

集積デバイス工学(4)

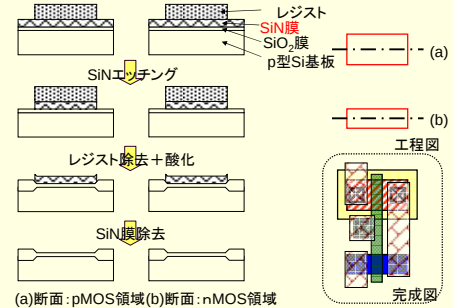
CMOS LSIの製造フロー
LSIの構成要素(抵抗と容量)

VLSIセンター 藤野 毅

1

ウエハプロセス工程(1)素子分離

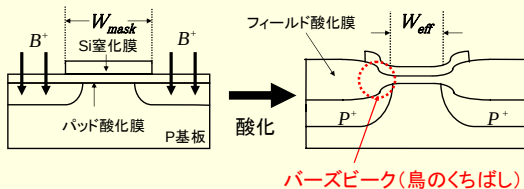
- トランジスタ同士を電氣的に分離するために、ウエハ前面に部分的に厚い酸化膜を形成することが必要
- 酸化しない領域を窒化膜(SiN)で保護し、高温で酸化する



2

LOCOS分離

- **LOCOS** (Local Oxidation of Silicon) 法
1970年代に開発された素子分離手法で局所酸化法と呼ばれる。
- 0.25~0.18 μm 以下の世代では**パズピーク**による損失や、平坦化の問題により、**トレンチ分離**技術が使用されるようになった。



3

トレンチ分離

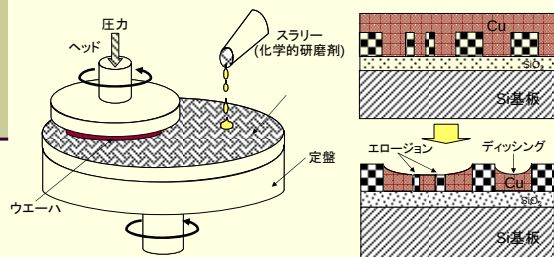
- (1) **トレンチ(浅溝)**をエッチングにより形成
 - (2) シリコン酸化膜埋め込み
 - (3) **CMP**により、不要なシリコン酸化膜を除去して平坦化
- STI(Shallow Trench Isolation) 構造のフロー
-
- CMP平準化 (Si₃N₄をストップパとして埋め込み部の平坦化)

4

CMP (Chemical Mechanical Polishing)

再掲

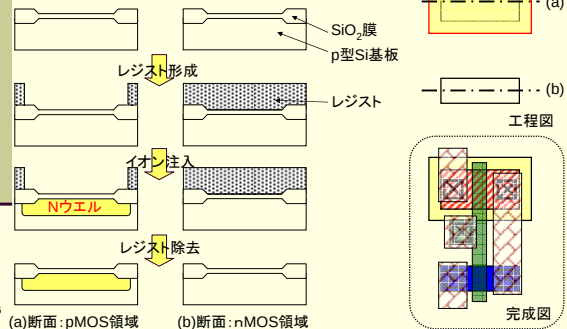
- スラリと呼ばれる化学的研磨剤を併用して、機械的研磨技術によりウエハを平坦化する
- 素子分離工程における**トレンチ分離**や、メタル配線の**平坦化**には必須の技術
- パターンの密度・形状によって、**ディッシング**や**エロージョン**が発生するので、レイアウトには工夫が必要である。



5

ウエハプロセス工程(2) N-ウェル形成

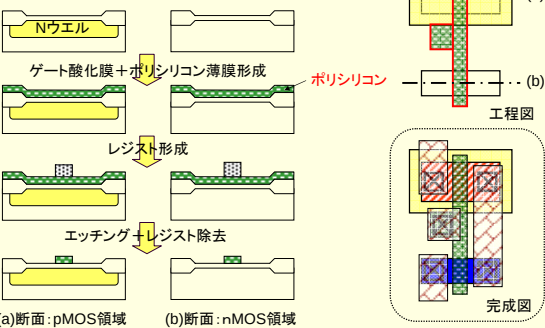
- CMOSプロセスにおいてはN型とP型の2種類の基板が必要
- 通常P型基板にN型領域(**N-ウェル**)を作成する
- N-ウェル上に**P型MOSFET**が作成される



6

ウェハプロセス工程(3) ゲート形成

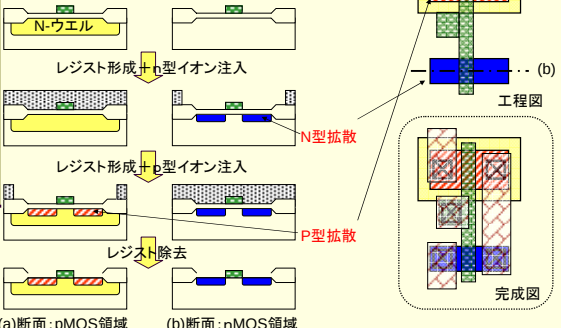
- トランジスタのゲート電極材料となるポリシリコンを全面に作成
- レジスト形成とエッチングにより加工する



7 (a)断面:pMOS領域 (b)断面:nMOS領域

ウェハプロセス工程(4) 拡散領域形成

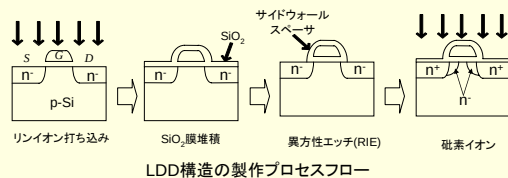
- トランジスタのソース&ドレイン電極材領域形成のためイオン注入
 - P型基板上にN型拡散⇒NMOSTランジスタ
 - N-ウェル上にP型拡散⇒PMOSTランジスタ



8 (a)断面:pMOS領域 (b)断面:nMOS領域

LDD構造

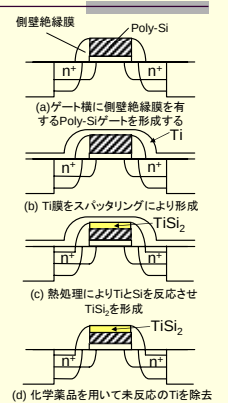
- ホットキャリア劣化
 - ソースからドレインに走行する電子がドレイン近傍の高い電界によって高いエネルギーをもつ電子・正孔がホットキャリア
 - チャンネル長が1 μm 以下のトランジスタで顕著に発生
 - このホットキャリアの一部がゲート酸化膜に注入されたりするとゲート酸化膜にダメージを与える
- 上記ホットキャリアの発生を抑制するために、ドレイン近傍の電界を緩和するための薄い拡散層を形成する。これをLDD (Lightly doped drain)構造のトランジスタと呼ぶ。



9

サリサイドゲート技術

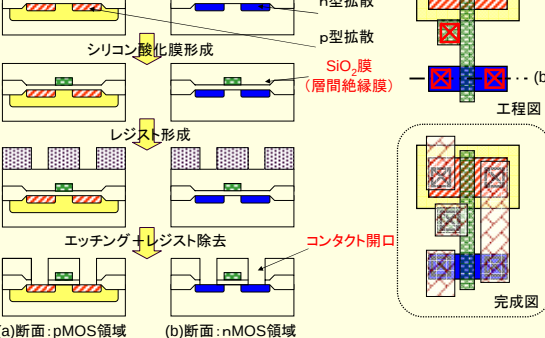
- シリサイド:シリコンと金属の化合物で、ポリシリコンより抵抗率が小さい
WSi, TiSi, CoSi, NiSiなど
- サリサイド:トランジスタのゲート、ソース、ドレイン領域に自己整合的にシリサイドを形成する
⇒Self Aligned Silicide
- ゲート抵抗を低くするだけでなく、ソースドレイン部への配線抵抗およびコンタクト抵抗も低減できる



10

ウェハプロセス工程(5) コンタクト形成

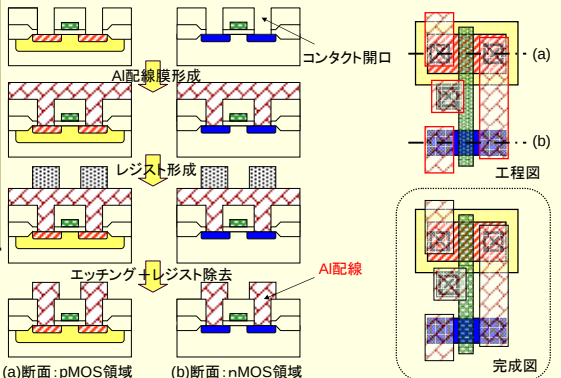
- ウエハの全面に層間絶縁膜となるSiO2を形成
- ソース・ドレイン・ゲート電極用の開口(コンタクト)を形成



11 (a)断面:pMOS領域 (b)断面:nMOS領域

ウェハプロセス工程(6) Al配線形成

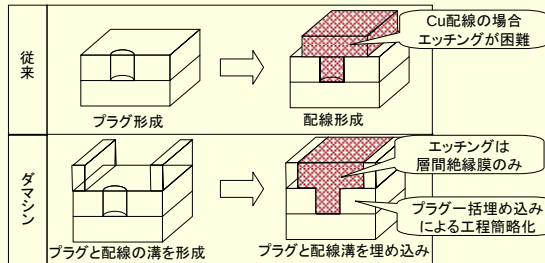
- ウエハの全面に配線材料となるAlを形成し転写エッチングで配線加工



12 (a)断面:pMOS領域 (b)断面:nMOS領域

銅配線技術とダマシン法

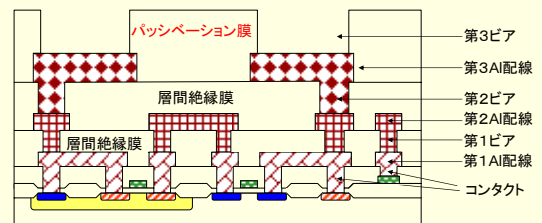
- 銅配線の抵抗率はAl配線の約 $1/2$
- 銅はエッチングが非常に難しい
- 下記のダマシン法を使用することにより実用化



13

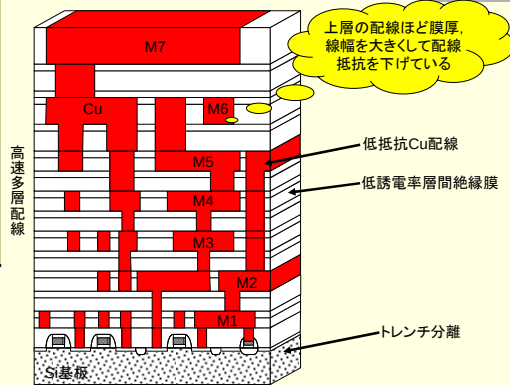
多層配線の断面構造

- 上層配線ほど配線の厚さ、ビアの径ともに大きくなる。
- 最上層絶縁膜は SiO_2 と SiN の2層膜で、外界の水分や金属イオンから内部を保護するための機能をもち、バッシベーション膜と呼ばれている



14

ウエハプロセス完了後の構造



15