

Title	超高真空下における常温凝着接合過程に関する研究
Author(s)	松坂, 壮太
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3161837
DOI	10.11501/3161837
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	まつ 松 坂 壮 太
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 8 9 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 11 年 7 月 26 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科 生産加工工学専攻
学 位 論 文 名	超高真空下における常温凝着接合過程に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 井上 勝敬 (副査) 教授 仲田 周次 教授 大森 明 助教授 高橋 康夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、常温凝着接合における接合強度の時間依存性の原因解明と、接合過程の理解を目的としたものであり、以下の6章から構成されている。

第1章では、緒言として本研究の背景及び研究目的について述べている。

第2章では、接合過程や接合強度に影響を与える要因、機構について予備的考察を行い、最も影響の大きい機構として弾塑性変形機構と拡散機構の2つを挙げている。さらに両機構について詳しく検討し、接合部における応力状態とこれに起因する拡散現象を連成した理論によって接合過程を理解する必要があることを指摘している。

第3章では、Ar イオンビームによる表面清浄化装置を備え、最高到達真空度 1.0×10^{-8} Pa の超高真空接合室を有する常温接合装置の製作と、この装置を用いて Au ワイヤー Au 基板間で、主として接合応力 5 MPa 以下の低荷重で接合実験を行った結果について述べている。この結果に基づいて接合強度の時間依存性を調査し、従来 50 MPa 以上の高応力で行われている常温接合には見られなかった時間経過による接合強度の上昇が、低荷重になるほど顕著に見られることを明らかにしている。

第4章では、第2章で行った予備的考察をもとに、ワイヤー基板間の接合部をモデル化し、接合界面における空孔拡散現象を表現する基礎方程式を導出している。次いで、この方程式を用いた界面拡散による応力緩和過程の数値計算手法について説明し、計算に必要ないくつかのパラメータの適正な決定法について論じ、代表的な接合条件での数値計算結果を示している。

第5章では、第4章で示した接合過程の数値計算結果と対比して実験結果について考察し、接合強度に影響を及ぼす要因について検討している。その結果、接合強度の時間による変化は、界面での残留応力の緩和過程によって適切に説明できること、応力によって強度上昇の程度が異なるのは、応力負荷時の塑性変形領域の割合が異なるためであることなどを明らかにしている。また、このモデルを利用して応力緩和過程に対する諸因子の影響を検討した結果、ワイヤ径の微小化、保持温度の適度な上昇が応力緩和に必要な時間の低減に非常に有効であることを示している。さらに、常温無加圧の条件下で材料同士が完全密着するための条件として、材料表面の凹凸状態がある限度以上に良好

であることが必要で、凹凸状態が応力状態やその緩和過程に大きく影響することを理論的に説明している。

第6章では、以上で得られた知見を総括し、本論文の結論としている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、次世代の電子デバイス実装過程において基盤技術として期待される常温凝着接合に関して、接合強度の時間依存性の原因解明と、接合過程の理解に関する研究成果をまとめたものである。本研究の成果を要約すると以下の通りである。

(1)常温凝着接合において接合・密着過程を担う主な機構として弾塑性変形機構、拡散機構の2つを挙げ、これらの機構が接合現象に与える影響について検討している。その結果、接合界面における応力状態と拡散現象は、両者が相互に作用しながら時間とともに変化することから、接合過程を理解するためには、これらを連成した理論を用いる必要があることを指摘している。また、研究対象である微細低荷重接合においては、凝着エネルギーが接触に及ぼす影響が無視できなくなること、及び、弾性変形が主になるため、接合後の界面に大きな残留応力が発生することを明らかにしている。

(2) Au ワイヤー Au 基板について、主として接合応力 5 MPa 以下の低荷重で接合実験を行い、接合強度の時間依存性を調査している。その結果、従来の 50 MPa 以上の高応力で行われる常温接合には見られなかった接合強度の時間に伴う上昇が、低荷重になるほど顕著になることを見出し、その原因が界面内部での空孔拡散による応力状態の変化によることを示している。

(3)弾塑性変形理論と拡散理論に基づいた接合モデルを提案し、界面における接合過程の数値計算を行った結果、接合強度の時間による変化は、界面での残留応力の緩和過程によって適切に説明できること、及び、接合応力により強度上昇の程度が異なるのは、応力負荷時の塑性変形領域の割合が異なるためであることなどを明らかにしている。

(4)計算結果と実験結果との対応から、本研究で提案した接合モデルによる応力緩和過程の数値計算は接合過程を理解する上で有効な手段となることを明らかにした上で、このモデルを利用して応力緩和過程に対する諸因子の影響を検討している。その結果、ワイヤ径の微小化および保持温度の適度な上昇が応力緩和に必要な時間の低減に非常に有効であることを示している。

(5)常温無加圧の条件下で材料同士が完全密着するための条件として、材料表面の凹凸状態がある程度以上に良好であることが必要で、完全密着が達成されても、接合前の凹凸状態が応力状態やその緩和過程に大きく影響することを理論的に究明している。

以上のように、本論文は、常温凝着接合における接合強度の時間依存性の原因解明を達成しているばかりでなく、清浄な表面を持つバルク同士の直接接触による接合と言う固体材料の最も基本的な接合過程を理解する上で基礎となり得るもので、接合科学に新しい知見を与えるものとして生産加工工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。