

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
FS ステージ シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: 高速めっき充填技術を用いた次世代三次元実装デバイスの開発
プロジェクトリーダー	: 新明和工業(株)
所属機関	: 新明和工業(株)
研究責任者	: 近藤和夫(大阪府立大学)

1. 研究開発の目的

3次元実装の開発の中で、Si貫通電極 TSV の形成時間に関して、Cu 充填の高速化がブレークスルーできていない。そこで、研究責任者が ASET(超先端電子技術開発機構)での共同研究で開口径 $10\mu\text{m}$ 、深さ $70\mu\text{m}$ 、アスペクト比(深さ÷開口径)7 の TSV を用いて、世界で初めてめっき充填時間を約 1/10(12 時間を 1 時間にまで短縮)へ短縮した、めっきの高速充填技術を開発した。

本研究は、TSV 作製コストの 40%を占めるめっき工程を短縮する目的で、ASET の研究以降さらに高速化した大学の高速充填技術と企業のシート状にしたプラズマでスパッタ粒子をイオン化するという従来のスパッタ技術にない機能を持つ、被覆性能の優れたシートプラズマ方式による Cu シード膜(電解めっき用電極)の成膜技術を組み合わせることで、これまでにない高アスペクト比の TSV(開口径 $5\mu\text{m}$ 、深さ $100\mu\text{m}$ 、アスペクト比 20)の Cu 充填の高速埋め込み技術を実現することを目的としている。

2. 研究開発の概要

①成果

【目標】

高アスペクト TSV 電極形成技術(シード成膜+Cu 電解めっき充填)の目標は、Cu 充填の高速埋め込み技術を実現することである。先行技術の ASET の報告によれば、TSV サイズが $\phi 20\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 、アスペクト比 2.5 の ASET のめっき充填時間は 40 分である。一方、同 TSV サイズの大学のめっき充填時間は、20 分であり先行技術よりも優位性を示している。

そこで本研究では、ASET よりも先に ITRS2010(International Technology Roadmap for Semiconductors)の TSV ロードマップによる次世代 TSV と次々世代 TSV の 2 種類の TSV に関して研究した。

1)アスペクト比 10 の TSV(開口径 $5\mu\text{m}$ 、深さ $50\mu\text{m}$)に対し、Cu 充填時間を現状の 120 分から目標の 20 分へ短縮する。この目標値は、世界最高水準であり先導的な値である。

2)高アスペクト比 20 の TSV(開口径 $5\mu\text{m}$ 、深さ $100\mu\text{m}$)に対し、Cu 充填時間を現状の 600 分から目標の世界最短の 100 分へ短縮する。この目標値は、世界最高水準であり先導的な値である。

1)、2)において、企業は、めっきに最適な高アスペクト比対応のシード膜を大学に提供することが必要不可欠である。

【実施内容】

1)アスペクト比 10 の TSV(開口径: $\phi 5\mu\text{m}$ 、深さ: $50\mu\text{m}$)

企業のシード成膜に関し、成膜パラメータである基板バイアス値を制御し、高アスペクト比の TSV ホール底部のシード膜の被覆性を向上させ、めっきに適したシード膜の成膜技術を開発した。大学のめっき充填時間に関し、めっき埋め込みパラメータである PR パルス電解の逆電解時に生成する一価銅の挙動を解析した。この結果から、逆電解電流量を従来よりも大きくすることで、めっき充填時間を大幅に短縮した。

2)高アスペクト比 20 の TSV(開口径: $\phi 5 \mu\text{m}$ 、深さ: $100 \mu\text{m}$)

考案した新規プロセスで、めっきに最適な企業の成膜装置による成膜技術と大学の大電流密度化によるめっき充填技術を組み合わせ、めっき充填時間を大幅に短縮した。

【達成度】

1)アスペクト比 10 の TSV(開口径: $\phi 5 \mu\text{m}$ 、深さ: $50 \mu\text{m}$)

めっき充填時間(目標:20 分)は、120 分から 60%減の 50 分となり充填時間を大幅に短縮した。目標値には及ばなかったが、開口径 $5 \mu\text{m}$ 深さ $50 \mu\text{m}$ (アスペクト比 10)の充填時間 50 分は世界最先端である。(達成度:60%)。

2)アスペクト比 20 の TSV(開口径: $\phi 5 \mu\text{m}$ 、深さ: $100 \mu\text{m}$)

めっき充填時間(目標:100 分)は、600 分から 60%減の 240 分となり充填時間を大幅に短縮した。目標値には及ばなかったが、開口径 $5 \mu\text{m}$ 深さ $100 \mu\text{m}$ (アスペクト比 20)の充填時間 240 分は世界最先端である。(達成度:60%)

②今後の展開

○企業

大学と連携し、次世代の高アスペクト比対応の成膜技術や、新規プロセスによる次々世代のアスペクト比 20 への電極形成技術の形成方法を確立でき技術的に高めることができた。今後もさらなる TSV 電極形成技術の高度化を目指すとともに、JST 殿のご支援を得るなどして、本技術を用いた量産装置開発を行い、実用化を確実なものにしたい。しかしながら、複数の日本の関連企業(めっき装置メーカ、成膜装置メーカ、デバイスメーカ)へのヒアリングでは、TSV の配線形成技術の ITRS のロードマップと必要とする現状のアスペクト比に乖離があることや、市場投入にいたるまでの開発期間、開発投資、納入実績から、当社単独で新規に半導体産業へ参入するには高い障壁があるということもわかった。そのため、半導体製造技術を手掛けているメーカ等との協業または技術移管を中心に進める。今回、顕在化した成果については、本報告のみならず、学会、新聞等の媒体で PR し、連携企業を模索したうえで、技術移管を含めた展開により本技術の実用化に繋げる。

○大学

今回の産学連携は大変貴重であった。一価銅の促進効果の実証や新規プロセスを用いた高速めっき技術の創出に繋げることができた。今後も企業と連携し、学会、新聞等の媒体で PR し、企業の連携先の模索を支援する。あるいは、JST 殿のご支援を得るなどして、企業の技術を大学に移管したい。今後も、引き続き一価銅の促進効果の実証、一価銅の濃度分布の数値解析などを進め、TSV の Cu めっき充填時間の短縮に関する研究を継続し達成度 100%を目指すことで実用化を確実なものにする。

3. 総合所見

一定の成果が得られており、イノベーション創出が期待される。

真摯にデータ取得に勤め、Cu メッキ法でも Cu シード層用スパッタ法においても、一定の技術進展が見られ、高スループット化目標の60%程度を達成した。企業と大学のそれぞれの特徴のある保有技術の連携により、世界トップレベルの成果を生み出した点は評価できる。経験の深い企業に技術を移管するのは一つの選択肢である。