ミニマルファブを用いた２層 Al 配線プロセスの開発（２）

Development of 2- Layer Al Wiring process by Minimal Fab (2)

ミニマルファブ推進機構[1],産総研[2]
○古賀 和博[1], 加瀬 雅[2],佐藤 和重[1], クンプアン ソマワン[1,2], 原 史朗[1,2]

MINIMAL [1], and AIST [2]
°Kazuhiro Koga[1], Masashi Kase[2], kazushige.Sato[1], Sommawan Khumpuang[1, 2], and Shiro Hara[1, 2]
E-mail: kazuhiro.koga@minimalfab.com

【背景】我々は局所クリーン化技術でクリーンルームを不要とし、規格化した超小型の製造装置とウェーハで、１枚ずつ製造する超小型デバイス製造システム・ミニマルファブの開発を行っている[1]。現在、主要前工程装置は実用商品として既に販売している。但し、デバイス試作で必要な不純物拡散は、開発中のイオン注入に替えて、液体ドーパントを用いた熱拡散法を採用している。

現在、熱拡散法を用いた TiN ゲート SOI CMOS を基本デバイスとして、種々のデバイスに展開していくフェーズにシフトしており、集積回路（JAXA, 1000 トランジスタ規模）やオペアンプの試作にも成功している。今後、集積化や複雑な回路構成に対応する為には多層配線化が必須となる。

前回（19 秋季講演会）は 1～4μm□サイズのビアを有した 2 層Al配線プロセスを検討し、①コンタクト抵抗とビア加工法（CF_4/ArとSF_6/Arガスを用いたドライエッチング）の違いと②2 層目Alスパッタ成膜前のArプラズマ処理によるビアのコンタクト抵抗低減効果について報告した [2]。

今回は、更に、微細な 0.5μm□サイズビアの 2 層Al配線プロセスを検討したので報告する。

【実験方法】図 1 に試作評価した 2 層 Al 配線プロセスフローを示す。先ず、熱酸化膜上に Al スパッタ装置にて Al(1)層目を成膜しパターンを形成する。その後、層間絶縁膜としてプラズマ TEOS 膜（以下、P-TEOS と略す）を成膜する。次にビアのホトリソ工程を終えた後、ミニマルマイクロプラズマエッチング装置にてビアを加工する。ビア加工では下記の２つの方法を検討した。

① SF_6/Arドライエッチングのみ

② DHFウエットエッチング＋SF_6/Arドライエッチング

SF_6/Arドライエッチングはマイクロプラズマ出力 20W、ウエーハ側のバイアス出力 10W(13.56MHz)とした。②の方法は最初にDHFウエットエッチングにてP-TEOS膜を途中までエッチングし、その後はSF_6/Arドライエッチングにて加工する。次にAl(1)表面の酸化物除去の為、同エッチング装置にてArプラズマ処理を行った後、Al(2)層目を成膜した。Al(2)層目のパターンを形成し、最後に、レーザ加熱炉装置にてH_2アニールを行った。Al(1)層とAl(2)層間のビア(コンタクト)抵抗は図２に示すビアチェーンTEG(ビア径 0.5～4μm□, 210 個直列接続)にて測定した。

- 熱酸化(100nm厚)
- Al(1)ｽﾊﾟｯﾀ成膜
- Al(1)ﾊﾟﾀｰﾝ形成(Wetｴｯﾁﾝｸﾞ)
- 層間絶縁膜(ﾌﾟﾗｽﾞﾏTEOS膜)
- ﾋﾞｱ形成
  - ① SF_6/Ar Dry Etch
  - ② DHF Wet Etch +SF_6/Ar Dry Etch
- Al(2)ｽﾊﾟｯﾀ前処理(Arﾌﾟﾗｽﾞﾏ処理)
- Al(2)ｽﾊﾟｯﾀ成膜
- Al(2)ﾊﾟﾀｰﾝ形成(Wet Etch)
- H_2ｱﾆｰﾙ

図１　Al 2層配線ﾌﾟﾛｾｽﾌﾛｰ

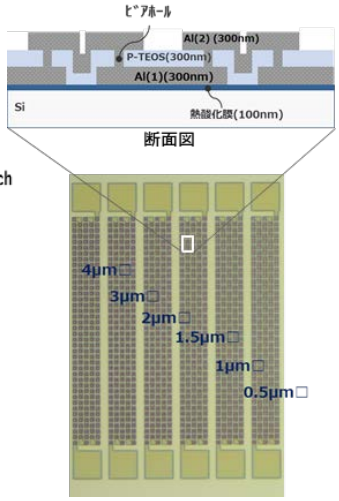

図２　ﾋﾞｱﾁｪｰﾝ抵抗評価TEG(平面外観と断面構造、ﾋﾞｱ数:210個/各)

【結果および考察】図 3 は上記 2 つの方法でビア加工したビアチェーン抵抗の結果を示す。①のSF_6/Arドライエッチングのみよりも②のDHFウエットエッチングを最初に追加した方がビアチェーン抵抗は低い。また、ビアサイズが 0.5μmにおいては②の方法のみ導通が得られた。

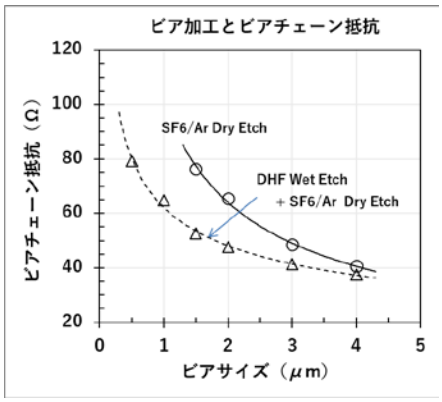

図3　ビア加工法の違いとビアチェーン抵抗

図４はSF_6/Arドライエッチングのみにて加工したビアの断面を示しているがビア側壁はテーパー状である。テーパー状のビア側壁ではAl(2)成膜前のArプラズマ処理時に、Arイオンによるアタックを受けP-TEOS膜の叩き出しとビア底への付着が考えられる（図 6(a)）。

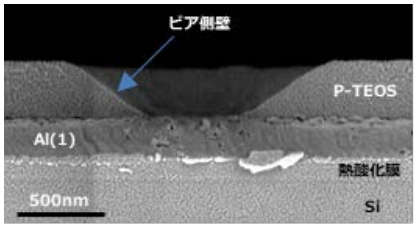

図4　SF_6/Arﾄﾞﾗｲｴｯﾁﾝｸﾞによる0.5μmﾋﾞｱの断面

図５は②の方法によるビア加工形状を推定したものであるが、DHF ウエットエッチング追加により、ビア底に近い側壁が垂直になっていると考えられる。図 6(b)に示すように、垂直状のビア側壁では Ar イオンのアタックを受け難くビア底への堆積が減少し、0.5μm ビアでも導通が得られたものと推定している。詳細については当日の報告で述べる。

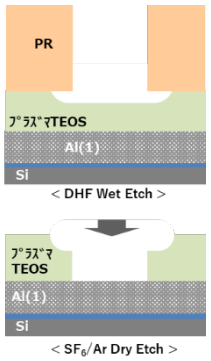

図5　DHFウエットエッチング＋SF_6/Arドライエッチングによるビア加工断面（推定）

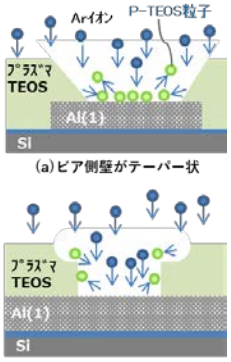

図6　ビア側壁形状の違いとArプラズマ処理

【参考文献】

[1]原　史朗、ｸﾝﾌﾟｱﾝ ｿﾏﾜﾝ：「ﾐﾆﾏﾙﾌｧﾌﾞの開発とそのﾃﾞﾊﾞｲｽﾌﾟﾛｾｽ」, 応用物理学会誌83(5), p. 380(2014).
[2] 古賀他：「ﾐﾆﾏﾙﾌｧﾌﾞを用いた2層Al配線プロセスの開発」，第80回応用物理学会秋季学術講演会19p-E304-9(2019).