



Title	高温高湿環境における銅ボンディングワイヤの接合信頼性に関する材料学的研究
Author(s)	江藤, 基稀
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/85290
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (江藤基稀)	
論文題名	高温高湿環境における銅ボンディングワイヤの接合信頼性に関する材料学的研究
論文内容の要旨	
<p>本論文は、半導体パッケージの配線材料として用いられている銅 (Cu)ボンディングワイヤ及びパラジウム被覆銅 (PCC、Pd coated Cu)ワイヤに関して、高温高湿環境でのワイヤ及びCuボール/アルミ (Al)電極接合部の接合信頼性に関する研究成果であり、以下の6章により構成される。</p> <p>第1章では半導体パッケージの内部配線に用いられるワイヤボンディング技術、ワイヤ材質の変遷、及びその技術課題について述べた。従来材である金 (Au)ボンディングワイヤからCuボンディングワイヤへの代替に際し、高温高湿環境での接合信頼性に関する新たな課題が発現してきており、そのメカニズムを解明し、知見を深めることの重要性を示した。</p> <p>第2章ではCuボール/Al電極接合部の高温高湿環境における接合信頼性に関して、ワイヤボンディング後に真空中で熱処理を実施、それに続く高温高湿試験後の接合強度変化を調べ、走査型電子顕微鏡 (SEM)及び透過型電子顕微鏡 (TEM)による微細組織解析により熱処理の効果を評価した。ワイヤボンディング後に熱処理工程を追加することにより、高温高湿試験中でのCu-Al系金属間化合物 (IMC)の腐食進展、それに伴う接合強度の低下が抑制されることを見出した。ワイヤボンディング後の熱処理は、ボールボンディング時にCuボール/Al電極接合部に形成するIMC中に導入される内部歪みを緩和させ、電気化学的作用に基づく腐食反応を抑制したと推定した。また、腐食先端部では、まず電気化学的作用によってCu₉Al₄からAlの溶解という局部腐食が起こり、さらに腐食生成物形成による体積膨張によって応力集中を生じ、ある長さの割れを生じ、この過程を繰り返して割れ状損傷が進展するモデルを提案した。</p> <p>第3章では高温高湿環境でのCu-Al IMC中に存在するPdの基礎的な役割に関する知見を得るため、高温高湿環境を模擬した環境でバルクサンプルによる電気化学測定を実施し、Cu-Al IMCへのPd添加による接合信頼性改善メカニズムについて考察した。最も腐食されやすいCu₉Al₄中にPdを含有した場合、腐食過程で表面にPd濃化層が徐々に形成され、腐食の進展が抑制されるというモデルを提示した。実際のPCCワイヤボンディング接合部においても同様の過程で腐食の進展が抑制されるとし、PCCワイヤのベアCuワイヤに対する技術的優位性を示した。</p> <p>第4章では、近年、報告されている高温環境下でのPCCワイヤウェッジ接合部における不良に関して、そのメカニズムを明らかにするため、高温保管試験の温度変更、高温環境下で封止樹脂から放出される元素について分析を実施した。150℃以上の高温環境下では封止樹脂中からO、水蒸気及びS系化合物のアウトガス放出が顕著になることを明らかにした。PCCワイヤウェッジ接合部で発生するCuボイドは、ワイヤボンディング工程で発生するPCCワイヤ中のPd層欠落部が、高温で発生する上記のようなアウトガスを含む腐食環境におかれ、Cuの局部腐食が発生した結果として形成するというモデルを提示した。</p> <p>第5章ではPCCワイヤCu芯材へのパラジウム (Pd)または白金 (Pt)の添加が、高温環境におけるPCCワイヤの不良に対して与える影響を評価した。芯材CuへのPdもしくはPt添加により劣化が加速しており、元素添加の有効性は確認されなかった。この劣化加速の要因は、PCCワイヤCu芯材へのPdまたはPtの添加により粒界腐食が腐食損傷の主体となったためと推定した。粒界腐食はPd層欠落部においてCu-Pd合金芯材からのCu選択溶解に伴い、Pd濃化層が形成し、さらにそのCu選択溶解が粒界で優先的に発生した結果として発生するというメカニズムを提案した。</p> <p>第6章では本研究で得られた結果を統括し、結論を述べた。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (江 藤 基 稀)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	藤本 慎司
	副 査	教授	中谷 亮一
	副 査	教授	山下 弘巳
	副 査	准教授	佐藤 和則
	副 査	特任教授	杉山 昌章

論文審査の結果の要旨

本論文は、半導体パッケージの配線材料として用いられている銅(Cu)ボンディングワイヤ及びパラジウム(Pd)被覆Cuボンディングワイヤ (PCC, Pd coated Cu) の高温高湿環境でのワイヤ及びCuボール/アルミニウム(Al)電極接合部の接合信頼性に関する研究成果を取り纏めており、以下の6章より構成される。

第1章では半導体パッケージの内部配線に用いられるワイヤボンディング技術とワイヤ材質の変遷、ならびに技術課題を述べている。従来の金(Au)ボンディングワイヤからCuボンディングワイヤへの代替に際し、高温高湿環境での接合信頼性に関する新たな課題が発生しており、その機構を解明し、知見を深めることの重要性を述べている。

第2章ではCuボール/Al電極接合部の高温高湿環境における接合信頼性に関して、ワイヤボンディング後に真空中で熱処理を実施し、その後の高温高湿試験後の接合強度変化の調査と走査型電子顕微鏡及び透過型電子顕微鏡による微細組織解析によって熱処理の効果を評価している。ワイヤボンディング後に熱処理工程を追加すると、高温高湿中でのCu-Al系金属間化合物 (IMC) での腐食進展、それに伴う接合強度の低下を抑制できることを見出している。ワイヤボンディング後の熱処理は、ボールボンディング時にCuボール/Al電極接合部に形成するIMC中に導入される内部歪みを緩和させ、電気化学的作用に基づく腐食反応を抑制したと推定している。また、腐食先端部では、電気化学的作用によってCu₉Al₄からAlが溶解して局部腐食が起こり、さらに腐食生成物形成による体積膨張により割れを発生することを明らかにするとともに、これらの過程の繰り返しによって割れ状損傷が進展するモデルを提案している。

第3章では高温高湿環境でのCu-Al IMC中のPdの役割解明を目的として高温高湿環境での電気化学測定を実施し、Pd添加による接合信頼性改善機構を検討している。最も腐食されやすいCu₉Al₄にPdを添加すると、腐食過程でPd濃化表面層が形成して腐食を抑制するとの機構を提案している。実際のPCCワイヤボンディング接合部にて同様の過程で腐食進展が抑制されることを明らかにし、ベアCuワイヤに対するPCCワイヤの技術的優位性を示している。

第4章では近年報告されている高温環境下でのPCCワイヤウェッジ接合部不良の発現機構解明を目的とし、高温保持工程で封止樹脂から放出される気体を分析した結果、150℃以上の高温環境で封止樹脂からO₂、水蒸気及びイオウ系化合物気体の放出が顕著になることを明らかにしている。PCCワイヤウェッジ接合部で発生するCuボイドは、ワイヤボンディング工程で発生するPCCワイヤ中Pd層欠落部が上記の高温で放出される気体を含む腐食環境に晒されることによってCuの局部腐食が発生した結果形成されとの機構を提案している。

第5章では高温環境で発生するPCCワイヤ不良に及ぼすPCCワイヤCu芯材へのPdまたはPt添加の効果を検討している。PdまたはPt添加によって芯材劣化は加速するので、貴金属元素添加の有効性は確認できないと述べている。劣化加速の要因について検討し、芯材表面のPd層欠落部にてCu-Pd合金芯材からのCu選択溶解がPd濃化層を形成し、さらにCu選択溶解が粒界で優先的に発生した結果粒界腐食が生ずるとする損傷機構を提案している。

第6章では本研究で得られた結果を統括し、結論を述べている。

以上のように、本論文では従来のAuボンディングワイヤに代替するCuボンディングワイヤの損傷機構とそれに及ぼす微量貴金属元素の効果について明らかにしており、産業のみならず金属材料学の発展にも貢献している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。