

SSIS・半導体アドバンス講座 11年テキスト サンプル

2011年10月6,7日実施

- 半導体物性と各種デバイス、CMOS
前工程プロセス説明 講師：鈴木 俊治
- 太陽電池 講師：坂田 功
- LED 講師：石谷 彰康

サンプル

半導体物性・各種デバイス、
CMOS前工程プロセス

(社)半導体産業人協会
サイエンティフィックプロセスソリューション代表
琉球大学博士研究員
千葉大学講師
元ソニー 中研・厚木超LSI研 課長
工博 鈴木俊治
e-mail:toshiharusuzuki11@gmail.com

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ラングスタの進化
II. CMOS作製プロセス
1. プレーナー技術 2. CMOS作製のプロセスフロー
III. MOS LSI作製要素プロセス
1. リングラフィー 2. 不純物導入 3. エッチング 4. 成膜
5. 平坦化: CMP 6. ウェハー清浄化
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

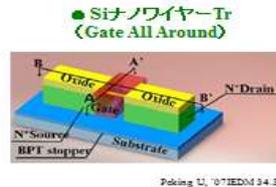
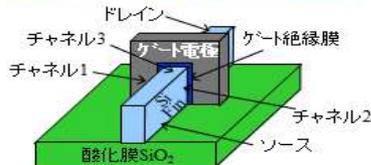
サンプル

- ・半導体材料
- ・エネルギーバンド構造
- ・導電型と不純物

デバイスの3次元化(≦22nm)

- ・デバイスを微細化してゆくに従い、短チャネル効果が厳しくなる。
- ・この問題を解決するためにチャネルの横方向、下面にもゲートを設け、ゲートによる閉まりを良くする構造が検討されている。

- マルチゲートTr
- ・ SiFinの両側面、および、上面をチャネルにする(FinFET)。
- ・ Intelはこの構造を採用することを宣言した。



Peking U, '07IEDM 34-3

サンプル

- ・製法、S/Dの寄生抵抗(低)に課題がある。
- ・電流駆動力確保にはFinFETの並列化が必要となる

リングラフィー技術の変遷

- ・微細化、チップ面積の増大、Wafer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	Design Rule (node)
水銀ランプ g-線	436nm	密着・等倍 Wafer全面露光 等倍投影 Stepper 縮小投影 Stepper	≧ 1.0 μm Waferの大口径対応
水銀ランプ i-線	365nm	↓ ↓	0.35 μm
KrFエキシマレーザー	248nm	↓ ↓	0.25 μm
ArFエキシマレーザー	193nm	縮小反射 Scanner ↓ ↓	広画角対応 0.13 μm
(F2)	(147nm)	↓ (液浸) ↓	
EUV	13.5nm	(実用化されず) 縮小反射 Scanner	≧ 32 nm

大凡のDesign Rule

- ・等倍露光: MaskのDesign Ruleは実寸法。
- ・縮小投影: Maskのパターン寸法は実Design Ruleの4 or 5倍(レティクル)。
- ・Stepper: 1チップ分の描画毎にStep & Repeatを繰り返す。
- ・Scanner: 反射光学系を用い、Mask、基板をScanしながら露光する。(レンズの収差軽減、Chipの大面积化対応)
- ・EUV: Extreme Ultra Violet (極紫外光)

サンプル

ゲートスタック Metalゲート/High-K構造

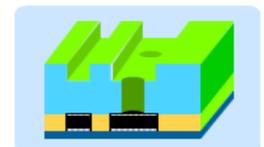
- ・ゲート絶縁膜の超薄膜化に伴うリーク電流の増大、およびゲート電極の空乏化への対策としてMetalゲート/High-K絶縁膜構造が必要になってきた。
- ・ゲート金属にはTiN, Ta系、絶縁膜にはHfO₂等のHf系が主流となってきている。
- ・Metal/high-Kゲートスタックでは、プロセス容易性、コスト、V_{th}(仕事関数)制御などの課題があり、様々な方式が取られている。
ゲートファースト or ゲートラスト
デュアル成長 or デュアル成長 or キャップレイヤー



SSIS 半導体アドバンス講座 2011

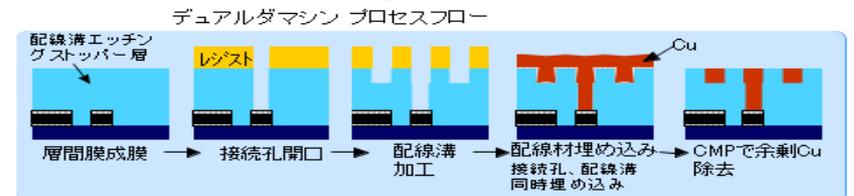
ダマシン (Damascene) 法によるCu配線

- ・Cuはドライエッチング加工が困難である。このため、層間膜に溝を掘り、その中にCuを埋め込み、余剰部分を研磨する、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、これらの中に同時にCuを埋め込んだ後、余剰部分を研磨する方法を「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。



デュアルダマシン構造

サンプル



太陽電池

－ 結晶シリコン太陽電池を中心に －

独立行政法人 産業技術総合研究所
太陽光発電工学研究センター・実用化加速チーム
チーム長
工学博士 坂田 功

Isakata@aist.go.jp

講演概要

1. エネルギー問題と地球温暖化: 再生可能エネルギーの必要性
2. 太陽電池の動作原理
3. 太陽電池の種類
4. 結晶シリコン太陽電池の作成プロセス、構造、高効率化
5. 太陽電池・太陽光発電の歴史、現状、課題、将来
6. まとめと参考書

表2 各種の太陽電池の光電エネルギー変換効率^①

	研究レベル (小面積)	実用レベル (モジュール)
単結晶シリコン	24.7%	22.7%
多結晶シリコン	20.3%	15.3%
薄膜シリコン系	10.1% ^(18,21)	11.7% ^(18,21)
a-Siと単結晶シリコン を組み合わせた太陽 電池	21.8%	17%
化合物薄膜 (CIS系)	18.8%	13.4%
Ⅲ-V族化合物半導体 太陽電池	39.3% ^(18,21)	

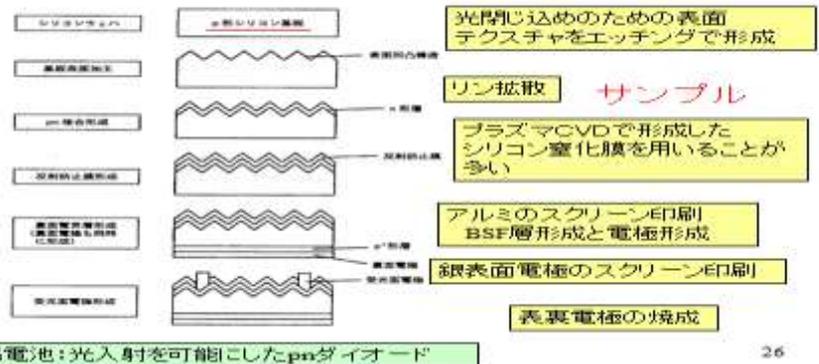
(注1) 薄膜シリコン単体からなる太陽電池 (シングルセル)。
(注2) a-Siと微結晶シリコンを組み合わせた積層型太陽電池の小型モジュール。
(注3) Ⅲ-V族化合物半導体とゲルマニウムを3層積層した太陽電池で、179倍の集光下で測定された値。

サンプル

サンプル

サンプル

結晶シリコン太陽電池の製造工程 セル工程の1例



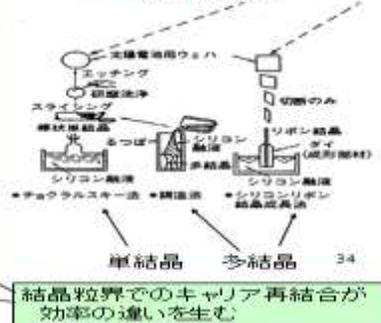
26

単結晶シリコン太陽電池と多結晶シリコン太陽電池

動作原理、構造、製造工程はほとんど同じ

違い:	高品質	低価格
	単結晶	多結晶
成長方法	引き上げ	鋳造あるいは リボン
結晶粒界	なし	あり
均質性	良好	問題あり (同一基板内でも)
セル効率	24.7%	20.3%
モジュール効率	22.7%	15.3%

サンプル
結晶成長法



34

太陽電池・太陽光発電の現状

サンプル

産業規模:

- ・半導体 2008年4月 月産200億米ドル → 月産2兆円程度
(日経マイクロデバイス 2008年7月号 p.144)
- ・太陽電池: 半導体の数分の1
年産10GW以上 (2009年、全世界) → 500円/W として年産5兆円程度

産業育成:

国が先導 ← 長い間、PVコストは政府調達価格であった
価格を市場が決めるようになったのは1990年代半ば以降
現在でも、国の方針・施策で市場の動向が左右されている (日本、EU)
自立した産業・市場にはなっていない (エネルギー技術の宿命か?)

太陽電池生産量推移: 国際競争

- ・2006年までは日本がトップ
- ・2007以降はEU (特にドイツ) と中国・台湾の生産量が急増
- ・2009年では、中国・台湾が生産量のトップ
- ・結晶シリコン太陽電池の生産量は80%以上を維持
- ・低価格のCdTe太陽電池の生産量もこの数年で急増し年産1GWを超えている

21

サンプル

LED

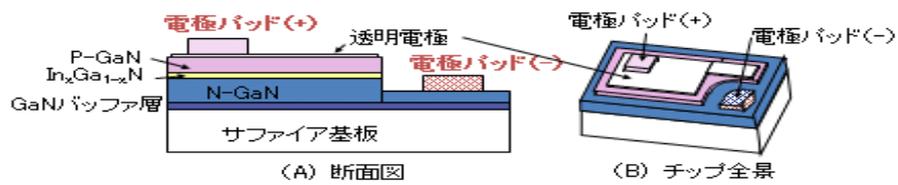
一般社団法人 半導体産業人協会
 サクセスインターナショナル(株)技術顧問
 元・ソニー(株)半導体事業部門設計部長
 石谷彰彦
 e-mail: Ishita243@aol.com

目次 サンプル

	ページ
1 LEDの歴史	3
2 P型・N型半導体とダイオード	4
3 LED発光の原理	11
4 LEDの種類と基本特性	13
5 青色・白色LED	22
6 LEDの基本製造工程	34
7 LEDの応用市場について	43
8 特性改善	56
9 LEDの信頼性	59
10 まとめ	63
11 LEDの参考書	64
12 補足	65

青色InGaN LEDの基本構造

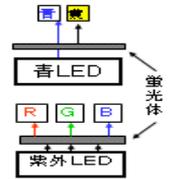
一般に青色InGaN LEDはサファイア基板の上にGaN結晶を成長させて形成される。サファイアは絶縁物なので、N側の電極も上面から取り出される。GaN結晶基板上にLEDを作ると、高品質の結晶が得られているが、GaN結晶基板は未だ極めて高い。



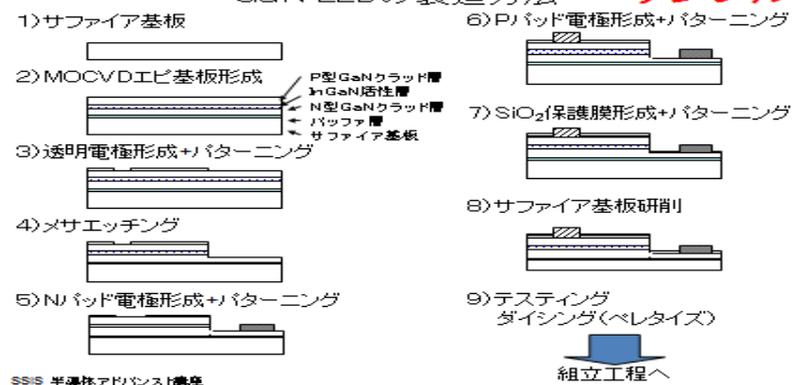
一般的なInGaN青色LEDのチップ構造

- 白色LED サンプル
- 青～紫外LEDが実現され、このチップを用いて、1チップ白色LEDが実用化出来た。
 - LEDチップ自体は狭い波長の発光しかしないが、蛍光体を用いて、波長変換し、白色光を出す事が出来る。
 - 携帯電話、デジカメのLCDパネル・液晶TVのバックライトに導入が進んでいる。
 - 白熱電球・蛍光灯を置き換える一般照明用への導入が始まっている。
 - 蛍光灯の発光効率を超える白色LEDが実現されている。
 - 照明用には、発光効率に加え、演色性も重要で、新しい蛍光体の開発も盛んである。
 - RGBの3チップを1パッケージに内蔵して白色を得る方法もある。

	青色LED + YAG系蛍光体	紫外LED + RGB蛍光体	RGB-LED (3チップ)
発光効率	○	△	○
単価	○	○	△
寿命	◎	◎	◎
一般照明用	○	◎	X



GaN LEDの製造方法 サンプル



10. まとめ サンプル

- 白色LEDは、現在最も注目を浴びている半導体デバイスの1種である。
- ノートパソコンのバックライト用としては急激にCCFLからLEDに置き換わった。
 - 次に液晶モニターのバックライト用が置き換わっている。
 - 液晶TVのバックライト用は置き換えが始まっているが、LEDは使用量が多く、供給問題があり、既に結晶成長炉(MOCVD装置)の取り合い問題が起きている。
 - 照明用は、東芝が白熱電球の生産を廃止した。他メーカーも数年後には生産廃止の予定で、急激に電球型蛍光灯、LED電球に置き換わる。
 - 蛍光灯は水銀を使っているので、近い将来には、LED、有機EL等に置き換わっていくであろう。
 - 今後更にLEDの低コスト化、効率改善が進んでいく。
 - LED照明に関しては、機器の規格化、使い方の追求も重要である。

* CCFL=Cold Cathode Fluorescent Lamp(冷陰極蛍光灯)