シリコンウェーハから製造するが、製造後パッケージせず剥き出しのまま、製品の保護対策が必要



図34-8 CCDイメージセンサー1次元(左)と2次元(右) ③

CCDには1次元と2次元の構成がある

1次元CCDは直線状の形で、**ファックス**や**スキャナー**などの機器に使用

2次元CCDでは縦横のマトリクス状に配置された小型のフォト・ダイオードで、入ってきた光信号を電気信号に変換する。カラーCCDでは、光の3原色RGBに対応する。フォトリソに発色剤を添加して作ったカラーフィルタを1個1個作っていく。**VTR**、**デジタルカメラ**、**胃カメラ**、**工業用カメラ**、**宇宙望遠鏡用カメラ**などに利用



図34-10 防犯用CCDカメラの例(左業務用高感度 / 東芝、右完全防水屋外用カラー / 楽天)

固体撮像素子: 半導体素子の製造技術を用いてIC化された光電変換素子で、CCDイメージセンサ、CMOSイメージセンサなどがある。とくにCCDは高感度、ノイズ小。しかし、消費電流は高く、高価

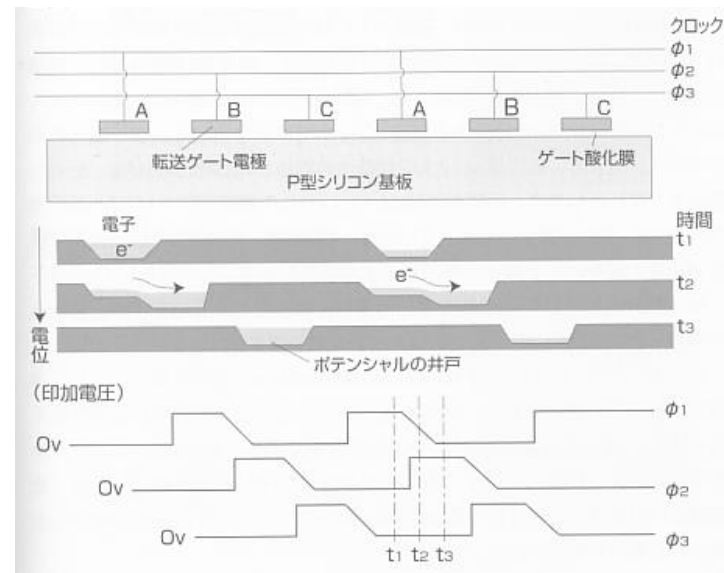


図34-9 CCDにおける電荷転送の原理 ①

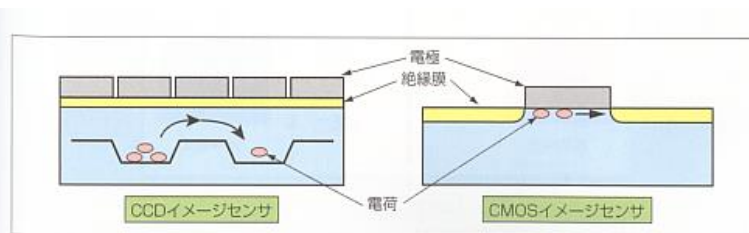


図34-11 CCDイメージセンサとCMOSイメージセンサの作動比較 ③

可視LED

可視LED (Light Emitted Diode): 視覚に訴えるデバイスとして各種の色、形状、構成のものがある。LEDは「第4世代のあかり」といわれる

LEDランプ: GaP、GaAsPなどのLEDチップを透明な樹脂で封止したものの。光る部分はドーム状のほか三角形、四角形、凸形などがある。用途は**自動車用ストップランプ**、**鉄道／道路用信号機**、**道路情報板**など

SMD LEDランプ: 小型薄型を特徴とする表面実装用のデバイス。近年の電子機器セットの小型化により、需要が急増。用途は**携帯電話**、**モバイル機器**など (SMD: Surface Mound Device)

白色LED: 光の3原色それぞれの発光チップを1パッケージに内蔵。用途は**フルカラー液晶パネル用バックライト**、**低消費電力ランプ**など

LEDディスプレイ: LEDチップをプリント基板などの上に固定し、数字、文字などを形どった樹脂ケースで封止したもの。用途は**TV**、**VTR**、**オーディオ機器**、**家電機器**、**OA機器**など

表示用ディスプレイ: 駆動用LSIを搭載したドットマトリクスディスプレイ装置で、低消費電力、高速応答性、マルチカラーが特長。用途は**駅の行き先表示**、**ショッピングモール・大競技場の屋外大画面ディスプレイ**など



図34-13 SMD LEDランプ ③



図34-12 LEDランプ ③

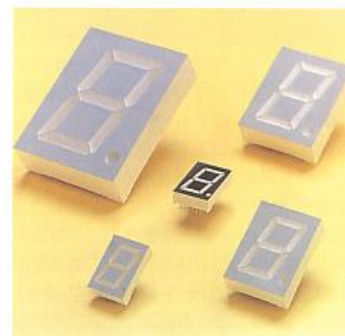


図34-15 LEDディスプレイ ③



図34-14 白色LEDの原理 ③



図34-16 表示用LED ③

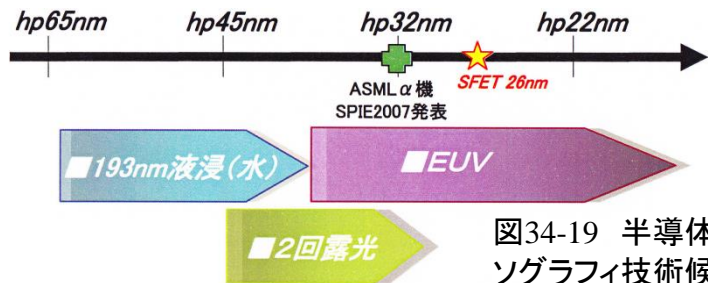
露光装置

露光装置(ステッパ/IC製造前工程の一部):「**フォトレジスト(感光剤)**」を塗布したシリコンやガラスなどの基板上に、**パターン**を書き込んだ「**マスク/遮光材(レチクル)**」を通じレーザー光線を照射・焼付する

一つのチップ形成には、多色刷り印刷のように工程ごとに分解された十数種類のマスクが必要。半導体ウェハでは、露光した後、感光した部分を化学的に腐食(エッチング)させ、リンなどの不純物を打ち込むことにより半導体素子を形成する。波長200nm程度の紫外線照射で、数十nm～百数十nm程度の電極パターンをエッチングすることができる。

パターン微細化:

次世代露光技術としてはパターン線幅45→32→22nmが目標。その代表的な技術は**ArFエキシマレーザー液浸法**の装置。オランダASML、ニコン、キャノンが3強。住友化学では量産工場が2008年12月に完成し、2009年初めから生産開始(40nm)。その次は2回以上露光する**ダブルパターンング(2回露光/DPT)**法が提案されている。2分割したパターンを合成するとき重ね合わせ精度向上が課題。その次は**EUV(極遠紫外線)**露光で22nm線幅を狙う。光源出力、低欠陥マスク技術などが課題(MICROVICES 2009.1)(MICRODEVICESセミコンジャパン2008NAVIGATOR)



露光装置の市場は500～600台/年で、単価は数億円。EUVでは100億円/台近く

図34-19 半導体の回路線幅とリソグラフィ技術候補(NEDO)

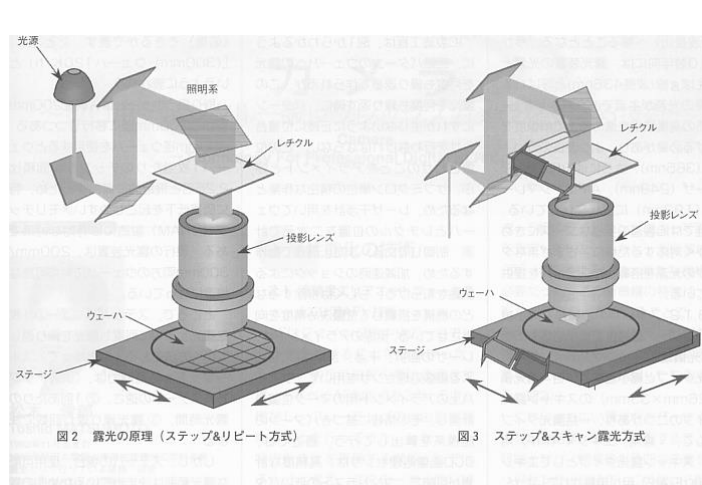


図34-17 露光の原理図 (日本機械学会誌2004年6月)

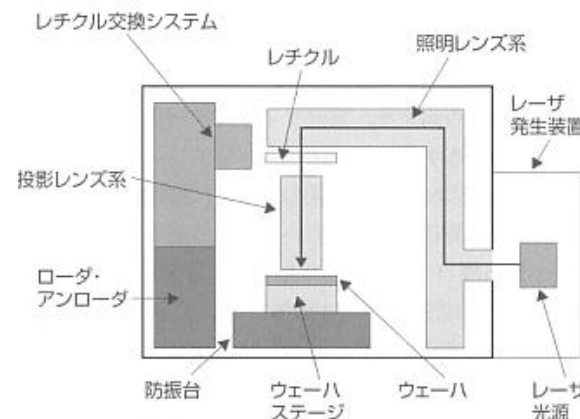


図34-18 露光の模式図 (#33-⑤)

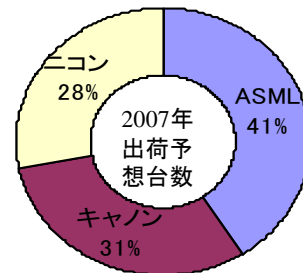


図34-20 2007年露光装置出荷台数のシェア (半導体産業新聞)

EUV露光装置: ASML社が先行。AMD(米)、サムスン(韓)などがこの装置でチップを試作。日本はニコン、キャノンがEUV装置試作ラインを開発中。日本半導体メーカ11社出資によるセリート社もチップ試作に成功 (日経産業新聞2009.3.9)

クリーンルーム

クリーンルーム: 半導体製造で室内空気中のホコリは不良品の要因 → 歩留まり低下、製品コストアップ。半導体の精細度の高まりで、制限するホコリのサイズも極小化、省エネ、コストダウン重要要素(食品、医療産業でも必要)

クリーンルーム内では、**HEPAフィルタ**を通ったエアを上部から供給し、下部の静電気除去のための導電性をもった網目状の床に排出。室内の作業者は**無塵衣**(防塵服)という作業服を着用、入室のときはエアシャワー。理想的にはロボットによる無人工場

無塵衣: 汚れやごみが付着しにくく、また、静電気が帯電しないような処理。素材はカーボン複合繊維やポリエステル100%

HEPA (high Efficiency Particulate Air) **フィルタ**: 0.3 μ mの塵を99.97%捉える高性能性能のフィルタ

表34-2 半導体工場のクリーンルームの一般的な清浄度クラス

クラス 10~100	不純物拡散、リソグラフィ
クラス 10~1000	ウェーハ表面処理など全般的なプロセス
クラス 100~10000	後工程(組立、検査)

清浄度クラス: たとえばクラス1は、1立方フィート中に0.1 μ mの粒子が1個あることを意味する (JISでは1 m^3 単位で規定)



(#33-⑦)

図34-21 無塵衣

大きなクリーンルーム全体の清浄化には膨大なコストがかかるので、必要な部分のみ高潔環境をつくる**局所クリーン化**(ミニエン=ミニエンバイロメント)が現在の主流。さらに、結露を防止するため超低露点空調を導入

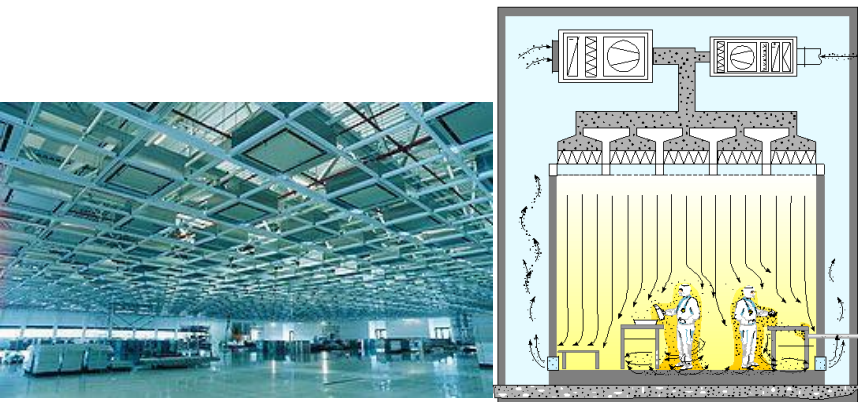


図34-23 クリーンルームの写真とエアの流れ

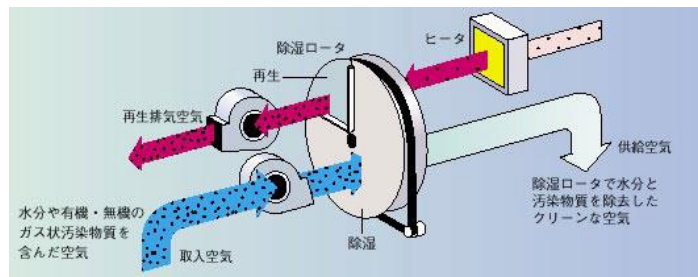


図34-22 超低露点圧縮空気製造装置と原理 (高砂熱学工業)



自動車と半導体

自動車は環境対策、安全性、快適性の向上を目的に電子化が進行。各機能モジュールの連携システムも多数存在

自動車の半導体利用は**エンジン制御のマイコン**から始まり、各種情報を収集する**センサ**、その情報を高速に伝える**通信用LSI**、**障害物検出・レーン位置検出・ドライバ認識と監視**などの安全性向上、ダッシュボードの代わりとして1つの**LCDパネル**にメータ、各種車内情報、カーナビ、周辺監視カメラ画像を表示した**安全性・快適性の向上**などがある。**油圧系・メカの電子制御化**、**操縦者ミスの防止**、**自動走行**などに今後は電子化が加速する傾向にある

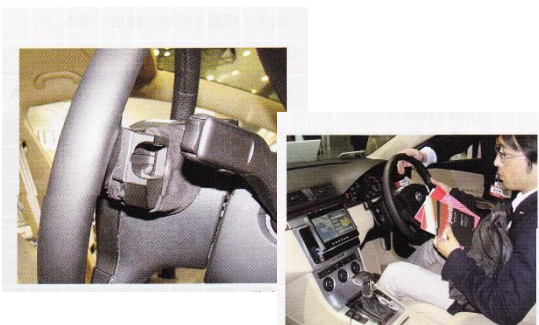


図34-25 ハンドル一体型静脈認証装置 (日立)



図34-26 100~200m先の障害物を検知するミリ波レーダ (三菱電機/上と日立/下)

ASV(先端安全自動車)の検討例:

- ・眠気に伴う低周波のふらつきに対する**ふらつき警報**
- ・二輪車用**ヘルメットの前部**に画像を表示するディスプレイ
- ・前方障害物との**衝突を防ぐシステム**
- ・後側方・側方**情報提供装置**
- ・**車線逸脱防止支援システム**
- ・ブレーキ併用の車間距離制御機能付**定速走行装置**
- ・車間距離を一定にする**速度制御(ACC)**
- ・**車線維持支援装置**
- ・車両**死角部障害物衝突防止支援システム**

注) ACC=Active Cruise Control

	1980年	85	90	95	2000
走行制御		●電子制御AT	●トラクションコントロール ●アクティブサスペンション	●アクティブ4WS ●ASV(第1期,各社)	●ヨーコントロールシステム ●ブレーキアシスト ●ASV(第2期,各社) ●AHS実験
危険警報警告			●電子制御4輪ABS ●電子制御サスペンション ●4WS	プレビュー制御油圧 アクティブサスペンション	●レーダクルーズコントロール ●アクティブリアステア ●ナビ協調シフト制御 ●VSC ●横滑り防止システム ●車間距離自動制御
情報提供		●バックソナー	●クリアランスソナー	●GPSナビゲーション ●音声ナビゲーション	●タイヤ空気圧制御装置 ●居眠り運転警報装置 ●ブラインドコーナーモニター ●車間距離警報装置 ●後方測モニター
		●クルーズコンピュータ ●電子コンパス	●ナビコン	●デジタル地区ナビゲーション	●VICs対応ナビゲーション ●D-GPS ●ハンズフリー電話 ●オンデマンド型情報提供開始

図34-24 代表的な自動車の半導体関連部品 ⑥ (出所)データカレッジ ※新データは巻末

図のほか多数の各自動車独自のシステムが実用化

- 例;
- HIDS(高速道路運転支援システム/ホンダ)
 - VSC(車両安定性制御システム/トヨタ)
 - ECV(電子油圧制御ブレーキ/トヨタ)
 - AFS(配光可変型前照灯/日産)
 - CMBS(衝突被害軽減ブレーキシステム/ホンダ)
 - S-AWC(電子制御4駆/三菱)
 - TSI(ターボ・スーパーチャージャ燃料噴射/ホンダ)

基盤技術高度化指針

＜中小企業特定ものづくり基盤技術17分野のうちの第3項－
「電子部品・デバイスの実装」＞

(SFI18 ものづくり高度化法 参照)

達成すべき高度化課題	高度化目標	高度化目標への特定研究開発の実施内容例
<p>1.情報家電 ア. 小型・高密度集積化 イ. 多機能化・高機能・大容量高速情報処理化</p> <p>2.自動車 ア. 安全性能・快適性の向上 イ. 省エネルギー・環境対策</p> <p>3.ロボット ア. 小型・高機能化 イ. 安全性・信頼性の確保 ウ. 自立型の実現</p> <p>4.バイオ・医療 ア. 耐環境性対応 イ. 実装プロセス技術の多様化</p>	<p>1.情報家電 ア. 3次元実装技術、エンベディッド実装技術の開発 イ. 材料からシステムまでの統合設計、信頼性向上のためのシミュレーション技術の開発</p> <p>2.自動車 ア. 耐振動性のある能動素子・受動素子部品の内蔵化 イ. 高速・大電流基板の実現 ウ. 耐熱・高信頼性解析技術、電波雑音制御のためのEMI・EMC実装技術の確立 エ. 車内外通信技術、高信頼性高速データ処理技術 オ. 放熱・冷却構造、低抵抗配線化、高電圧対応技術 カ. リペア実装技術、材料リサイクル、鉛フリー実装等の環境負荷物質低減化技術</p> <p>3.ロボット ア. SoC (System on Chip) 技術、CoC (Chip on Chip) 実装技術の確立、3次元実装・フレキシブル実装技術 イ. 大量センシングデバイスの多用化、MEMSデバイスのハンドリング技術、MEMS機構を阻害しないワイヤボンディング・フリップチップ接続技術</p> <p>4.バイオ・医療 ア. 高分子材料、有機材料の使用に伴う低温実装技術 イ. 滅菌処理対応・生体親和性等に資する実装技術 ウ. 少量・多品種生産実現化技術 エ. 大量低コスト生産化、オーダーメイド医療</p>	<p>1.LSIの設計技術、シミュレーション技術－統合実装設計に資する電子実装技術</p> <p>2.SiP (System in a Package) 技術－3次元スタック構造の開発に資する電子実装技術</p> <p>3.3次元実装技術－3次元実装の実現に資する電子実装技術</p> <p>4.ファイン実装技術－微細バンプ接続技術に資する電子実装技術</p> <p>5.エンベディッド実装技術－信号伝播速度の高速化に対応する部品内蔵配線板技術に資する電子実装技術</p> <p>6.MEMS実装技術－ナノ構造形成技術に資する電子実装技術</p> <p>7.光電気実装技術－大容量低消費電力、低コスト化に資する電子実装技術</p> <p>8.検査技術－高度外観検査技術・電気検査技術に資する電子実装技術</p> <p>＜指針では各項目ごとに具体的な研究項目を示している＞</p>

注) エンベディッド実装技術＝部品内蔵基板技術、EMI=Electromagnetic Interference/電磁気妨害、EMC=Electromagnetic Compatibility/電磁環境両立性

半導体産業市場

市場の展望: 1. 中期成長力の低下—半導体製造装置セクターのPER(評価収益率)は2000年のピーク時の1/2以下に低下(理由は以下2. ~5.)

2. 市場寡占化の急速な進行—設備投資の無駄を減らし、買い手の価格支配力が強まり、事業リスクが高くなる
3. OEE(設備総合効率)改善活動—アイドルタイム、故障時間の低下などで製造装置の稼働時間アップによる製造装置の新設と同一効果
4. SoC(System on Chip)メーカーの設備投資意欲の減退—半導体性能向上に大きな壁。主要デジタル家電での個別モデル生産量が低下し、先端プロセス採用意欲が低下
5. ウェーハサイズ450mm問題—ウェーハ大口径化で次世代の450mmでは業界全体で1020億ドル投資が必要

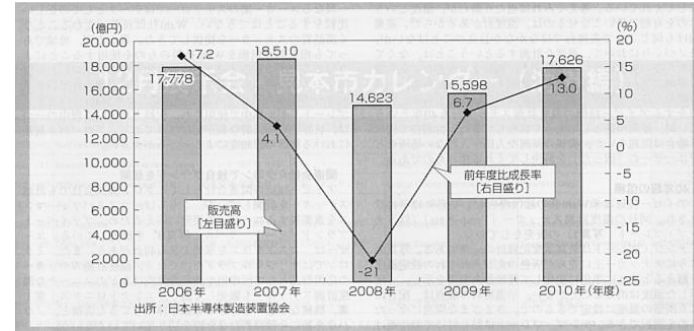


図34-27 日本製半導体装置販売高(M&E) 2008年12月

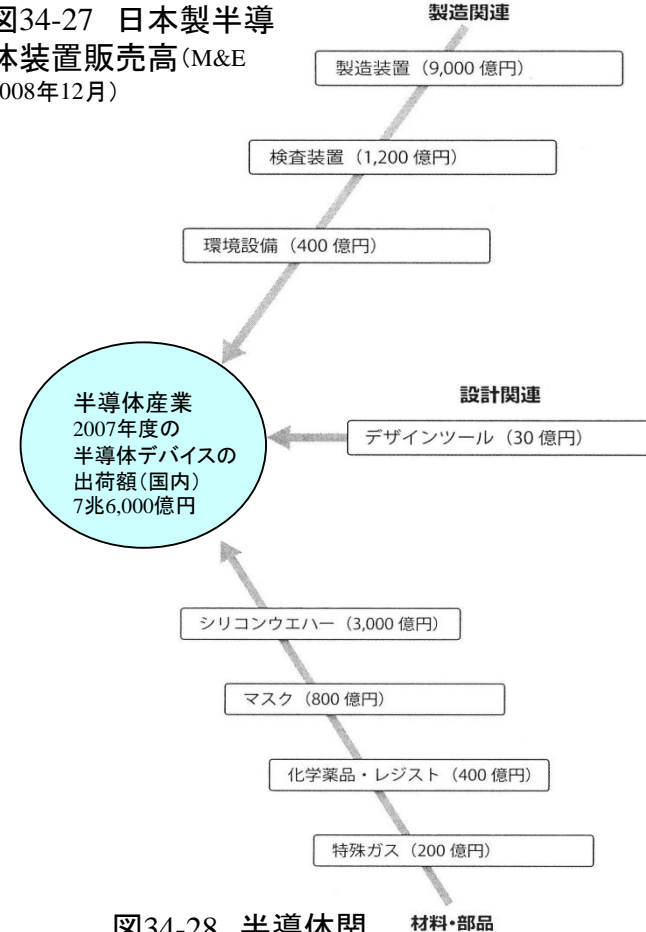


図34-28 半導体関連産業の規模 ② ※新データは巻末

半導体事業の再編成: 急速な最先端半導体技術の進歩による高額な設備投資の償却負担軽減策として、共同開発、共同生産の傾向が強まってきている。2008年より需要の低迷も加わり、グローバルな企業の合従連衡が加速

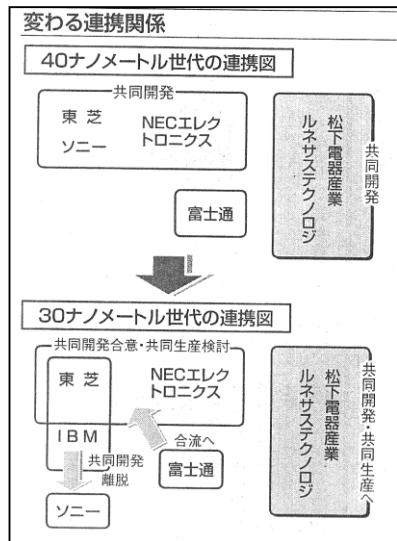


図34-30 微細化開発の連携(日刊工業新聞 08.1.17)

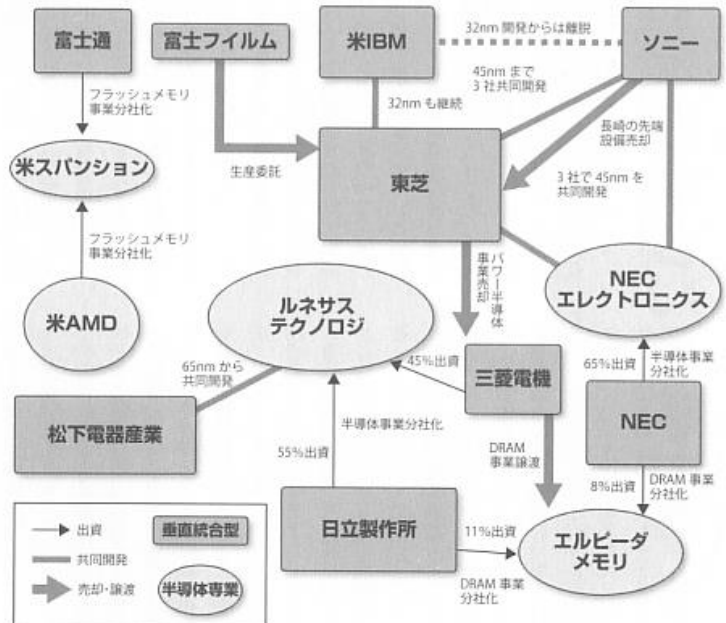


図34-29 国内半導体事業の再編 ② ※新データは巻末

次世代半導体技術

基本技術

大口径ウェーハ: 2012年ころ450mmが開発され、有効面積は2.25倍となる。関連設備投資急増が難点

高集積化: ICは、現線幅65nm、45 ~ 22nmへ微細化のためにナノ技術、新しい材料・構造・作製プロセスの開発が必須

多層化: LSIの高集積度化で一平面上に代わり、何層にも重ねて多層配線が採用される。SiP、TSV、PoP、SoC(SFI33/34の「課題」参照)などの技術がある

応用技術例 - 半導体の用途の多様化につれて、高集積化、超小型化、高周波数化の開発が進む

デジタルTV - 地上デジタルハイビジョン、TV電話など最先端のシステムLSI使用に対応するスパコン並の性能のTV

携帯電話 - 通信機能+カメラ、音楽プレーヤ、ゲーム、GPS、財布など多機能化でワンチップ化した低消費電力、軽薄短小化の半導体導入

ICカード - 超小型コンピュータ機能高集積化ICカードの電子マネー化で、非接触型通信回路、一時記憶メモリ、セキュリティ確保(暗号回路)など

ICタグ - アパレル、物流、出版業界・図書館、商品会計などにICタグの用途が広がり、小型、高感度、迅速反応対応のICが必要

大容量DVD - 高密度化(微細化) / 大容量化のため、青色半導体レーザを採用

ロボット - CPU(人間の脳)、メモリ(基本動作プログラム)、イメージセンサ(人間の目)、加速度センサ・タッチセンサ(運動)など多様な半導体を使った**人型ロボット**

超高周波トランジスタ - 光通信、ネットワーク用として各種通信の使用周波数上昇に対応

大電力パワー素子 - シリコンカーバイド、ダイヤモンドなどを使用した**高耐圧素子**の開発



図34-31 先端半導体デバイスのロードマップ(日刊工業新聞2008.2.22)

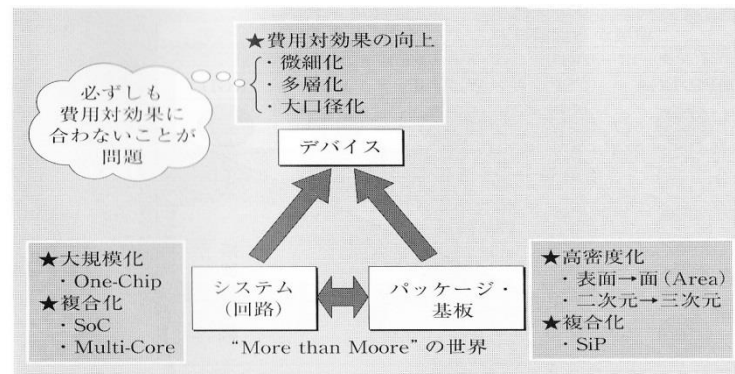


図34-32 半導体技術のマクロ動向 ⑦



図34-33 携帯電話機のマルチメディア化 (#33-⑦)

課題

SiC-MOS FET の量産化	民生機器、自動車、産業機器の省エネ志向でパワー半導体の需要が急増。東芝、NECエレクトロニクス、三菱電機など国内大手は新材料を使ったデバイスの量産化を狙う(MYCRODEVICES誌 2008年2月号)
CPU(コンピュータの中央処理装置)	半導体高性能化対応として搭載トランジスタ数の増大、動作周波数上昇の2つの方向性がある。この際、大きな問題となるのは半導体の発熱問題。チップの発熱密度は1970年代と比べて1000倍となっている。対策として動作電圧を下げて消費電力を削減、CPUを2個以上並列的に配置したマルチコア処理方式がある
次世代メモリ	従来のDRAM(Dynamic RAM)、SRAM(Static RAM)、は高速の読み出し／書き込みが可能であるが揮発性であり、反面、フラッシュ、EEPROM(電氣的書き換え可能ROM)は不揮発性であるが読み出し／書き込みに時間がかかる。次世代メモリは不揮発性でDRAM並みの高速化を実現する。例、強誘電体メモリ(FRAM)、磁性RAM(MRAM)、PCRAM(Phase Change RAM)、ReRAM(Resistance RAM)が提案されている
TSV(Si貫通ビア/Through Silicon Via)	小型電子機器の高機能化、高性能化のニーズで微細化によるトランジスタの高集積化が要求され、その新技術の一つとしてTSVは在来の多層チップに比べ接続距離を1/1000に短縮し、大容量の高速伝送ができる。また、超多機能デバイスが実現できる。NEDOは2008年「多機能高密度三次元集積化技術」の研究開発をスタート。コスト高が現実的な問題(半導体産業新聞2009.1.28)

キーワード

ファウンドリ	発注元の半導体メーカーの設計に沿って半導体チップを製造する専門の企業。半導体チップの製造設備、製造技術の開発に膨大な費用がかかるため、製造専門企業が存在する(例、TSMC社／台湾)。委託元で自分の製造設備を持たない半導体メーカーを「ファブレスメーカー」、垂直統合型メーカーを「IDM」と呼ぶ
ナノインプリント	IC製造でリソグラフィ・エッチング工程の代替方式として注目の技術。金型に電子線露光技術とエッチング技術を使って刻み込んだ数十nm～数百nmの凹凸を基板上に塗布した樹脂材料に押し付けて形状を転写させる技術。転写工程の時間は数分で、同じ形状の部品を短時間で大量に作りだせる(日経エレクトロニクス用語)
DFM (Design for Manufacturing)	実装するプリント基板設計の自動化。半導体製造プロセスの微細化によって露光やCMP(化学機械的研磨)といった製造の各工程における顕在化してきたバラツキの問題を設計段階で解決を図る技術。特に重要なのが、(1)塵による不良の発生、(2)露光工程で設計通りのパターンをSi上に作れるか、(3)CMPの平坦性
ムーアの法則(Moore's Law)	半導体の集積度は18～24ヶ月で倍増するーインテル社共同創業者のゴードン・ムーアが1965年発表。この法則は多少ブレはあるが、ほぼ着実にキープされ、ICの微細化が進められてきている。微細化の進歩にはリーク電流など技術的な問題と、設備投資の短期回収など経済的な問題が存在する