SSIS・半導体ステップアップ講座
テキストサンプル

・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

・半導体のアプリケーションと業界動向

講師　市山　壽雄

・特別講話　半導体は現代文明のエンジン

講師　牧本　次生

・パワーデバイス

講師　吉田　功

CMOSプロセス

（半導体物性・デバイス、
最新CMOSプロセス、要素プロセス）

半導体産業人協会　教育委員
サクセスインターナショナル(株)技術顧問
元 千葉大 客員教授、
ソニー(株) 中研・厚木超 LSI研 課長
㈱SEN主席技師
工学博士　鈴木　俊治

サンプル

目次

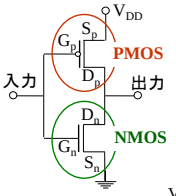
I. 半導体と半導体デバイス
1. 半導体の性質　2. 半導体デバイス　3. MOSトランジスタの進化
II. CMOS作製プロセス
CMOS作製のプロセスフロー
III. MOS LSI作製要素プロセス
1. リソグラフィ　2. 不純物導入　3. エッチング　4. 製膜
5. 平坦化：CMP　6. ウェーハ洗浄
IV. 多層配線
V. まとめ

サンプル

II. CMOS作製プロセス

CMOS作製のプロセスフロー

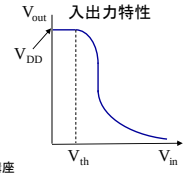
・LSIの高性能化、高集積化のための微細化には様々な課題が伴う。それを解決するために次第に構造が複雑になった。
・ここでは65～45nmクラスに対応するCMOSロジックLSIの作製フローを説明する。



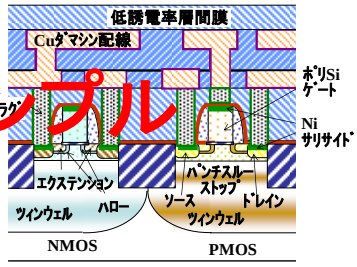
CMOS Inverter
（反転器）回路

G：ゲート
S：ソース
D：ドレイン

CMOS Inverter
入出力特性



CMOSの断面構造（例）

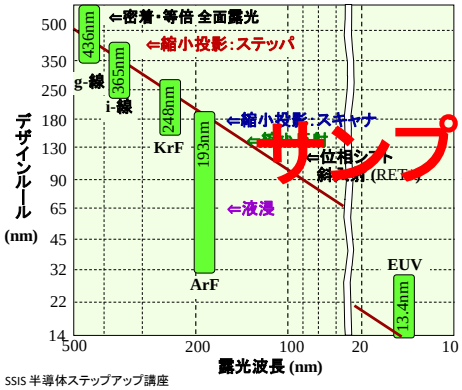


*ここではストレス印加構造、FinFETなど3Dは取り挙げない。
Metal Gate/High-K構造はゲートスタックで取上げる。

サンプル

リソグラフィ光源と露光方法

・パターンの細かさはリソグラフィの光源波長により決められる。
・微細化、ウェーハ径、チップ面角などにより、露光方法も変化してきた。



・等倍露光：マスクは実寸法。
・縮小投影：マスクパターンは実寸法の4倍（レティクル）&ステッパ：数チップ分の描画毎にStep & Repeat。
・スキャナ：マスクと基板をスキャンしながら露光。
（レンズの収差軽減、露光面積拡大、高NA化）
・縮小反射：レンズの代わりに凹面鏡を使う。
（超大口径レンズの必要回避、レンズ光吸収の回避）
・液浸：レンズ-基板間に屈折率の大きい液体を挿入

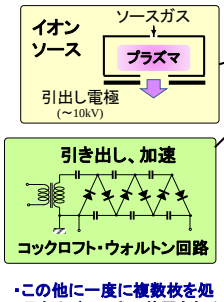
デザインルール
= 光源波長

RET*:Resolution Enhanced Technology

サンプル

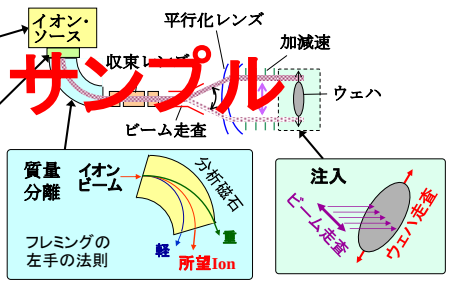
イオン注入装置

・イオン化した不純物を高電界で加速し、元素の質量によって所望のイオンを選び出して材料に打ち込む。
・加速電圧で深さを、イオンビーム電流の積算値で導入量を調節する。



・この他に一度に複数枚を処理するバッチ式の装置もある

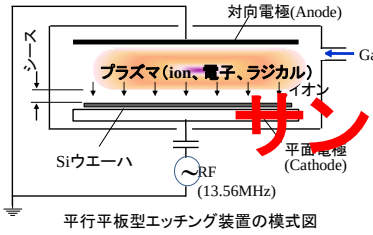
枚葉式注入装置



サンプル

反応性イオンエッチング（Reactive Ion Etching：RIE）

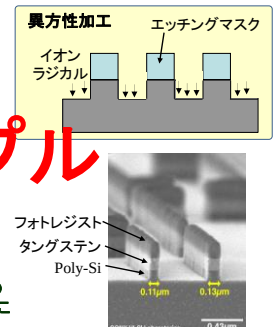
・微細デバイスでは垂直形状の加工が必要となり、従来の等方性加工のウェットエッチングに代って異方性加工が可能な反応性イオンエッチングが使われるようになった。



平行平板型エッチング装置の模式図

エッチング装置の中ではプラズマと平面電極との間に負のシース電位（400-1000V）が形成されて、イオンを引き込むことにより異方性エッチングが可能となる。

p.92
シース電位



W/Poly-Siゲートの垂直加工例

サンプル

半導体パッケージング技術

半導体産業人協会　会員

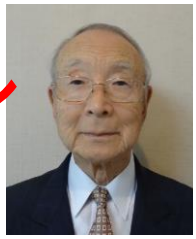
サクセスインターナショナル(株)技術顧問

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



サンプル

目　次

1.パッケージの変遷

2.パッケージ技術の動向と課題

2-1. ウェーハレベルパッケージング

2-2. Fan-Out ウェーハレベルパッケージ

2-3. System in Package

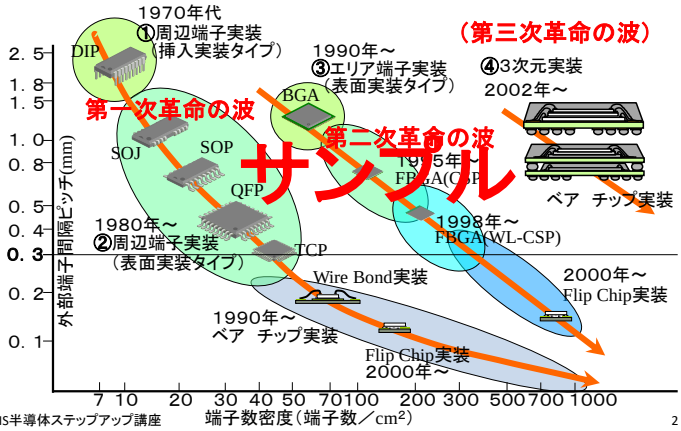
2-4. TSV (Through Silicon Via)

2-5. フリップチップボンディング

サンプル

パッケージと高密度実装技術の変遷

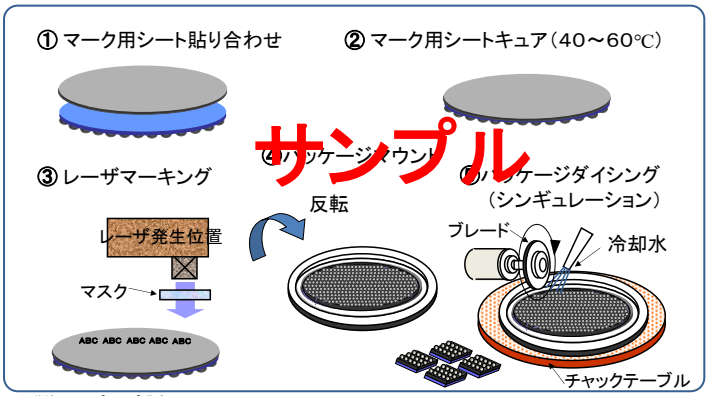
高密度実装とパッケージは深い相関があり、この二つの技術とICの高集積化により電子機器の小型化、高性能化が進展してきた。特に**端子ピッチの縮小は高密度実装を促進**したが、高度なパッケージ技術と実装技術、基板技術が求められる。



サンプル

ウェーハレベル パッケージング　マーク・パッケージダイシング工程

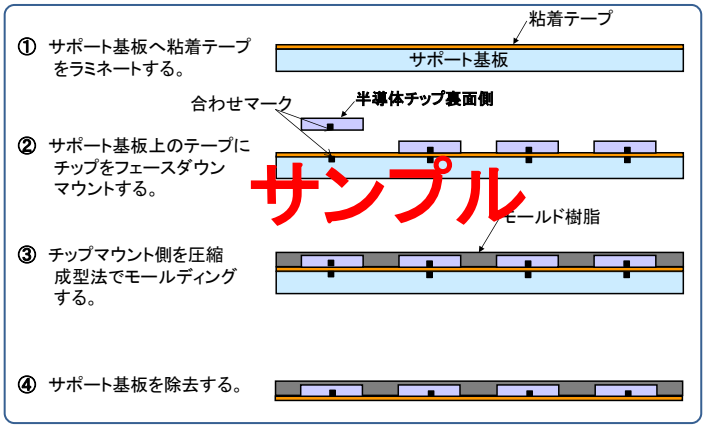
バックグラインディング後のシリコン　ウェーハの裏面にマーク用のシートを貼り、マークを鮮明にすると共に薄くなったウェーハ（パッケージ）の抗折強度を向上させる。



サンプル

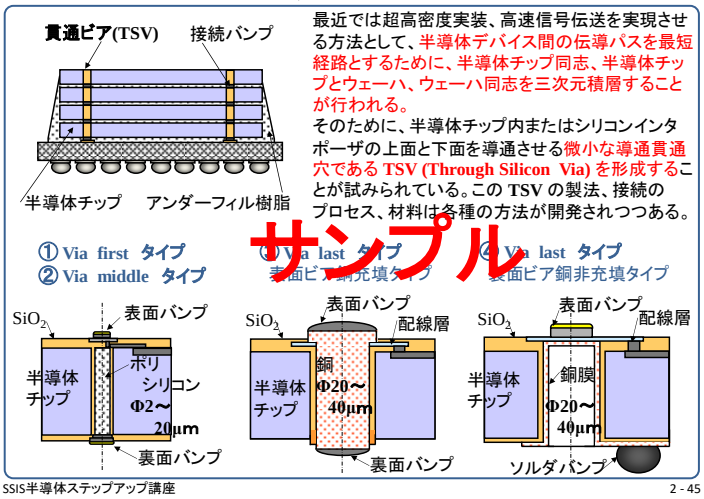
Fan-Out Wafer Level Packageプロセス例 ①

ウェーハ上のチップの歩留り対策や外部端子ピッチを広げるための構造として、Fan-Out Wafer Level Package　が登場している。



サンプル

3次元実装の本命TSV技術



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。

サンプル

半導体のアプリケーションと業界動向(世界と中国)

一般社団法人 半導体産業人協会
副理事長　教育委員会　委員長
元 ルネサステクノロジ市場企画部長
元 WSTS日本協議会会長＆世界副会長
WSTS：WORLD SEMICONDUCTOR TRADE STATISTICS
世界半導体市場統計
市山　壽雄

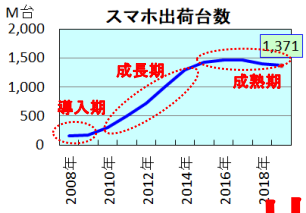
サンプル

目次

1. 半導体のアプリケーション
（1）アプリケーションの推移
（2）スマートフォン
（3）自動車
（4）ロボット
（5）IoT時代の新市場
（6）ICの市場規模
2. 半導体の業界動向
（1）世界の業界動向
（2）中国の業界動向

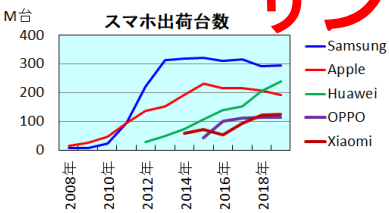
サンプル

スマートフォン (年間推移)



スマートフォンの出荷台数は**成熟期**。
2017年～2019年マイナス成長
しかし、半導体の最大市場を今後も継続

スマートフォン機能の充実度が高く、
今後は5G対応が期待される。



Huaweiが Appleを抜いて2位に躍進

	2019年	前年比
Samsung	2億9570万台	+1.2%
Huawei	2億4060万台	+16.8%
Apple	1億9100万台	-8.5%
Xiaomi	1億2560万台	+2.4%
OPPO	1億1430万台	+1.1%

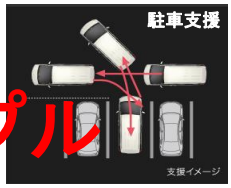
サンプル

出典：IDCの資料を基に著者が作成

自動車 (ADAS)

先進運転支援システムの導入　⇒　自動運転へのベースとなる技術
・衝突回避、車線逸脱警報・回避、全車速追従機能、
・駐車支援
・ITS（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）
路車間通信、車車間通信

全車速追従機能



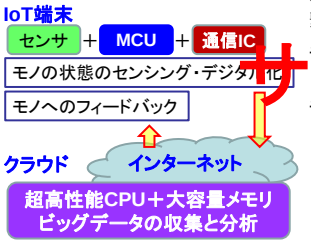
路車間通信：　右折時注意喚起

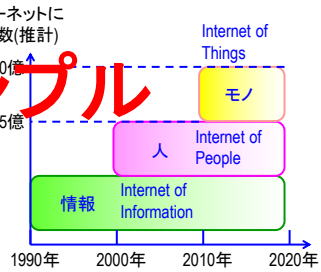
サンプル

出典：トヨタ・日産の資料を基にして著者が作成

IoT時代の新市場 (IoTとは)

IoT (Internet of Things) とは
色々なモノがインターネット*に繋がるだけでなく、
情報交換することにより相互に制御する仕組み。
*インターネットとは複数のコンピュータネットワークを相互接続したネットワーク。
「2020年には500億個のモノがインターネットに繋がる」と予測される。(野村)





（出典：野村総合研究所の資料を基に作成）

サンプル

中国の半導体業界動向

「中国製造 2025」解説書　2015年6月18日

	～2020年	～2025年
国家製造業革新センター建設	15ヵ所前後	40ヵ所前後
高性能自動化製造ライン	コスト削減、工期短縮、不良率の改善30%	コスト削減、工期短縮、不良率の改善50%
強力な産業基盤	核心的基礎部品と重要な基礎材料の**自己調達率40%**	核心的基礎部品と重要な基礎材料の**自己調達率70%**
グリーン製造	1000ヵ所模範工場と100ヵ所の模範工区	世界先端レベルに到達し、グリーン製造体系の基本を確立
高性能機器・装置の革新	重点領域*で自主研究および応用を実現	重要領域*で自主知的財産権の設備を有し、国際トップレベルに到達

サンプル

出典：工業情報化省の資料より著者が作成

特別講話
半導体は現代文明のエンジン

半導体産業人協会　特別顧問
元 日立専務・ソニー専務

工学博士
IEEE Lifeフェロー　牧本 次生

サンプル

目次

- 現代文明を支える基盤
- 半導体産業の動向
- 技術と市場の将来展望

サンプル

現代文明を支える基盤

現代文明を象徴する四つの「I」

IT＝Information Technology
ITは2000年の新語流行語、それ以来急速に広がる
類語　ICT＝Information and Communication Technology

IoT＝Internet of Things
1999年にケビン・アシュトンが使用　2008年頃から広がる
類語　IoE＝Internet of Everything
類語　M2M＝Machine to Machine
類語　CPS＝Cyber Physical System

AI＝Artificial Intelligence
1956年、ジョン・マッカーシーが提唱。
2016年、囲碁の名人を 破り話題に

IC=Integrated Circuit
1958年にジャック・キルビーが基本コンセプト発明
1959年にロバート・ノイスが実用化技術の発明

サンプル

現代文明を支える基盤

半導体（CMOS）のインパクト

CMOS革新がなければ このようなことは
起こらなかっただろう！

ウーバー　スマホ　自動運転車　トランプ大統領　Suica・PASMO　アラブの春　ロボット

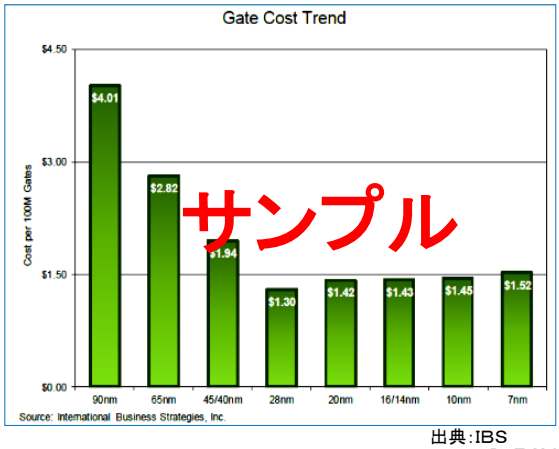
2006年　牧本次生著

現代文明を動かすエンジンは半導体（CMOS）！

サンプル

技術と市場の将来展望

ゲートコストのトレンド

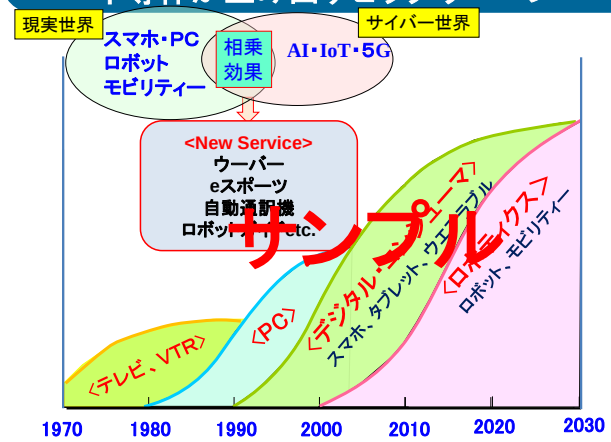


出典：IBS

サンプル

技術と市場の将来展望

半導体が生み出すビッグウエーブ



原典: T. Makimoto, IEDM2002 Keynote Speech

サンプル

パワーデバイス

半導体産業人協会　会員
元日立製作所中央研究所主任研究員
元ルネサステクノロジー主管技師
工学博士　吉田　功

サンプル

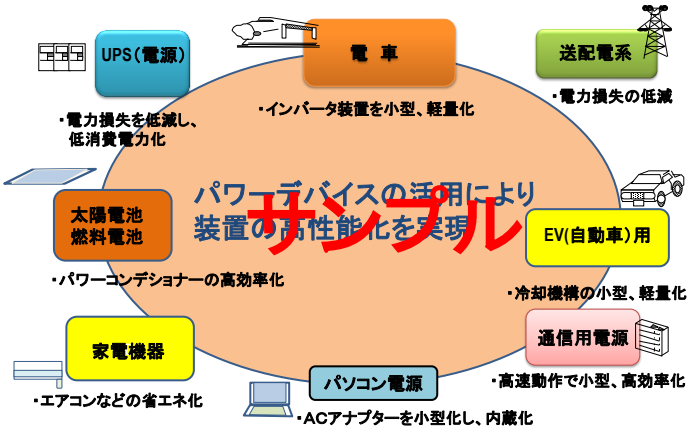
目　次

1. はじめに
2. パワーモジュールの構造
3. パワーデバイスの市場
4. パワーデバイスの種類と基本動作
5. パワーデバイスの応用回路
6. 製造プロセス
7. パワーデバイスの技術動向
　・パワーMOFET、IGBTの技術
　・新材料デバイスの最新動向
8. パワーデバイス企業ランキング
9. まとめ

サンプル

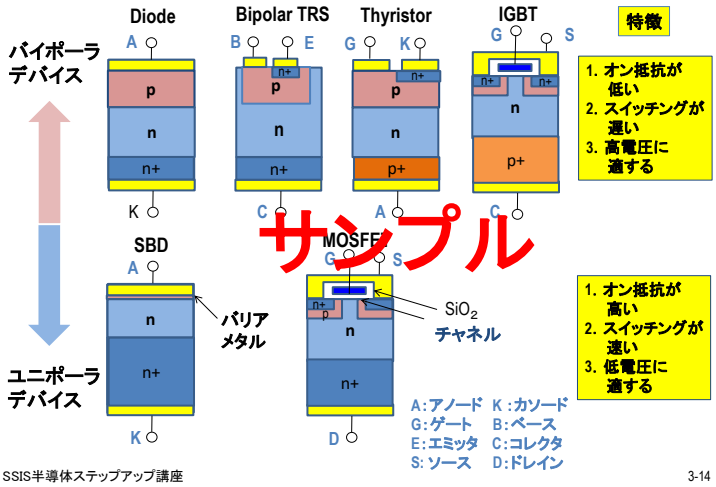
日立中央研究所の庭園(油彩画)

パワーデバイスの応用(装置の高性能化)



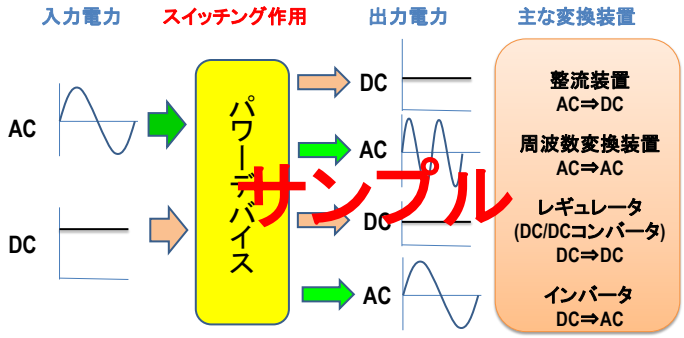
サンプル

パワーデバイスの種類と基本構造



サンプル

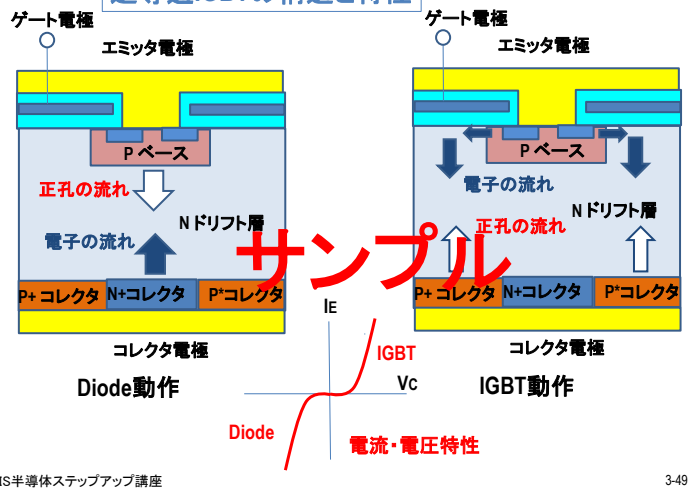
電力変換におけるスイッチングデバイスの役割



サンプル

パワーデバイスは、低損失、高速、高信頼、低コストが要求される

逆導通IGBTの構造と特性



サンプル