

# SSIS半導体アドバンス講座 テキストサンプル

- ・半導体物性・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

- ・パワーデバイス

講師 吉田 功

- ・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



# 半導体物性・各種デバイス、 CMOS前工程プロセス サンプル

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 千葉大学講師、ソニー(株)中研・厚木超 LSI 研 課長  
(株)SEN 主席技師

工学博士 鈴木 俊治

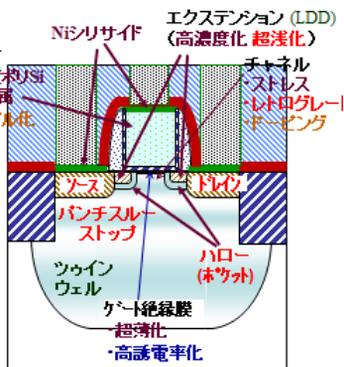
## 目次

- 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. MOSTランジスタの進化
  - 4. Si材と大口径化
- II. CMOS作製プロセス
  - プレーナ技術とCMOS作製のプロセスフロー
- III. MOS LSI作製要素プロセス
  - 1. リソグラフィ
  - 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
- V. まとめ

## MOS Trの進化 微細化=高集積化 & 高性能化

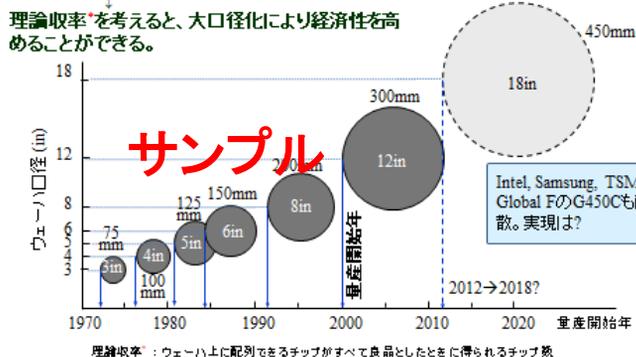
・微細化に伴い、短チャネル効果以外にも様々な課題が現れる。それらの解決のために次第に構造が複雑になった。

- ・**高性能化**
  - ：高濃度ポリSiゲート(→金属ゲート)、高濃度エクステンション、Niシリサイド、チャネル ストレス
- ・**低消費電力化**
  - ：高誘電率ゲート絶縁膜
- ・**短チャネル効果抑制**
  - ：浅S/D、超浅エクステンション、パンチスルーストップ、ハロー、レトログレイドチャネル
- ・**高信頼化**
  - ：LDD(→エクステンション)、ツインウェル
- ・**p-n Trの最適化**
  - ：チャネルドープ、ツインウェル、デュアルゲート



## Si基板の大口径化

- ・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



## リソグラフィ技術の変遷

・微細化、チップ面積の増大、ウェーハの大口径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(mode)
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)	ウェーハの大口径化対応
KrFエキシマレーザ	248nm	↓	0.35 μm
ArFエキシマレーザ	193nm	縮小投影 スキャナ(Scanner)	チップの広範囲対応
		縮小反射	0.13 μm
		↓	65nm
EUV*	13.5nm	縮小反射 スキャナ	≤ 28nm

- ・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(レティクル)。
- ・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。(レンズの収差軽減、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。(超大口径レンズの必要回避、レンズ収差の回避)

\* EUV\*: Extreme Ultra Violet (極紫外光)

## Cu多層配線

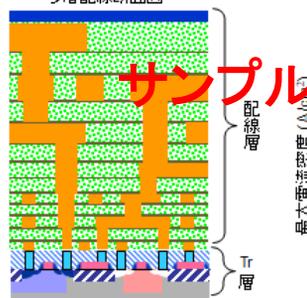
- ・技術進化による性能の向上で最大電流密度が増大してゆき、抵抗低減と信頼性確保のためにAlからCu配線に変わった。
- ・最先端Logicでは配線層数が10層以上となる。

AlとCuの比較 Ω·cm

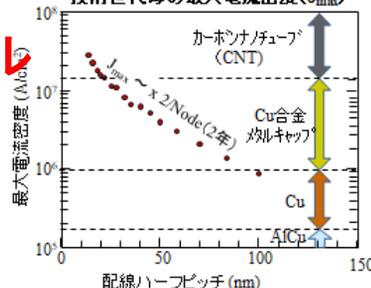
	Al配線	Cu配線
真性抵抗率	2.65e-6	1.67e-6
配線抵抗率	3~4e-6	~2e-6
信頼性	△	○

(信頼性: Electro-migration, Stress-Migration)

多層配線断面図



技術世代毎の最大電流密度(J<sub>max</sub>)





# パワーデバイス サンプル

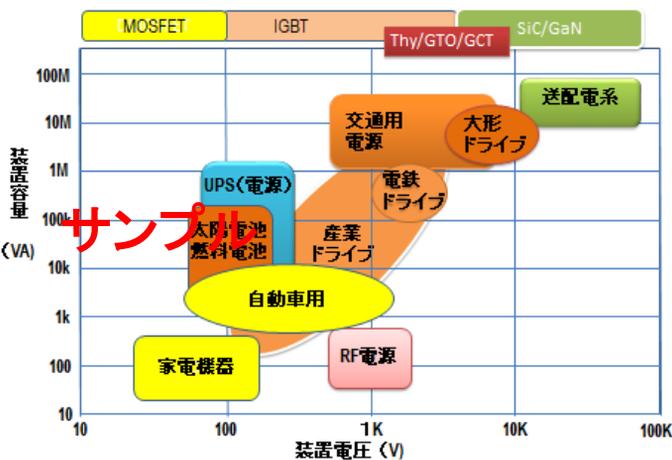
半導体産業人協会 会員  
元日立製作所中央研究所主任研究員  
元ルネサステクノロジー主管技師  
工学博士 吉田 功

1. はじめに
2. パワーデバイスの市場
3. パワーデバイスの種類と基本動作
4. パワーデバイスの応用回路
5. 製造プロセス
6. パワーMOSFETの技術動向
7. IGBTの技術動向
8. 新材料デバイスの技術動向
9. まとめ



日立中央研究所の庭園(油彩画)

## パワーデバイスの応用(装置容量-装置電圧)



## パワーMOSFET の進化

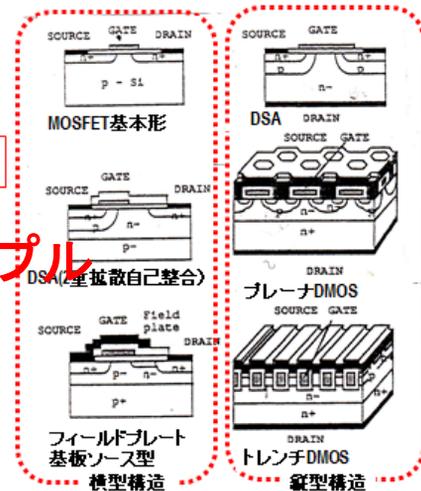
~1970  $L_g = 8 \mu m$

1980  $L_g = 3 \mu m$

1990  $L_g = 1.3 \mu m$

2000  $L_g = 0.8 \mu m$

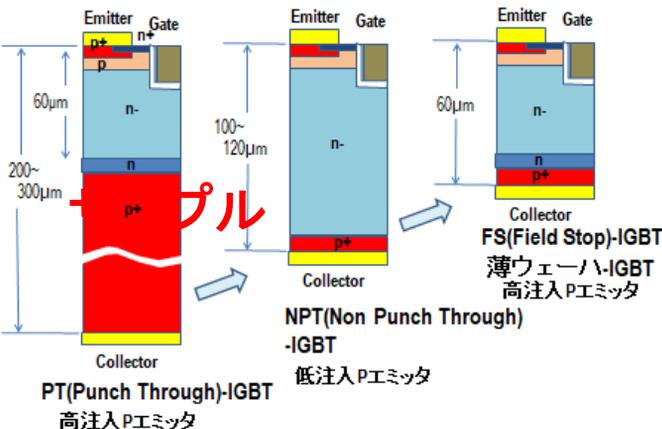
2005  $L_g = 0.2 \mu m$



サンプル

微細化 (耐圧維持)

## IGBT構造の進化



## 新材料(SiC,GaN)デバイスの現状

- ◎ SiCデバイスはショットキーバリアダイオードから実用化がスタートし、車両インバータなどに市場が広がっている。
- SiCMOSFETも小田急インバータ関連の実用化が始まっている。3.3kV, 1500A(三菱)
- △ SiCデバイスの課題は SiC基板ウェーハが高価/信頼性(MOS構造)が低い。
- GaNデバイスは高いキャリア移動度の2次元電子ガスを使うので高耐圧で低オン抵抗特性を有する。1.7kV, 1mΩcm<sup>2</sup>(パナソニック社)
- △ GaNデバイスの課題は ノーマリーオフ化、信頼性(電流コラプスの抑制)が低い。

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) サンプル

一般社団法人 半導体産業人協会 理事  
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

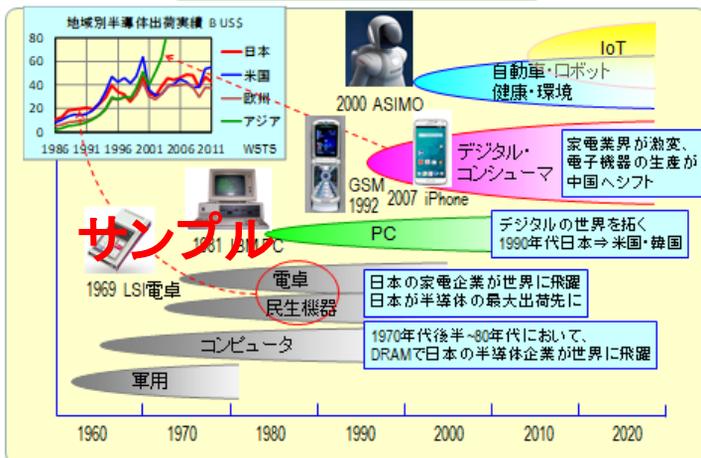
世界半導体市場統計

市山 壽雄

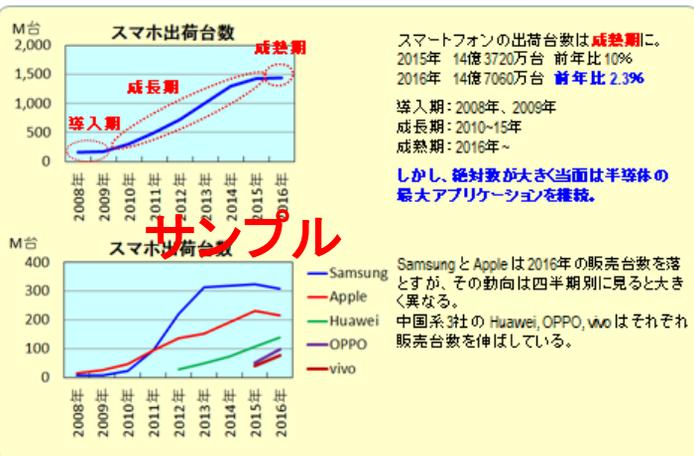
## 目次

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

### アプリケーションの推移 1



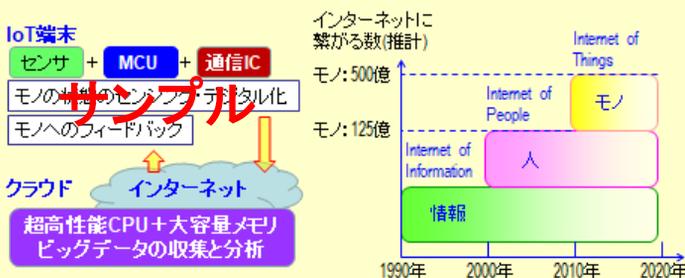
### スマートフォン (年間推移)



### 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)

### 世界の半導体業界動向

#### 2015~16年の主要な業界再編 規模の拡大・寡占化、中国資本の進出

順位	買収企業	液買収企業	発表	金額		備考
				\$B	兆円	
1	Qualcomm	NXP	2016/10	47.0	5.2	スマホの次への展開 自動車の利権
2	Avago 新社名 Broadcom	Broadcom	2015/05	37.0	4.1	通信強化
3	ソフバンク	ARM	2016/07	32.0	3.5	IoT対応: CPU (H/W) から市場把握
4	Western Digital	SanDisk	2015/10	19.0	2.1	記憶装置事業の強化 半導体メモリの取り込み
5	Intel	Altera	2015/06	16.7	1.8	FPGAによるSoC短期開発 マイナソ型の融合⇒非マイナソ型(市販論理)への挑戦
6	Analog Devices	Linear Technology	2016/07	14.8	1.6	TIに続く世界第2位のアナログ企業
7	NXP	Freescale	2015/03	11.8	1.3	自動車強化

中国資本は大企業の買収へ動いたが、米国の規制で実現に大きな支障が発生、その後の動向として中国国内での大規模半導体工場建設設計画が進行中。

# サンプル 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フェロー 牧本 次生

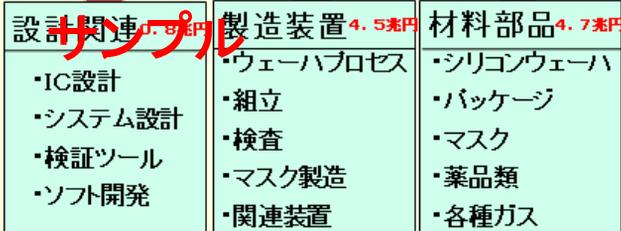
## 目次

- 現代文明を支える基盤
- 半導体産業の動向
- 曲がり角の半導体技術
- ポスト・スマホ時代の展望

## 多岐に渡る半導体関連産業

電子産業 229兆円

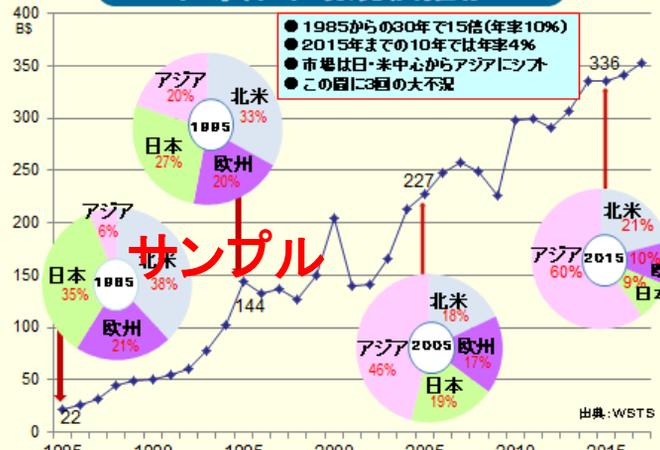
半導体デバイス 41兆円



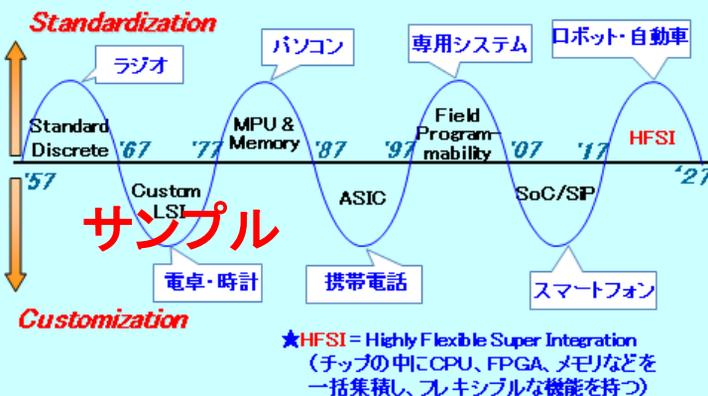
出典: 電子情報技術産業協会、SEMI (20015年ベース)

Dr. T. Makimoto

## 半導体市場規模推移



## 新トレンドはフレキシブルな超集積



## 半導体に携わる人に贈る言葉

- ★半導体はドッグイヤーの世界  
技術もマーケットも日進月歩、日々新たな気持ちで取り組み
- ★半導体の応用分野は多岐にわたる  
自らの専門分野を深掘りするとともに幅広い視野を持つべし
- ★あらゆるビジネスは市場に始まり市場に終わる  
市場と対話し、ニーズを理解し、そのニーズに応えるべし
- ★半導体分野では栄枯盛衰が激しい  
勝って驕りとなさず、負けて法むことなかれ!  
勝者は常に勝者ならず、敗者は常に敗者ならず!
- ★半導体は現代文明のエンジン  
半導体を失って日本の将来はない!

半導体に携わる皆さん、力を合わせてがんばろう!!