

## 審査の結果の要指

論文提出者氏名 片岡 憲一

本論文の目的は半導体デバイステスト用の低接触力マイクロマシンプローブカードを実現するための低接触力コンタクト手法の開発である。

高密度化・高速化する LSI の試験プロセスにおいて、デバイス電極の高密度化に対応するためのプローブカードの微小化が必要になっており、マイクロマシンプローブカードがそれを実現する手段として最も有力である。一方で、従来のプロービングにおけるコンタクト手法として用いられてきた Al 電極の機械的破壊であるスクラビングは、30~100 mN の大きな接触力を必要とし、電極やプローブに与えるダメージが大きいことが問題となっている。すなわち、従来のカンチレバーによるスクラビングコンタクトは、電極上で長さ数 10  $\mu\text{m}$  の針痕を残す。

従って、これからの高密度デバイスに対応したマイクロマシンプローブカードの実現には低接触力コンタクト手法の開発が必要である。

そこで本研究では、新しい低接触力プロービング手法としてフリッティングを取り上げた。フリッティングは電氣的絶縁破壊による初期電流路の形成と、電流による低抵抗コンタクトの形成の 2 段階のプロセスに分けて考えることができるが、この現象をマイクロマシンプローブカードに広く適用するために、本研究では、1.) フリッティングコンタクトと接触力の関係、2.) フリッティングコンタクトによる接触抵抗の低下、を明らかにした。

本研究では、接触力が 1~10 mN の低接触力のスクラブしないプローブカードと接触力  $\mu\text{N}$  オーダの超低接触力マイクロマシンプローブカードを開発し、低接触力によるコンタクトを実現した。

プローブ構造として座屈カンチレバーあるいは S 字スプリング構造を用いることによってスクラブのない低ダメージコンタクトが可能である。このコンタクトプローブを搭載するプローバの z 方向の位置合わせ誤差やプローブカード、デバイスの表面の凹凸を合わせた、電極とプローブ先端の距離のばらつき dc は 10  $\mu\text{m}$  以内とすることが必要であることがわかった。

エリアアレイで 100  $\mu\text{m}$  ピッチを実現するためには、dc を 10  $\mu\text{m}$  とした場合、接触力は 100  $\mu\text{N}$  以下でなければならない。この接触力の領域では、機械的なコンタクトで初期電流路が形成されていない場合があるが、A フリッティングによる絶縁破壊と B フリッティングによる抵抗減少効果を利用することで、電氣的コンタクトを実現することができることを示した。プローブ構造としては、より微細な構造となるため、反り上がりカンチレバーのような単純なプロセスで作製できるものが適している。さらにフリッティングコンタクトに適した材料を先端に用いることでより効果的なコンタクトが可能になることを示した。

また、さらに、将来重要性が増すと予想される Cu 電極について、新しい低接触力プロービング手法として電極の表面酸化膜の除去について検討した。Cu の酸化膜は水素雰囲気中の加熱

によって還元されることは知られているが、プロービングに適用された例はなく、プロセスの条件などを求める必要がある。また一度還元した Cu 電極表面は試験時に空気中に放置されることによって再度酸化することが予想されるため、再酸化のプロービングへの影響を評価する必要がある。本論文ではこれらの点を解明し、さらに、還元プロセスとフリッピングの併用による効果について論じた。

以上のように、本研究で得られた工学的知見は極めて大きく、また、工学の発展に寄与するところは多大である。よって本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。