



Title	半導体デバイスにおける超音波熱圧着接合メカニズムとプロセス適正化に関する研究
Author(s)	渥美, 幸一郎
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/51405
rights	© 1990 IEEE. Personal use of this material is permitted. Permission from IEEE must be obtained for all other uses, in any current or future media, including reprinting/republishing this material for advertising or promotional purposes, creating new collective works, for resale or redistribution to servers or lists, or reuse of any copyrighted component of this work in other works
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	あつ み こう いち ろう 渥 美 幸 一 郎
博士の専攻分野の名称	博 士（工学）
学 位 記 番 号	第 2 6 2 5 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 25 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	半導体デバイスにおける超音波熱圧着接合メカニズムとプロセス適正化に関する研究
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授 佐藤 了平 （副査） 教 授 廣瀬 明夫 教 授 藤本 公三 教 授 高橋 康夫

論 文 内 容 の 要 旨

近年、電子システムの高性能なデジタル化、ネットワーク化により、高度情報化社会の発展が目覚しく、今後益々高効率な社会、スマートシティ・コミュニティ、等が本格的に期待されている。その中核をなす、半導体デバイスは、小型・超高集積化、微細・多端子化、による大幅なコストパフォーマンスが求められている。特に、本研究で対象とした半導体の微細・狭ピッチ接合を、高速・高信頼度で実現することが望まれている。

そこで、本研究では、半導体チップの主要な接合法である金ボールとアルミニウム電極との超音波併用熱圧着接合において、ボンディング荷重の付加方法と超音波振動の印加タイミングが接合部の変形および合金層形成に与える影響を基礎的に検討することで、接合部合金層の形成メカニズムを明らかにし、その上で、制御因子の抽出とプロセスの適正化を行い、接合の短時間化、微細化を実現する指針、手法を導出することを目的とした。

まず、ピーク値を伴う荷重を付加し、超音波を加圧前に印加して接合することで、金ボールは急激に変形し、短時間で高い接合強度が得られた。この変形挙動と金ボールの合金層形成過程の観察から合金層形成メカニズムを考察した。

従来の金ボール熱圧着接合メカニズム（塑性すべり変形により生じた凹凸によるアルミニウム酸化膜の破壊・新生面の露出）と比較して、超音波併用熱圧着接合メカニズムは、「超音波による摩擦すべり振動方向の酸化膜破壊、凝着が支配し、それが、ボール変形とともに、島状に複数拡大し、その後の金ボール外周部の圧縮変形に依存した塑性変形を主体とする酸化膜破壊、化合物成長が支配する二段階接合メカニズム」であることを明らかにした。

また、接合ボールの変形率とせん断強度との関係を求め、変形率で接合性を評価することの有効性を示した。この知見を基に、以下、ボール(ボールパンプ)接合として、加圧前超音波印加制御や超音波の高周波化の適用、銅ボールボンディングにおける還元ガスの選定とアルミニウム電極膜損傷防止のための超音波振幅抑制、金ボールをパンプに適用した超音波併用熱圧着フリップチップボンディングの接合性向上、リード接合として、ツール形状適正化によるアウトアードシングルスポイントボンディングの常温超音波接合の達成、インナリードボンディング接合部の二段加圧制御など、超音波振動の効果的付与、接合部の変形抑制などのプロセス適正化を行い、接合の高信頼化、短時間化、微細化実現の指針や手法を導出した。

論文審査の結果の要旨

近年、電子システムの高性能なデジタル化、ネットワーク化により、高度情報化社会の発展が目覚しく、今後益々高効率な社会、スマートシティ・コミュニティ、等が本格的に期待されている。その中核をなす、半導体デバイスは、小型・超高集積化、微細・多端子化、による大幅なコストパフォーマンスが求められている。特に、本研究で対象とした半導体の微細・狭ピッチ接合を、高速・高信頼度で実現することが望まれている。

本研究では、半導体チップの主要な接合法である金ボールとアルミニウム電極との超音波併用熱圧着接合において、ボンディング荷重の付加方法と超音波振動の印加タイミングが接合部の変形および合金層形成に与える影響を基礎的に検討することで、接合部合金層の形成メカニズムを明らかにし、その上で、制御因子の抽出とプロセスの適正化を行い、接合の短時間化、微細化を実現する指針、手法を導出することを目的として検討を行っている。

その結果、ピーク値を伴う荷重で、かつ、超音波を加圧前から印加して接合することで、金ボールは急激に変形し、1ms 以上という短時間で高い接合強度が得られることを明らかにするとともに、次のようなメカニズムを明らかにした。

金ボール超音波併用熱圧着接合メカニズムは、超音波による摩擦すべり振動方向の酸化膜破壊、凝着が支配し、それが、ボール変形とともに、島状に複数拡大し、その後の金ボール外周部の圧縮変形に依存した塑性変形を主体とする酸化膜破壊、化合物成長が支配する二段階接合メカニズム、であることを見出している。

これに基づき、超音波振動の付与と加速制御因子およびそのプロセスの適正化により、短時間・高強度接合を実現している。

これらの知見を基に、ボール(ボールパンプ)接合として、加圧前超音波印加制御や超音波の高周波化の適用、銅ボールボンディングにおける還元ガスの選定とアルミニウム電極膜損傷防止のための超音波振幅抑制、金ボールをパンプに適用した超音波併用熱圧着フリップチップボンディングの接合性向上、リード接合として、ツール形状適正化によるアウトアードシングルポイントボンディングの常温超音波接合の達成、インナリードボンディング接合部の二段加圧制御など、超音波振動の効果的付与、接合部の変形抑制などのプロセス適正化を行い、接合の高信頼化、短時間化、微細化実現の指針や手法を導出している。

以上のように、本論文は、超音波併用熱圧着を用いた高速・高信頼性を実現する新生面形成・変形制御接合メカニズムと高強度化を始めて明らかにしたものである。これらの成果は本系に限らず、益々微細・高集積・高精細化する次世代半導体デバイス・システムの多端子接合に対して多大な知見を与え、工業的かつ学術的に大きな意義を与えるものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。