

研究課題名		機能デバイスの高度化技術の研究開発 (M500)		技術課題(ブレイクスルーポイント)と解決法		M520			
		マイクロジョイントの研究(M520)							
研究機関名		株式会社フジクラ		技術課題 (ブレイクスルーポイント)		解決法			
要約		三次元構造システムを構築する際には、ジョイント部で多数の電源線や信号線が上下方向に接続されるのでマイクロジョイント(貫通電極)が必要。		(1)光励起電解研磨法 ①深い反応点へのフレッシュな電解液の供給 ②peripheral効果の除去 ③結晶欠陥からの孔の無成長 ④集合孔と単独孔の境界 ⑤発生ガスの分析による原理追求 (2)熔融金属吸引法(closed方式) ⑥自重による金属の抜け落ち ⑦孔内壁への電気絶縁層形成 (3)貫通電極素子の積層化 ⑧低温での接合技術 ⑨積層時の上下方向の層間配線		①補助エネルギーとして超音波の利用 ②照射光量と波長域の選択 正孔数 $\geq 5 \times 10^{10}$ 個/cm ² ③MCZ基板の選択 表面保護膜の検討— Si ₃ N ₄ /Cr/Au ④裏面マスクによる均一な電流密度の確保およびピッチルールの決定 ⑤Si+6FHH + λ h → H ₂ SiF ₆ +(4.8-1.4 λ)H ₂ +(1.4-0.8 λ)H ⁺ + λ e ⁻ ⑥電解の印加により孔壁に対する金属の接触角を制御 →毛管電解効果 ⑦電解液の変更による陽極酸化 ⑧水硝子接合(第1期) ⑨接合後、熔融金属吸引法により一括充填 →パンプレス層間配線技術			
(1)光励起電解研磨法での貫通孔製作 ■口径4.4 μmの正方形の孔が、深さ480 μmで貫通(アスペクト比=109) ■貫通孔の孔密度=3,500個/mm ²		<p>三次元構造素子でのマイクロジョイント</p>		(2)熔融金属吸引法による貫通孔への金属埋め戻し ■open方式——アスペクト比40以下で有効 ■closed方式——アスペクト比40以上で有効					
(2)熔融金属吸引法による貫通孔への金属埋め戻し ■open方式——アスペクト比40以下で有効 ■closed方式——アスペクト比40以上で有効						(3)貫通電極素子の積層化(5層) ■2.5mm×2.5mm×0.5mmに73個の貫通電極 ■第1期で開発した水硝子接合(80℃)で三次元方向に積層 ■パンプレスで層間配線			
(3)貫通電極素子の積層化(5層) ■2.5mm×2.5mm×0.5mmに73個の貫通電極 ■第1期で開発した水硝子接合(80℃)で三次元方向に積層 ■パンプレスで層間配線									
目的・背景		将来のマイクロマシンを実現するために必要な構成要素であり、マイクロマシン技術としての先進性がある機能デバイスとしてマイクロジョイントの研究開発を行うことが目的。		成果		<p>(1)水硝子接合</p>			
このマイクロジョイントの開発手順と課題は、Si基板へ高アスペクト比・高密度の貫通孔を製作するのに“光励起電解研磨法”を開発し、その後で貫通孔を金属で埋め戻す“熔融金属吸引法”を開発。また、三次元構造化に使用する接合技術は第1期に開発した水硝子接合を想定し、接合温度は300℃		<p>貫通電極のトレンド図</p>		(2)第2期では、デバイス結合用のマイクロジョイントの研究を行った。開発した光励起電解研磨法により製作した貫通孔は口径4.4 μm、深さ480 μm、アスペクト比109、孔密度3,500個/mm ² であり目標を達成。ICP-RIE法など深細孔形成の手法は幾つかあるが数 μmの孔径で100以上の高アスペクト比を実現できるのは唯一この方法のみ。		<p>(2)貫通孔</p>			
以貫通電極はプリント基板やセラミック基板で多く用いられてきたが、そのアスペクト比は10以下。光励起電解研磨法を用いた貫通電極が成功すれば、アスペクト比でも製作精度でも微細加工の寸法でも2桁以上改善の見込み。						(3)孔壁面の絶縁層は高温(1100℃,3hr)と低温(室温,30min)両方でSiO ₂ を形成。一方、貫通孔への金属埋め戻しについては、気圧差を利用する熔融金属吸引法(openとclosed方式)を開発。充填された金属部にはボイドもなく、狭い隙間や凹凸部まで緻密に充填可能。(具体例:金属=In or Sn、孔径=20 μm、孔深さ73mm、最大アスペクト比=3650、最低充填温度=250℃)孔への金属充填は電解メッキ法が一般的であるが、アスペクト比10以上の深細孔では電解液が浸入しにくいため実用でなかった。		<p>(3)金属埋め戻し</p>	
また、光励起電解研磨法で造った貫通孔は孔質がよく高密度であるためICチップ内の光コネクションにも対応でき、そのプロセスはICプロセスに導入可能となっているので、Si基板両面利用のLSIを可能にする等応用範囲の広い独創的な基盤技術。				(4)シリコン基板を水硝子接合により積層(5枚)した後、連通した孔に、熔融金属吸引法を用いて一括で金属を充填。これにより三次元積層素子の上下方向の層間配線をパンプレスで行うことに成功。		<p>(4)三次元構造素子へのパンプレス層間配線</p>			
目標		<ul style="list-style-type: none"> ◆マイクロジョイント(貫通電極)のジョイント部に多数の電源線、信号線を高密度に形成するシリコンの高アスペクト比加工技術の開発 ◆5 μm径で深さ500 μm程度の多数の孔を形成し、その孔に金属を埋め込んだもの ◆この技術の応用先として(株)東芝の撮像モジュール積層ブロックを念頭に置いた数値設定 ⇒ アスペクト比≥ 100、貫通配線密度≥ 20個/mm²、インナコンタクト密度≥ 20 点/面、積層数≥ 3層 		今後の展開		<ul style="list-style-type: none"> ◆シリコンオプティカルベンチ(SiOB)へのマイクロジョイントの応用 ◆ウエハレベル三次元実装への展開 ◆貫通配線によるマイクロパッケージング—半導体デバイス、センサへの実用化 			