

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	: 金属触媒を用いたウエットプロセスによるシリコン基板への超高アスペクト比穴あけ技術
プロジェクトリーダー	: 株式会社ザイキューブ
所属機関	: 株式会社ザイキューブ
研究責任者	: 松村道雄(大阪大学 太陽エネルギー化学研究センター)

1. 研究開発の目的

大阪大学において発見された金属触媒を用いたウエットエッチングを応用して、チップ積層三次元半導体実装のための貫通孔形成技術に革命的進展をもたらすことを目指す。本事業の主な課題は、高いアスペクト比を維持しつつ、形成できる孔径の範囲を、これまでの $0.05\sim 2\mu\text{m}$ から $10\mu\text{m}$ 以上にまで拡大すること、および、孔形成速度を $0.3\mu\text{m}/\text{分}$ 程度から $3\mu\text{m}/\text{分}$ に高速化することである。その成果は、チップ積層三次元半導体実装だけにとどまらず、孔形成に関する画期的技術に発展する可能性を有している。

2. 研究開発の概要

金属触媒エッチング反応は金属の触媒作用により金属と接触した部位のシリコンが溶解することにより進行する。そのためある孔径の穴あけのためには、そのサイズの触媒を用い、かつ、金属/シリコン界面の液交換を行わせる必要がある。この液交換は触媒サイズの増大とともに困難になる。チップ積層三次元半導体実装の要求は、積層した半導体チップに導線を貫通させるための孔として、 $10\mu\text{m}$ 以上の孔径が求められていることから、当初計画の $2\sim 10\mu\text{m}$ の孔径に変えて、より貫通が困難な $30\mu\text{m}$ と $50\mu\text{m}$ の孔径で検討を行うこととした。

研究開発については、酸化液交換の困難な問題を解決するためにいくつかの方法を試みたが、液交換のための多数の小穴をあけた Au 膜触媒を、縮小投影露光装置を利用したリソグラフィーにより作製する方法が最も適していることを見出した。この方法で作製した触媒により、 $30\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ の孔径の貫通孔をあけること、また、小穴の配置、処理温度等を最適化することにより、 $3\mu\text{m}/\text{分}$ を超える孔形成速度の実現が可能であることを示した。

①成果

研究開発目標	達成度
① 孔径 $0.5\sim 2\mu\text{m}$ の貫通孔形成 アスペクト比: $150\sim 600$	① 孔径が $0.5\mu\text{m}$ 程度であれば、アスペクト比 600 の貫通孔を形成できることを確認した。しかし、孔径の増大とともに、触媒金属の構造に工夫が必要になることが判明した。(達成度: 75%)
② 孔径 $2\sim 10\mu\text{m}$ の貫通孔形成 アスペクト比: $30\sim 150$	② 当面の目標を孔径 $30\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ に変更し、微小穴をたくさん開けた Au 膜を触媒として用いることにより、孔径約 $30\mu\text{m}$ と $50\mu\text{m}$ の貫通孔を得た。それぞれの場合のアスペクト比は 13 と 8 。孔形成速度は、 58°C の処理で $2.8\mu\text{m}/\text{分}$ に達し、

	60 °C以上であれば 3 μm /分の実現が可能であることを示した。(達成度 70%)
③ 8 インチウエハ貫通孔の評価と改善	③ 現有の蒸着装置では 8 インチウエハに均一な膜厚の Au 膜を堆積することができず、膜全体への孔形成は実現できなかった。しかし、良い条件では深さのバラツキの少ない穴あけが可能であることを示した。 (達成度:50%)
④ 8 インチウエハへの貫通孔形成	④ 孔径 0.5 μm □でないと安定したウエットエッチング性能が出ないという事より、8 インチウエハ全体に 0.5 μm □のレジスト形成条件は出来た。但し、レジストが開口していれば良いだけでなく、レジストの形状と金の蒸着膜厚による依存性もあり、8 インチウエハ全体への貫通孔形成は出来ていない。(達成度:60%)
⑤ 8 インチウエハ貫通孔の実用的評価と改善	⑤ 8 インチ内で、部分的に出来る事は、判明したが、それを 8 インチ全面で形成できる様にする為の要因が、正確に把握できていない。レジストの形状の問題か、金蒸着の厚さバラツキか、ここの要因解析し、改善する事で実用化へ通じるものと確信している。(達成度:30%)
⑥ 新規技術によって形成される TSV に関する市場性調査	⑥ ECTC2014 を聴講し、ワールドワイドでの本技術関連を調査、同様の技術発表が2件発表はあったが、基礎レベルのものであった。また、TSV を必要とするユーザーへのヒヤリングでも、TSV の価格が下がればシリコン基板や、半導体デバイスに TSV 加工し、3次元実装を実施したいという事で、本技術でのコストダウンの実現には、大きな期待がある事が解った。(達成度:80%)

②今後の展開

今回の支援制度でシーズの顕在化が出来たと考える。更に、実用化に向けて、進めるため A-STEP 産学共同促進ステージ、ハイリスク挑戦タイプのような支援制度を活用して、8 インチウエハへの $\phi 10\sim 50\mu\text{m}$ の穴加工を安定化させ、シリコンインターポーザー基板の実用化へ展開させる。

具体的には、エッチングが最適に進行するレジスト構造、金蒸着膜厚等の構造解析をし、レジスト及び、金蒸着、ウエットエッチングの最適化をし、ウエットエッチング装置の開発、製作をして、Si-IP(シリコンインターポーザー)基板の試作、量産へと展開する。

3. 総合所見

一定の成果は得られているが、現状では、イノベーション創出の期待が低い。

当初の目標を達成しなかったところについて問題点を精査した上で見通しを得て欲しい。研究開発の中でユニークな新技術も見出されており、他への応用を含め技術の深化が望まれる。