

SSIS・半導体アドバンスト講座

テキスト サンプル

2014年11月

- 半導体産業の歴史と展望 講師：牧本次生
- 半導体物性と各種デバイス、
CMOS前工程プロセス 講師：鈴木俊治
- 半導体パッケージング技術 講師：池永和夫
- LED 講師：平田照二
- パワーデバイス 講師：中川明夫

半導体の歴史と展望

半導体産業人協会・前理事長
 工博 米国IEEEフェロー
 テクニビジョン代表
 元 日立専務・ソニー専務
 牧本次生
 makimoto@tsugio.jp

サンプル

SSS半導体アドバンス講座

目次

1. 半導体が拓いた新しい世界
2. 半導体産業の動向
3. 日本半導体の盛衰
4. 将来展望

サンプル

半導体産業の特徴

- ★社会システムの重要な基盤産業
 - ITの中核部品としてハイテク産業の原動力
 - 高度な電子機器の実現により、健康・医療など新産業を創出
 - 電子マネー・指紋検出などで金融分野の安全性を確保
- ★好不況のアップダウンはあるが、25-30兆円と規模が大きく長期的には高い成長率
- ★技術革新の速度が速く、性能は2年で2倍「不可能を可能にする」
- ★他産業への波及が大きい
 - LCDや有機ELなどのディスプレイ分野
 - 自動車の「ガソリンから電気へのシフト」を推進
 - バイオ技術と結んで医療・食品分野へ波及

サンプル

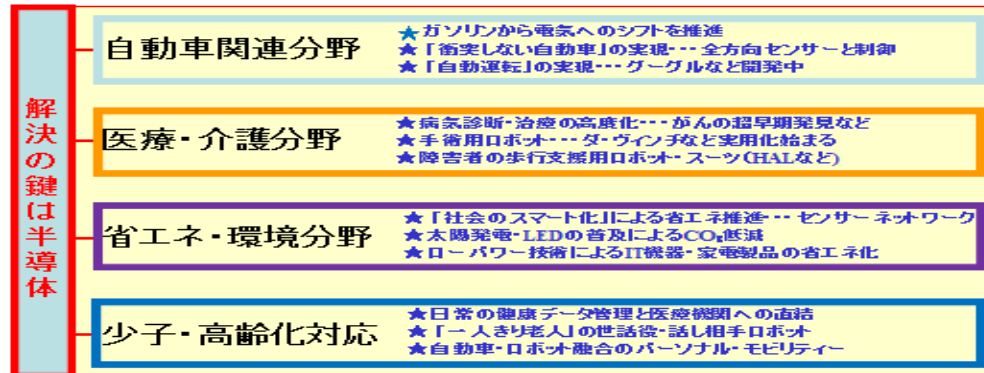
多岐にわたる半導体関連産業



出典：ICガイドブック2009年版

さらに広がる半導体応用

サンプル



かけがえのない産業「半導体」



(2006年出版)

サンプル

- 半導体は1%産業にあらず！IT、電子機器、自動車、放送、医療などGDPの4割の分野を支える基盤
- 半導体は産業の原油(米、欧) 半導体は産業の米(日) 1個のLSIでも自動車のラインを止める！
- 大震災後ユーザーの日本離れ、メーカーの海外シフトの動き 半導体を持って日本の将来はない！
- 一国の盛衰は半導体にある！
- "Japan as Challenger"のマインドでがんばろう！

半導体物性・各種デバイス、CMOS前工程プロセス

一般社団法人 半導体産業人協会・教育委員
サイエンティフィック・プロセス・ソリューション代表
サクセスインターナショナル(株) 技術顧問
元ソニー株課長、元(株)SEN主席技師
元千葉大学講師

鈴木 俊治

toshiharusuzuki11@gmail.com

サンプル

半導体物性・各種デバイス、CMOS前工程プロセス

- I. 半導体と半導体デバイス
 - 1. 半導体の性質 2. 半導体デバイス 3. MOSTランジスタの進化
- 4. Si基板の大口徑化
- II. CMOS作製プロセス
プレーナー技術とCMOS作製のプロセスフロー
- III. MOS LSI作製要素プロセス
1. リングラフィ 2. 不純物導入 3. エッチング 4. 成膜
5. 平坦化: CMP 6. ウェーハ清浄化
- IV. 多層配線&組み合わせプロセス
1. 多層配線 2. 組み合わせプロセス
- V. まとめ

サンプル

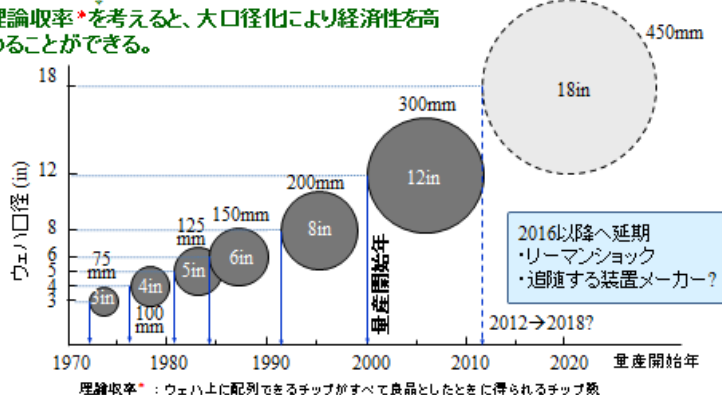
I-4. Si基板の大口徑化

Si基板の大口徑化

サンプル

- ・一般的に、LSIの高集積化にはチップサイズの増大を伴う
- ・一度に多量のチップを生産するには、大面積のウェーハを用いるほうが有利

理論収率*を考えると、大口徑化により経済性を高めることができる。

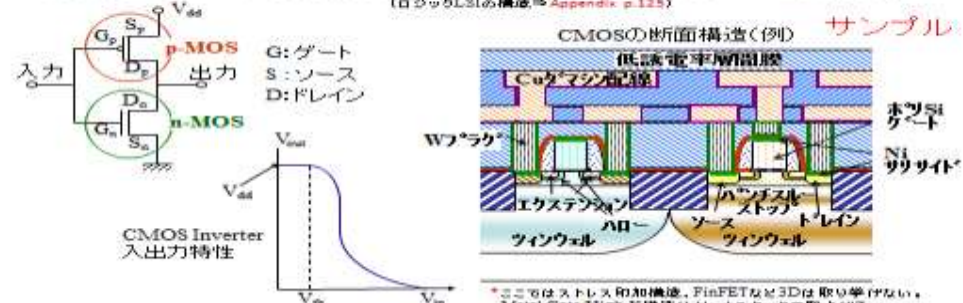


(Si基板⇒Appendix p.123)

II. CMOS作製プロセス CMOS作製のプロセスフロー

- ・LSIの高性能化、高集積化のための微細化には様々な課題が伴う。それを解決するために次第に構造が複雑になった。
- ・ここでは65~45nmクラスに対応するCMOSロジックLSIの作製フローを説明する。

(ロジックLSIの構造⇒Appendix p.125)



SSIS 半導体アドバンスド講座

III-1. リングラフィ

リングラフィ技術の変遷

- ・微細化、チップ面積の増大、ウェーハの大口徑化に伴い露光方法も変化してきた。

光源	波長	露光方法	デザインルール(node)
水銀ランプg線	436nm	密着・等倍 ウェーハ全面露光	≧ 1.0 μm
水銀ランプi線	365nm	縮小投影 ステップ(Stepper)	ウェーハの大口徑化対応
KrFエキシマレーザ	248nm	↓	0.35 μm
ArFエキシマレーザ	193nm	↓	0.25 μm
		縮小投影 スキャナ(Scanner)	広面角対応
		↓	0.13 μm
		↓	65nm
EUV*	13.5nm	縮小反射 スキャナ	≦ 28 nm

大凡のDesign Rule

- ・等倍露光: マスクのデザインルールは実寸法。
- ・縮小投影: マスクのパターン寸法は実デザインルールの4倍(レチクル)。
- ・Stepper: 数チップ分の描画毎にStep & Repeatを繰り返す。
- ・Scanner: Maskと基板をScanしながら露光する。(レンズの収差補正、露光面積拡大、高NA化)
- ・縮小反射: レンズの代わりにミラーを使う。巨大口径レンズの必要回避、レンズ収差の回避

サンプル

2

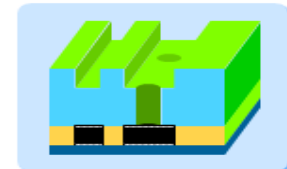
- ・EUV*: Extreme Ultra Violet (極紫外光)

(技術世代とリングラフィ⇒Appendix p.128)
(Scan露光の利点⇒Appendix p.129)

IV-2. 組み合わせプロセス

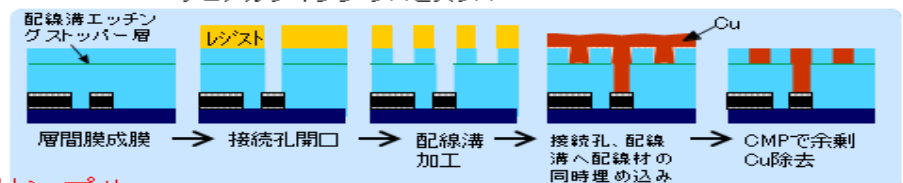
ダマシン(Damascene)法によるCu配線

- ・Cuはドライエッチング加工が困難である。このため、層間膜に溝を掘ってCuを埋め込み、余剰Cuを研磨する、いわゆる「ダマシン法」により、配線を形成する。
- ・層間膜に溝と接続孔の両方を掘り、同時にCuを埋め込んで、余剰Cuを研磨する方法をデュアル・ダマシン法という。こちらの方が、工程数が少なくて済む。
- ・エッチング技術、メッキ技術、CMP技術の複合技術となっている。



デュアルダマシン構造

デュアルダマシン プロセスフロー



サンプル

(これらの他の組み合わせプロセス: Ni Salicide⇒Appendix p.146)

半導体パッケージング技術

一般社団法人 半導体産業人協会

現 サクセスインターナショナル社 技術顧問
元 ソニー半導体パッケージ部長
ハイブリッドIC事業部長
半導体関連会社 社長
池永 和夫
E-mail ikenaga@ayu.ne.jp

サンプル

SSIS半導体アワード2010年度

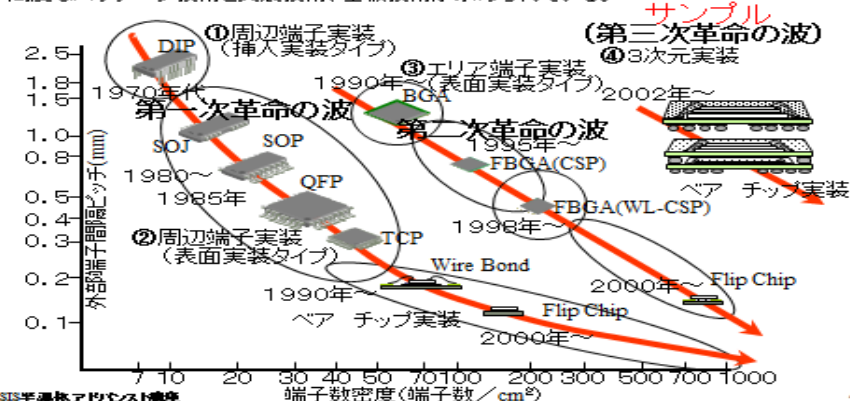
目次

1. パッケージに求められる機能・変遷
2. LSI 後工程プロセス(チップ薄化プロセス)
3. パッケージ技術の動向と課題
 - 3-1. フリップチップボンディング
 - 3-2. ウェーハレベルパッケージング
 - 3-3. System in Package
 - 3-4. TSV (Through Silicon Via)
 - 3-5. パッケージの電気特性(Appendix)
4. MEMSパッケージの課題

サンプル

パッケージと高密度実装技術の変遷

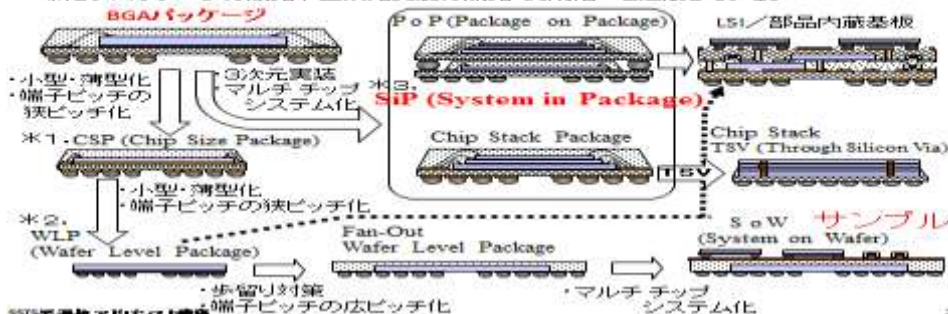
高密度実装とパッケージは密接な相関があり、この二つの技術とICの高集積化により電子機器の小型化、高性能化が進んできた。特にパッケージの小型化と端子ピッチの縮小は高度なパッケージ技術と実装技術、基板技術が求められている。



サンプル

BGAパッケージから各種パッケージへ進展

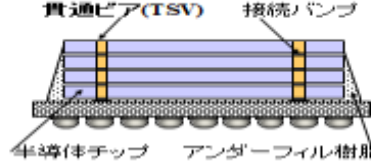
エリア配列端子タイプであるBGAパッケージの出現は、さらなる小型化のCSP(*1)、WLP(*2)へ進展し、また、マルチチップ構成のSiP(*3)も出現させた。そして、さらに新しいパッケージの開発や三次元実装の開発・実用化へと進展している。



SSIS半導体アワード2010年度

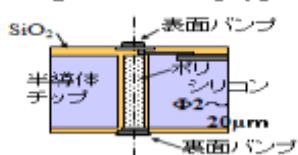
3次元実装の本命TSV技術

サンプル



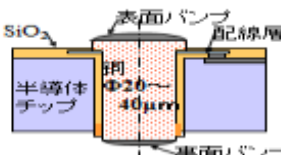
最近では超高密度実装、高速信号伝送を実現させる方法として、半導体デバイス間の伝導パスを最短経路とするために、半導体チップ同志、半導体チップとウェーハ、ウェーハ同志を三次元積層することが行われる。そのために、半導体チップ内またはシリコンインターポーザの上面と下面を導通させる微小な導通貫通穴であるTSV(Through Silicon Via)を形成することが試みられている。このTSVの製法、接続のプロセス、材料は各種の方法が開発されつつある。

- ① Via first タイプ
- ② Via middle タイプ

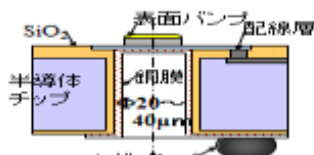


SSIS半導体アワード2010年度

- ③ Via last タイプ



- ④ Via last タイプ



MEMS用パッケージ

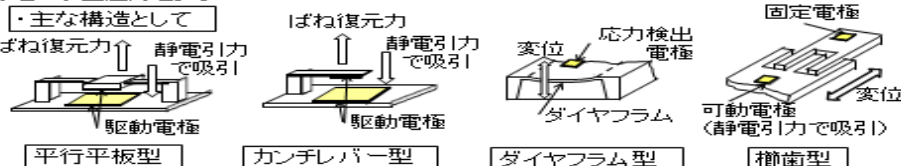
MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)とは **サンプル**

微小電気機械システム(マイクロマシン)と呼称され、半導体LSI製造プロセスやその他の超微細加工プロセスを利用して作成する、機械的な機能と電気的な機能を併せ持つ極めて小型の装置のことである。

【主な用途】

携帯電話、ゲーム機	加速度センサー、角速度センサー、Siマイク
自動車用途	加速度センサー、角速度センサー、圧力センサー 等
その他用途	インクジェットヘッド、カテーテル、バイオチップ、半導体用プローブ等

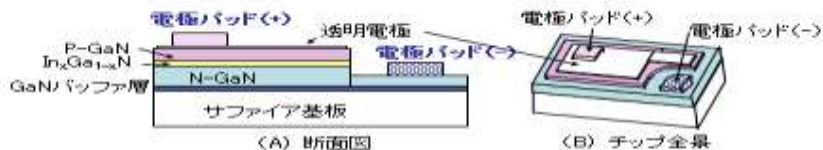
例:ピエゾ型圧力センサー



* 検出力は熱、応力、静電引力、電磁力などで出力は主に電気信号である。

SSIS半導体アワード2010年度

一般に青色InGaN LEDはサファイア基板上にGaN結晶を成長させて形成される。サファイアは絶縁物なので、N側の電極も上面から取り出される。GaN結晶基板上にLEDを作ると、高品質の結晶が得られているが、GaN結晶基板は高価。



一般的なInGaN青色LEDのチップ構造

サンプル

LED (Light Emitting Diode)

一般社団法人 半導体産業人協会

サクセスインターナショナル(株)技術顧問
元・ソニー(株)半導体レーザ開発部長
東京工業大学/横浜国立大学・講師

平田 照二

e-mail: sho2hirata@nifty.com

目次

サンプル

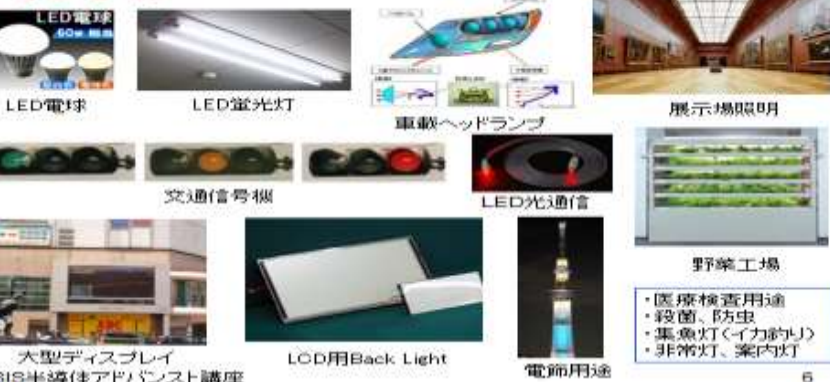
- 1 LEDの発光原理
- 2 LEDの種類と基本特性
- 3 LEDの製造方法
- 4 LEDの応用分野
- 5 LEDの信頼性と将来展望
- 6 参考資料

LED発光の長所と短所

サンプル

- 長寿命: 適正に使えば5~10年の寿命が期待される
 - 低消費電力、高効率発光、低発熱: 100~200lm/Wで電池駆動可能
 - 色の制御が可能: 可視光から赤外、紫外を発光可能、発色や色温度も制御できる
 - 耐衝撃性: 半導体固体発光なので、衝撃に強い(チラツキが少ない)
 - 高速変調/パルス発光可能: 数100 MHzの高速パルス発光が可能で光通信にも使える。
 - 軽く、小型点光源: フレキシブルなデザイン性、軽量小型発光が可能
 - LED自体は電磁ノイズ放射が少ない(駆動系が発する場合がある)
 - 紫外線発光が軽減される: 保存によい
 - 水銀などの有害物質を用いてないため、安全で環境にやさしい
- × 放熱が必要: 総発熱量は少なめだが、小型発光素子のため放熱が重要。放熱が不十分だと、寿命が短くなる
 - × 電源回路が必要: DC数Vで少電流駆動のため、AC100Vからの駆動電源が必要
 - × 演色性が悪い: 太陽光のような連続スペクトルではないため、装飾品の発色が悪く見える場合がある。
 - × 発光に方向性がある: 光拡散板を入れることで均一にさせる必要がある
 - × 安易な交流点灯をさせると目が疲れる場合がある(目にやさしい点灯も可能)
 - × 高価: イニシャルコストが高い
 - × 性能が発展途上であり、待てば待つほど良くなり安くなる

LEDの応用分野



まとめと期待

◎LED(Light Emitting Diode)は人類が得た「明かり技術」の中で、**最高発光効率(>300lm/W)**、**最長寿命(>5万h)**、**最高速度応答(>100MHz)**を有する半導体照明デバイスであり、ランプや蛍光灯に優れる次のような特長を持つ。

- ①低電圧(数V)かつ低消費電力
- ②純粋な発色(赤外、赤黄緑青紫、紫外)および白色発光
- ③小型軽量で堅固(衝撃に強くちらつきが少ない)、
- ④低電磁ノイズで地球環境にも優しい

サンプル

課題の低コスト化が進むと、今後の照明の主要デバイスになる事が確実。

◎応用範囲はモバイル製品からインフラ系まで幅広く、液晶TV、ノートPC、タブレット、スマートフォン、電子ブックなどのIT端末から照明器具、懐中電灯、明かり系インテリア、屋外照明などの照明器具、信号機、屋外ディスプレイ、掲示案内板、街頭照明などインフラ機器まで応用が進み、さらに医療、車、光通信などへの展開も期待されている。

サンプル

パワーデバイス

一般社団法人 半導体産業協会

現職 中川コンサルティング事務所コンサルタント
元職 東芝セミコンダクター社 首席技監
氏名 中川明夫

e-mail: akio.nakagawa@nifty.com

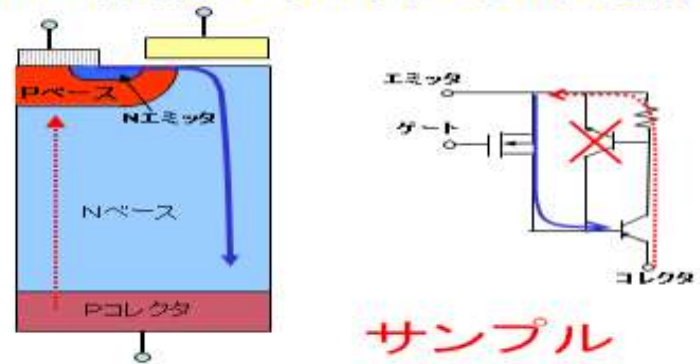
IGBTの発明実用化で、IEEE、太河内等表彰

目次

1. 序
2. 電気に依存する社会
3. パワーエレクトロニクス
4. パワーデバイスの市場
5. IGBTとその発展の経緯
6. IGBTのシリコン限界に向けた今後の展開
7. パワーMOSFETの発展の経緯と今後の可能性
8. 新材料デバイス
9. 製造プロセス
10. まとめ

サンプル

IGBT(絶縁ゲートバイポーラTr)の動作



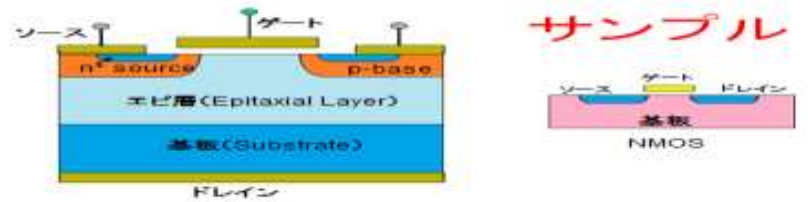
サンプル

目次

1. 序
2. 電気に依存する社会
3. パワーエレクトロニクス
4. パワーデバイスの市場
5. IGBTとその発展の経緯
6. IGBTのシリコン限界に向けた今後の展開
7. パワーMOSFETの発展の経緯と今後の可能性
8. 新材料デバイス
9. 製造プロセス
10. まとめ

サンプル

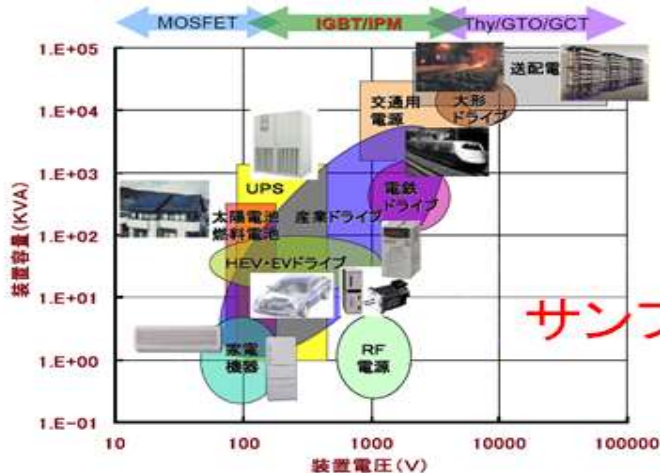
縦型パワーMOSFETの基本構造
DMOSFET(Double Diffusion MOSFET)



サンプル

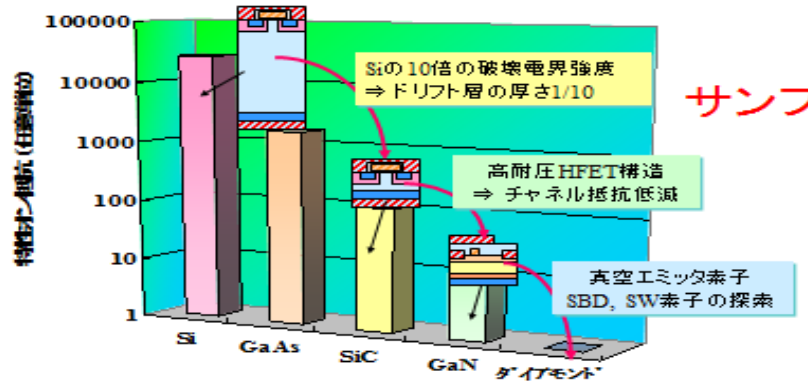


パワーデバイス応用分野(電流・電圧定格)



サンプル

ワイドバンドギャップ半導体による低損失化



サンプル

材料	ダイヤモンド	GaN _{0.99} Si	4H-SiC	GaAs	Si
バンドギャップ(eV)	5.47	3.39	3.26	1.43	1.12
BM(対Si)	27128	653	340	16	1