

3点曲げ法および振動リード法による 樹脂薄膜の弾性定数評価法の開発

立命館大学[院] ○山本洋也 立命館大学理工 坂根政男

日本アイ・ピー・エム(株) 塚田裕 日本アイ・ピー・エム(株) 西村秀夫

1 緒言

近年、電子機器は小型化、高機能化が進んでいる。その背景にはビルドアップ配線板の開発がある。ビルドアップ配線板は、従来のガラスエポキシの配線板をベースに、銅めっきによる配線と絶縁層樹脂を逐次していくビルドアップ層から成立している¹⁾。ビルドアップ配線板においては、構成部品の熱膨張係数の差から、温度変化に伴って絶縁層樹脂からクラックが発生し、配線を切断するといった現象が生じている。このような故障を未然に防ぐためには、設計段階において数値解析を用いて材料や形状の最適化を行う必要がある。この際、樹脂薄膜の弾性定数の正確な値が必要であるが、樹脂薄膜の弾性定数の評価法の研究例はほとんどない。

本研究では、3点曲げ法²⁾および振動リード法³⁾による樹脂薄膜のヤング率評価法の開発を目的とした。同一試料に対して両手法によるヤング率測定を実施し、測定結果を比較考察した。さらに樹脂単体の引張試験からもヤング率を求め、これら3種類の手法による測定結果を比較考察した。

2 試験片および試験方法

2.1 試験片 本研究で測定した樹脂薄膜は、熱硬化性エポキシ樹脂 {SiO₂ フィラー (Max.5μm) を含む} である。樹脂を接着する基板には、アルミニウム合金を使用した。試験片の形状は長さ46mm×幅16, 8, 4mmで、基板および樹脂薄膜の厚さは、それぞれ200μmおよび50~60μmである。

2.2 3点曲げ法 厚さ h_s 、幅 b の長方形断面を有する基板に膜厚 h_f の薄膜を片面および両面に塗布した組合せばりの曲げ変形を考える。Fig.1に示す試験装置を用いて、樹脂付き基板および基板のみについて3点曲げ試験を実施する。それぞれの試験で得られた荷重-変位関係から、樹脂付き基板の傾き m_{s+f} および基板のみの傾き m_s を求め、以下の式により樹脂薄膜のヤング率 E_f を求める。

$$\{(5\alpha^2 + 6\alpha + 4)\theta - 1\}a^2 E_f^2 + \{(4\alpha^2 + 6\alpha + 5)\theta - 2\}a E_s E_f - (1 - \theta)E_s^2 = 0$$

ここで、 α は基板と薄膜の厚さの比 ($\alpha = h_f/h_s$)、 θ は傾きの比 ($\theta = m_s/m_{s+f}$) である。なお、下添え字 s 、 f および $s+f$ は基板、薄膜および薄膜付き基板を表す。

2.3 振動リード法 Fig.2に示す試験装置を用いて、片持ちばりの振動を考える。片持ちばりはリード長 l 、幅 b および厚さ h_s の基板に膜厚 h_f の薄膜を片面および両面に塗布した組合せばりである。樹脂付き基板および基板のみについて振動リード試験を実施し、それぞれの試験で樹脂付き基板の固有振動数 f_{s+f} および基板のみの固有振動数 f_s を求める。基板のみの試験から得られたヤング率 E_s を用いて、以下の式により樹脂

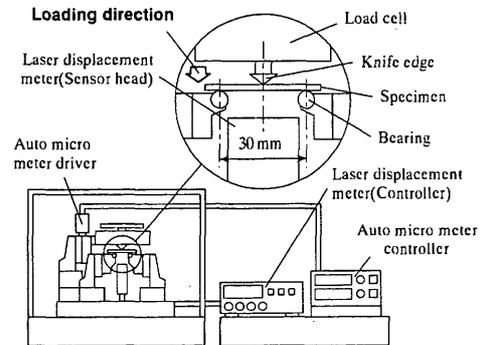


Fig.1 Schematic of 3-point bending machine.

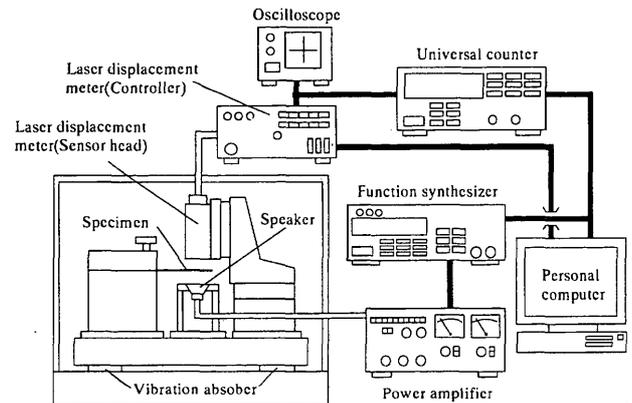


Fig.2 Schematic of vibrating reed machine.

薄膜のヤング率 E_f を求める。

$$f_{s+f} = \frac{B^2}{4\sqrt{3}\pi} \frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{A}{\rho_s h_s + \rho_f h_f}}$$

$$A = h_s^3 E_s + h_f^3 E_f + \frac{3h_s h_f (h_s + h_f)^2 E_s E_f}{h_s E_s + h_f E_f}$$

ここで、 ρ は密度、 B は最低次の振動モードで1.8751である。なお、下添え字 s 、 f および $s+f$ は基板、薄膜および薄膜付き基板を表している。

2.4 引張法 引張法では、3点曲げ法と同じ種類の樹脂薄膜をアルミ基板に接着された状態から、カッターナイフで長さ160 (180) mm×幅16mmに切出して試験片を作成した。なお、試験中にチャック部からの破断を避けるため、試験片の両端に長さ25mm×幅16mmのアルミ基板を樹脂薄膜の両面に貼付けた。また、引張試験はひずみ速度0.005%/sで実施し、変位測定は標点距離90mmになるように2点の印を付け、2点間の相対距離を画像処理を用いた伸び計によって測定し

た。

3 試験結果および考察

Fig.3に3点曲げ法での荷重-変位線図の一例を, Fig.4に振動リード法による変位-周波数関係の一例を示す。

3.1 3点曲げ法 Fig.3の荷重-変位関係においては, 両基板ともに良好な直線関係が得られている。Fig.5中に樹脂薄膜のヤング率を試料の幅で整理した結果を○および●プロットで示す。ばらつきの原因が判っているものを除くと, 樹脂薄膜のヤング率の平均値は3.3GPaであった。片面に樹脂を塗布した幅16mmのものは, 3~10GPa程度と約7GPaもの大きなばらつきが見られた。それに比べ, 幅8, 4mmのものは, ばらつきも小さく安定したデータが得られている。さらに, 両面に樹脂が塗布された試料では, 同じ幅16mmでもばらつきは小さく安定したデータが得られている。これは, 片面に樹脂を塗布した場合に, 残留応力によって基板に反りが生じ, とくに試験片幅方向の反りが影響しているためである。このことから, 3点曲げ法では, 反りのない試料で試験を実施することが重要であることがわかる。また, 反りのない試料を用いることで樹脂薄膜のヤング率を十分精度良く測定することができる。

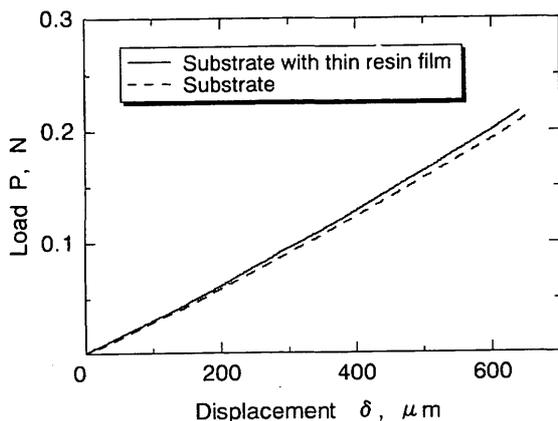


Fig.3 Relationship between load and displacement.

3.2 振動リード法 Fig.4に示すように, 変位-周波数関係は, 両基板で明確な差が生じている。Fig.5中に樹脂薄膜のヤング率を試料の幅で整理した結果を△および▲で示す。樹脂薄膜のヤング率の平均値は4.2GPaであった。片面に樹脂が塗布されたものは, どの幅においてもばらつきは小さく安定したデータが得られている。また, 幅の変化によるヤング率のばらつきも見られない。3点曲げ法と違ってヤング率にばらつきが小さかったのは, 試験時に試料を治具で強制的に固定するため, 幅方向の反りが小さくなり, 反りの影響が少なくなったためと考えられる。これらのことから, 振動リード法は樹脂薄膜のヤング率を十分精度良く測定できるといえる。

3.3 引張法 Fig.5中に引張試験で求められた樹脂薄膜のヤング率の平均値を破線で示す。樹脂薄膜のヤング率の平均値は, 2.7GPaであった。試験は16本の試料について実施したが, いずれものヤング率も2.3~3.2GPaの間で精度良く測定が行えた。

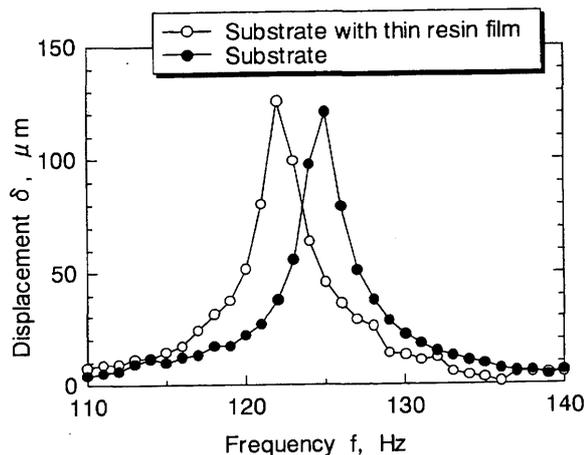


Fig.4 Relationship between displacement and frequency.

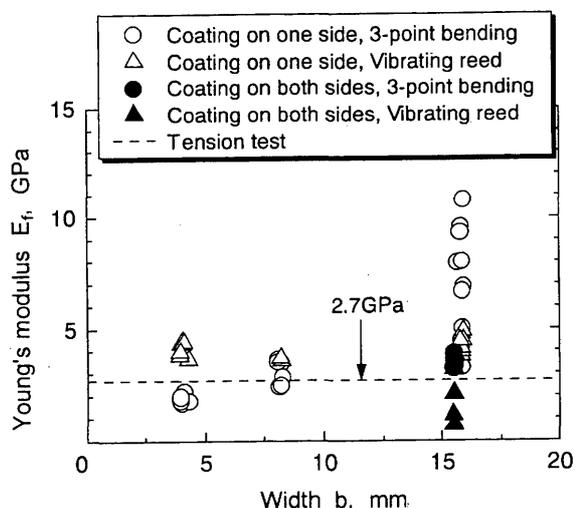


Fig.5 Comparison of Young's modulus in three methods.

4 結言

1. 3点曲げ法および振動リード法による樹脂薄膜のヤング率の測定手法を開発した。これらの手法ではばらつきは小さく安定したデータが得られた。
2. 樹脂薄膜のヤング率は, 3点曲げ法で平均3.3GPa, 振動リード法で平均4.2GPa, 引張法で平均2.7GPaであった。
3. 3点曲げ法において幅が大きい試料にばらつきが生じた原因は, 残留応力による基板の反りであることが判明した。基板の反りを減少させるには, 両層に樹脂を接着することが有効であることが判明した。

参考文献

- 1) 塚田裕, ビルドアップ配線板入門, 2(1998).
- 2) 橋本清司, 坂根政男, 大南正瑛, 吉田敏博, 材料, 43, 703(1994).
- 3) 橋本清司, 坂根政男, 大南正瑛, 吉田敏博, 材料, 44, 1456(1995).