

Title	LSI検査用高精細プローブモジュールの開発とその低荷重接触および伝送特性に関する研究
Author(s)	石田, 友弘
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49584
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	石田友弘
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22991 号
学位授与年月日	平成21年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科ビジネスエンジニアリング専攻
学位論文名	LSI 検査用高精度プローブモジュールの開発とその低荷重接触および伝送特性に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 佐藤 武彦 (副査) 教授 上西 啓介 教授 藤本 公三

論文内容の要旨

高度情報化ユビキタス社会の進展に伴い、その基盤技術である半導体においては微細化の推進が必須である。半導体は多岐の技術を集約して成り立つものであり、その重要工程の一つに前工程完了における半導体チップの良否判定を行うウェハテストがある。本テストはチップへの電気接触をプローブカードと呼ばれる治具を用いて行うが、本治具は従来製作を手作業に迫るところが大きく、微細化のボトルネックとなる状況を迎えている。そこで本研究はMEMS技術を応用した微細プローブモジュールを提案し、その実用化に向けた課題解決と半導体技術トレンドへの対応可能性について検討した。

本論文は緒言、結言を含めて全7章からなる。

第1章では、半導体技術におけるプローブカードの役割と求められる要求、その対応状況について述べ、本研究の目的の明確化を行った。

第2章では、半導体技術ロードマップを基にプローブカードに関係する技術トレンドを整理し、その解として微細プローブモジュールを提案した。本モジュールはSiインターポーザと、これを基板として全ピン一括成長させた微細プローブから構成されるものである。

第3章から第5章では微細プローブモジュール実用化のための要素課題について述べた。

第3章では、微細プローブにおいて寸法的条件から制約される荷重発生性能の向上と、実用化に対して十分な耐久性を実現するため、ビーム材料の高強度化を検討した。微結晶化によるめっき材料の高強度化を図り、得た材料の疲労限界及びヤング率を求め、プローブ狭ピッチ化トレンドに対して発生可能な接触荷重を明らかにした。

第4章では、第3章で求めた発生荷重条件の下で微細プローブが高信頼性接触を実現するための検討を行った。まず、TEG実験によりプローブ接触子材料と接触抵抗の関係を調べ、低荷重接触のためには硬質材料を接触子に適用することが有効であることを見出した。そして、Rh(830HV)を微細プローブに適用し、Auめっき膜に対して0.5mNの低荷重で安定接触が得られることを示した。また、Al膜に対して接触の阻害となる表面酸化膜の排除の挙動をプローブ痕によって解析する手法を提案し、表面酸化膜破壊条件として接触面圧 $\geq 200\text{MPa}$ を得た。さらに、Al膜への繰返し接触安定化のためには接触子へのAl屑付着の挙動解明が重要であり、本現象の要因として接触子材料の表面エネルギーが関係している可能性を指摘した。

第5章では、微細プローブモジュールの伝送特性において重要なSiインターポーザに対し、配線の狭ピッチ化と高周波伝送の両立について検討した。二つの要求を満足させるため貫通電極を応用したCu/BCB系両面配線構造を

提案し、TEGを用いた基本伝送特性評価により有効性を検証した。

第6章では、微細プローブモジュールの実用化検証を行った。最小ピッチ単列 $24\mu\text{m}$ の微細プローブの形状試作に成功し、立案したプロセスフローの妥当性を示した。そして、実際のデバイス(LCDドライバ)を対象に設計した最小電極ピッチ千鳥 $25\mu\text{m}$ 、900ピン仕様のプローブカードを試作し、実使用条件において問題無きことを確認した。さらに、本研究の成果と半導体技術ロードマップを対比し、本モジュールが2022年までの要求の解と成り得るポテンシャルを有することを示し、今後の課題について整理した。

第7章では、本研究で得られた主な結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、高密度化、高速化するLSIの試験プロセスにおいてキーデバイスであるプローブカードについて取り扱ったものである。

プローブカードは半導体技術トレンドから求められる要求に対し、これまでの人手に頼る製造過程からの脱却が急務となっている。そのため、現在MEMS技術の応用が数多く研究されているが、いずれもプローブ単体レベルの議論に終始しており、プローブカードとしての実用化に向けては不十分である。それに対し、本論文は実使用レベルのピン数でプローブを高密度に実装し、かつ高精度に電極にプロービングし得る微細プローブモジュールの提案を行い、本モジュールを搭載した試作プローブカードによって性能を検証している。

また、カード機能上解決すべき要素課題として、微細プローブの高強度化、低荷重接触、高周波伝送特性について、材料、接触あるいは伝送機構、構造設計の観点から研究を重ね、新たなMEMSプローブカードの開発に資する知見を得ている。

主な成果は以下のように要約できる。

- (1) 微細プローブの荷重発生性能の向上と実用化における十分な耐久性を得るためビーム材料の高強度化を検討し、光沢剤添加による微結晶Ni-Coめっきによって600HV、250°C耐熱の高強度材料が得られることを指摘している。また、本材料をプローブに適用した際の実使用条件下における最大発生可能荷重を明らかにし、本材料をもってしても半導体ロードマップの目標であるプローブピッチ単列 $25\mu\text{m}$ ピッチにおいては、従来プローブよりも一桁低い荷重で接触を確立することが必要であることを指摘している。
- (2) 低荷重接触を実現するための検討を行い、プローブ接触子材料の必要物性として硬さが重要であることを指摘し、Rh(830HV)の適用によってAu電極に対し0.5mNの低荷重接触が可能であることを確認している。また、Al電極への接触では表面酸化膜の破壊が重要であり、そのための条件として接触面圧 $\geq 200\text{MPa}$ を明らかにしている。さらに、繰返し接触信頼性向上のためには接触子におけるAl屑付着の挙動解明が重要であることを指摘し、そのメカニズムについて材料的見地からの議論を試みている。
- (3) 狭ピッチ及び高周波伝送を両立するSiインターポーザ配線の実現のため、貫通電極を応用した両面配線構造を提案し、TEGによる伝送特性の検証によってその有効性を確認している。
- (4) 最小電極ピッチ千鳥 $25\mu\text{m}$ 、900ピン仕様の実際のデバイスを対象に設計した微細プローブモジュールを試作し、プローブカードに実装してAuめっき膜へ繰返し100万回接触の機能検証を行い、本モジュールは実使用において問題は無く、優れた性能を得ることができることを指摘している。

以上のように、本論文ではMEMSプローブカードの実用化技術を確立すると共に、材料的、機構設計の視点から新たな微小電気機械システムを開発する上で貴重な指針となるもので、エレクトロニクス、精密・実装工学の各分野の発展に寄与するところ大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。