

132 超微小硬さ試験を利用した 微小電子部品の材料特性評価法

Evaluational Method of the Material Characteristics for the Small Size Electronic Using Ultramicro Hardness Test

正 石橋 達弥 (新潟大) 工学 大野 裕久 (新潟大)
正 大木 基史 (新潟大) 工学 藤塚 新行 (新潟大)
学 吉川 裕輔 (新潟大) 工学 高岸 真一朗 (豊浦市研(株))

Tatsuya ISHIBASHI, Hirochisa AMANO, Motochumi OHKI, Masayuki OHNITSU, Kazuaki YOSHIZAWA
Faculty of Engineering, Niigata University, Ikarashi 2 no. cho, 805-8585 Niigata 951-8512 JAPAN
Kenichiro HAMAGISHI, Shobunro Denki Sangyou CO. LTD. KATAYON

Key Words: Ultramicro Hardness Test, Young's Modulus, Material Characteristics

1. 語彙

硬さ試験は、簡便・迅速に、かつ高精度に工業界に利用されている材料試験法である。工業製品の微小化、多機能化に伴い、その材料特性を敏捷・迅速に評価する必要性が増大している。

微小電子部品の微小化に伴って、硬さ等の材料特性を評価する手段として、角錐圧子を用いた超微小硬さ試験を、電子部品の材料に対して実施した。測定に高精度・高精度の圧入弾性係数(ヤング率)と硬さを算出し、その材料特性と電子部品の関係を検討した。

2. 実験

2.1. 超微小硬さ試験機と圧子

本報の実験では、硬さ試験機として島津製作所製超微小ヤング率超微小硬さ計(DH-11201)を用い、また圧子として超微小硬さ計DH-11201の付属圧子(角錐圧子)を用いた。

2.2. 試験片

Photo 1 に示す形状のシリコン樹脂材料(GHS113E30)を用いた青銅(合金番号:5210)製の押込み用試片を、エポキシ樹脂により固定した後、Fig.1 に示す形状の試験片を作成した。試験片の化学成分を Table 1 に示す。

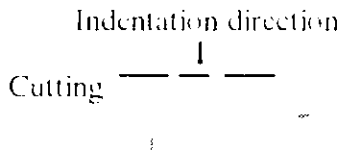


Photo.1 Specimen

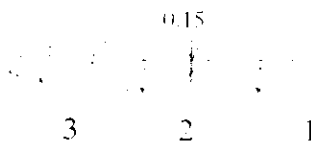


Fig.1 Shape of specimen and indentation positions

Table 1 Chemical composition of specimen (%)

| Cu | Sn | P | Su | P | Ca | Fe | Pb |
|-------|------|------|------|-------|-------|----|----|
| 99.95 | 8.35 | 0.15 | 0.01 | 0.007 | 0.002 | | |

2.3. 試験箇所

厚さ0.15mmの試験片に対して、試験機の上置きの線路上、試験箇所として線路上長さ30μmの領域に、圧子荷重1μN, 9.8, 49, 98mNと、各々の硬さを測定した。

3. ヤング率および硬さ算出式

3.1. ヤング率算出式

石橋ら¹⁾に、圧入弾性係数 E と角錐圧子を用いた硬さ H の試験からヤング率を算出する式は、次のとおりである。

$$E = (1 - \mu_c^2) \sqrt[3]{3.68 \cdot \frac{\delta_c \cdot \delta_c}{L_M} \cdot H(F)} \quad (1)$$

ここで、 δ_c : 圧子の圧入深さの理論値、 δ_c : 圧子の実際の弾性回復量、 H : 圧子の硬さ、 μ_c : 圧子の圧入角、 L_M : 圧子の弾性係数 μ 【 $(1 - \mu_c^2)E$ 】、 H : 試験機のヤング率、 μ_c : 試験片の圧入角【 $(1 - \mu_c^2)E$ 】、 L_M : 圧子の荷重。

なお、 δ_c の決定は、荷重曲線(Fig.2参照)の傾きを用いる方法を採用した。

3.2. 硬さ算出式

角錐圧子による硬さ算出式は、以下の式を用いた。

$$DH = 3.86 \cdot L_M / \delta_c^2 \quad (2)$$

$$HH = 160 \cdot L_M / F^2 \quad (3)$$

ここで、 L_M (mN)、 δ_c (μm)、 H (μN)、 F (単位: 図3参照 Photo 2参照)

4. 実験結果と考察

4.1. 荷重-変位曲線(押込み曲線)

Fig.2 に、試験片に対して板状圧入方向に垂直に押込み(Photo 1参照)をした実験により得られた荷重-変位曲線(押し込み曲線)の例 (L_M : 98.498mN)を示す。

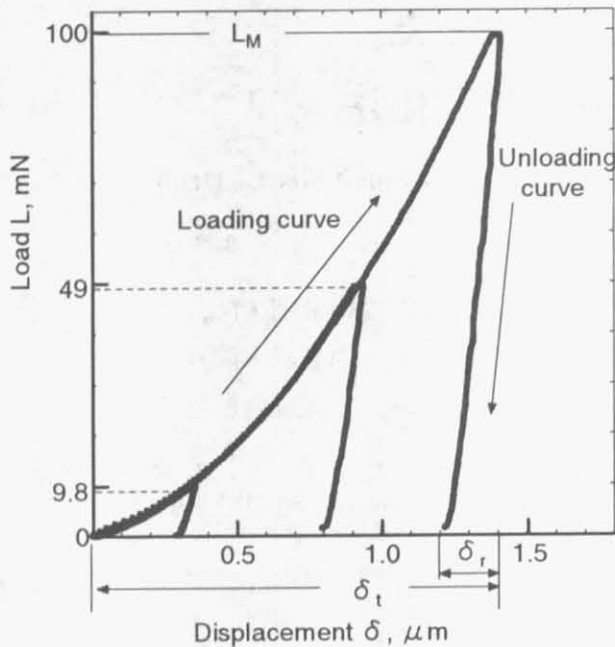


Fig.2 Loading and unloading curves
($L_M=98,49,9.8\text{mN}$)

4.2. 圧痕形状

Photo.2 に、試験箇所 3 の内側における $L_M=98\text{mN}$ の場合の圧痕形状を示す。

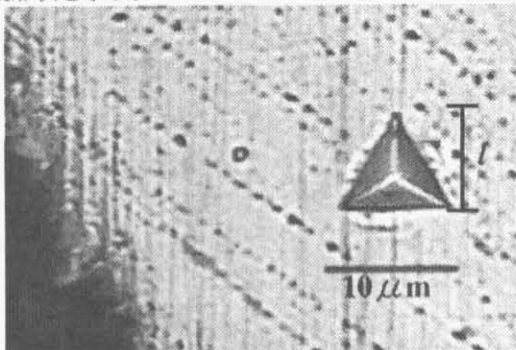


Photo.2 Impression of triangular pyramidal indenter
(Inside position of number 3, $L_M=98\text{mN}$)

4.3. 加工度の算出式

加工度は、試験箇所 3 の曲率半径を ρ とし、中心線上より試験箇所までの距離を y としたとき、次式を用いて算出した。

$$\varepsilon = \frac{y}{\rho} \quad (4)$$

4.4. 加工度と硬さ値

深さから算出した硬さ値 DH (黒印) と圧痕高さから算出した硬さ値 HT (白印) とを、加工度に対して示したのが Fig.3 である。両者とも加工度の増加に対して硬さ値は増加しており、これらは西畑・原田³⁾によるピッカース硬さと加工度の関係とに一致している。

4.5. 加工度とヤング率

式 (1) から算出したヤング率を加工度に対して示したのが Fig.4 である。ヤング率は 90~125GPa の範囲にあり、通常りん青銅のヤング率の値である 100GPa に近く、妥当な値といえる²⁾。西畑・原田³⁾によると、強加工した場合には 120GPa 以上のヤング率が測定されること、また異方性がヤング率には顕著に現れるといわれている。

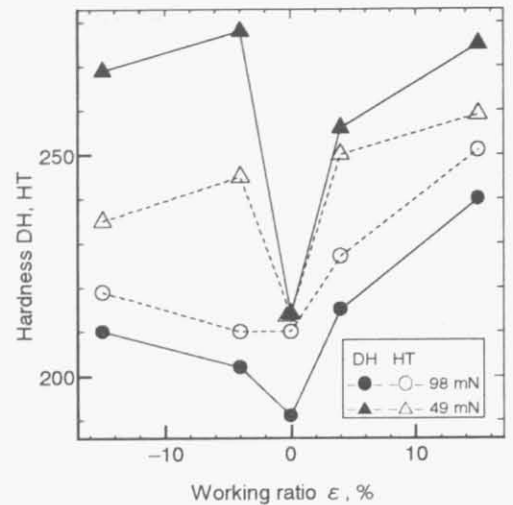


Fig.3 Relationships between Hardness DH, HT and working ratio ε

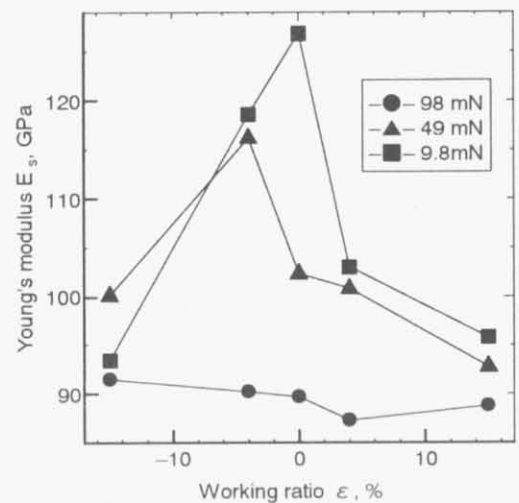


Fig.4 Relationships between Young's modulus E_s and working ratio ε

5. 結言

- (1) 超微小硬さ試験機を用いて実際の電子微小部品 (リレー可動片) に対し、三角錐圧子による試験を行ない、加工度と硬さ値の関係を求めた結果、加工度の増加と共に硬さ値も増加する。
- (2) 算出されたヤング率はほぼ妥当な値を示した。
- (3) 硬さ値およびヤング率とも、圧子荷重の低下に伴い値が増加する。この原因としては、試験片作成時における試験片の深さ方向に加工度の違いが生じた可能性と、圧子先端部の丸みの影響が考えられる。特に、ヤング率の場合には加工による異方性の増加により複雑な変化を示すため、今後の検討が必要である。

最後に、試験片等のご提供と研究に対するご支援をいただいた(株)原田伸銅所、ならびに試験片等の作成に協力いただいた 4 年生の岩田哲也君、櫻井創君に感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 石橋、鋤柄、大木：材料試験技術：Vol.44.No.3(1999)
- 2) 石橋、中鉢、大木、藤塚、天野、高田：日本機械学会米沢地方講演会論文集(1999.9.29)No.991-2
- 3) 西畑三樹男、原田英雄：りん青銅の基礎と応用：日刊工業新聞社(1997)