

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
シーズ育成タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: 低消費電力三次元実装デバイスを実現する超高速めっき技術と高精度テーパエッチング装置の開発
プロジェクトリーダー 所属機関	: 株式会社アルバック
研究責任者	: 近藤 和夫 (大阪府立大学)

1. 研究開発の目的

TSV 普及への最大の課題はその「製造コスト高」であり、とりわけ Cu めっき工程の低速度性である。本研究開発の目的は、「微細テーパ形状 TSV」を実現し、めっき速度の飛躍的な向上を実現することにより、TSV コスト課題を解決することである。独自の連続 Si 深堀エッチング法によるエッチング側壁の角度制御技術と高速めっき技術に加え、成膜、アッシングなどの関連装置およびプロセスをインテグレーション提供できる技術の開発を目的とする。

2. 研究開発の概要

TSV の高速めっき埋め込みを実現するため、微細テーパビアを形成するドライエッチング技術と高速めっき技術を開発した。ドライエッチング法は、エッチングと側壁保護を同時に行う、独自の連続エッチング方式を採用した。本エッチング法により、TSV 側壁の角度を垂直からテーパまで制御することが可能となった。高速めっき技術としては、微細ビアの埋め込みに最適化しためっき添加剤の開発と、Cu-TSV の熱処理後のポンピング、破壊を防止する低膨張 Cu めっき技術を開発した。従来方式の TSV ($\phi 5\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 、垂直形状) では、約 30 分のめっき時間に対し、今回開発された微細テーパ TSV ($\phi 2\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 、テーパ形状) では、約 30 秒のめっき時間に短縮された。これらの技術により TSV 埋め込み時間とコストの大幅な削減が見込まれる。

①成果

研究開発目標	達成度
① 30 秒での高速めっき	① 小口径ウェーハにおける $\phi 2\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 超微細テーパビアの形成および 30 秒高速めっきを達成した。高速めっきの実現に重要なビア内部のめっき液攪拌を促進するため、ビア形状の違いによる剥離渦の発生深さシミュレーションを行った。従来の円柱形状ビアの場合、アスペクト比 5 以下では、ビア深さの 80%以上まで剥離渦が発生するのに対し、アスペクト比 10 では、60%前後まで低下した。ビア形状を円柱から、テーパ形状にすることによって、70~80%に改善する結果となった。シミュレーションにより、高速めっきを実現するビア形状の予測が可能となった。(達成度 100%)

<p>② ビア底での一価銅の堆積</p> <p>③ めっき添加剤レベラの開発</p> <p>④ 非ボッシュ法での鋭テーパ角化技術の構築</p> <p>⑤ 300mm 非ボッシュエッチング装置技術の開発</p> <p>⑥ 低膨張 Cu の開発</p>	<p>② Butler-Volmer 式のパラメータ決定、Langmuir 式のパラメータ決定、反応定数パラメータの決定、一価銅濃度のシミュレーションを行った。(達成度 100%)</p> <p>③ レベラ NM の特性把握。回転円板電極の 1000 回転と 10 回転との CVS 差と TSV 断面との差より、レベラ NM が穴埋めに有効であると選定した。また供給体制も確立。(達成度 100%)</p> <p>④ 超微細ビアの均一加工に必要な高密度均一プラズマ生成のため、高密度プラズマ生成ユニット、プロセスガス導入位置最適化、区分け温度制御基板ステージの開発を行った。これら技術によって、テーパ形状エッチングにおいて、深さ分布±3%以下を実現した。(達成度 100%)</p> <p>⑤ 生産レベルに適応可能な小型搬送モジュールを開発。新規開発のプラズマ生成ユニットを搭載した、新規 300mm エッチング装置が完成した。プラズマモニタリングシステムの開発によりプラズマ分布の面内制御が可能となった。本技術により、テーパ形状エッチングにおいて、深さ分布±3%以下が実現した。φ2um×20um ビアの形成後、バリアシード層の成膜において、従来技術であるスパッタリング法では、被覆率が不足したため、無電解めっき法で成膜した。無電解めっき法による大口径ウェーハへの成膜技術課題のため、無電解めっきおよび Cu 電解めっきは、割断サンプルにて検証した。微細高アスペクトビアのポイドフリー高速 Cu 埋め込みが確認できたが、大口径ウェーハにおけるバリアシード層形成技術において、開発課題が残る。(達成度 80%)</p> <p>⑥ 低 TEC 法と従来法との TEC 比較データを取得した。TSV 埋め込み後、熱処理を行い、比較観察した。低 TEC 法では、低ポンピングとなった。(達成度 100%)</p>
--	--

②今後の展開

TSV コストの大幅な削減の可能性をもったテーパビアの超高速めっき技術とテーパ角制御可能な新たなエッチング技術および装置をインテグレーション提供していく予定である。本プロジェクトによって開発されたエッチング法は、連続的にエッチングを行い、スキヤロップの無い平滑なエッチングを可能とする。完成した

300mm ウェーハ用デモ機にて、TSVをはじめとした Si 深掘りエッチングの評価を順次開始予定である。

3. 総合所見

目標の一部が達成できず、実用化に向けては課題が残る。今後の取り組み次第ではイノベーション創出の可能性はある。

シリコンウエーハに非ボッシュ法でテーパ形状のヴィアホールを形成し、電気化学的なメカニズム解析にもとづいて確定された組成の Cu めっき液を用いることで、30 秒の高速埋め込みを達成できたことは評価できる。一方、300mm 対応の超高速めっきプロセスについては実証されるに至らなかった。

TSV の生産性を向上させる製造技術であり、今後拡大が予想される TSV を使ったデバイスへの適用を期待したい。