

超音波金線ワイヤボンダの振動特性の解析に関する研究

生駒 和也

LSIに代表される半導体集積回路のアセンブリ・プロセスでは、主要装置として超音波金線ワイヤボンダが使用されており、本研究は、そのホーン・キャピラリの振動特性を実験、理論の両面から明らかにすることを目的としている。超音波金線ワイヤボンディングでは、超音波振動が接合を支配する主要因子の一つであるが、これに直接関係するホーン・キャピラリの振動特性についても、まだ系統的な研究はほとんど行われていない。LSIのファインピッチ化・多様化に向けて接合技術を実確なものにするためには、超音波振動と接合の強度・精度の関係の定量化が重要になるが、本研究はそのために必要な基礎的研究と位置付けられる。

本研究の内容は次の3つに大別される。第1には、65kHzの実験機を使用し、キャピラリ先端を自由にした場合と押し付け力を加えて模擬ワーク(SK4)に接触させた場合について、レーザドップラー振動計による共振特性の測定を行った。これによって、キャピラリ長さ l と共振振動数 f の関係(f - l 曲線)を明らかにし、また、キャピラリ長さを通常使用される長さに近い2種類($l=5.15, 6.95\text{mm}$)にとり、ホーンの共振モードとキャピラリの共振モードを明らかにした。キャピラリの共振モードの測定には、金ボールを含む他の模擬ワークも使用した。

第2には、ホーン支持位置を固定端とし、それより前方をホーン・キャピラリ系としてモデル化し、これに基づいて固有振動数と固有振動モードの解析を行い、その結果を実験結果と比較した。ここでは、主として自由振動の一般解を用いて解析を行い、キャピラリ先端接触の条件では、先端に作用するせん断力をバネ力と仮定した。テーパビームモデルでの解析結果は主要な実験結果を良く説明しており、この解析方法の有効性が確かめられた。

第3には、減衰力による固有振動特性の変化について検討した。まずホーン・キャピラリ系自体の減衰とキャピラリ先端の接触による減衰の程度を推定するために、減衰自由振動の測定を行った。次にキャピラリ先端接触の条件で、先端に作用する力に粘性減衰力が含まれる場合について、テーパビームモデルでの解析を伝達マトリクス法で行った。これによって減衰力が固有振動数とモードに及ぼす影響について、理論的な特徴を明らかにした。またキャピラリ先端に作用するせん断力について、この結果を利用する力学的な評価法を示した。