

# 高集積フレキシブルデバイスシステム作製のための応力緩衝層の評価

◦煤孫 祐樹<sup>1</sup>、Achille Jacquemond<sup>1,2</sup>、高橋 則之<sup>3</sup>、木野 久志<sup>4</sup>、田中 徹<sup>1,5</sup>、福島 誉史<sup>1</sup>

(1. 東北大院工、2. INSA Lyon 院工、3. 東北大工、4. 東北大学際研、5. 東北大院医工)

◦Yuki Susumago<sup>1</sup>、Achille Jacquemond<sup>1,2</sup>、Noriyuki Takahashi<sup>3</sup>、Hisashi Kino<sup>4</sup>、Tetsu Tanaka<sup>1,5</sup>,  
and Takafumi Fukushima<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Tohoku Univ., <sup>2</sup>INSA Génie Mécanique, INSA Lyon, <sup>3</sup>School of Engineering, Tohoku Univ., <sup>4</sup>FRIS, Tohoku Univ., <sup>5</sup>Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku Univ.)

E-mail: link@lbc.mech.tohoku.ac.jp

## 1. 緒言

近年、無機単結晶半導体の性能と有機基板の柔軟性を融合したフレキシブル・ハイブリッド・エレクトロニクス(FHE)の研究が注目されている。FHEでは極薄化したSiチップを有機基板に実装する。単結晶Siでも厚さ50 $\mu\text{m}$ 以下で柔軟性を発現してくることは知られているが、薄化することによるデバイス特性の変動が懸念されている[1]。また、小さい曲率の繰り返し曲げに対する長期信頼性は十分とは言えない。我々は、先端の半導体パッケージング技術を応用し、厚さ100 $\mu\text{m}$ の硬い単結晶Siチップを有機基板に内蔵させ、ウエハレベルで集積化する新しいFHEの作製手法を提案した。前回の発表では、PDMSを基板として採用し、この上の金属配線の破断を防ぐためには応力緩衝層(SBL: Stress Buffer Layer)が重要であることを示した。また、濡れ性の低いPDMS上に高い密着性で配線を形成する方法と、作製した高集積FHEが高い繰り返し曲げ耐性を持つことを述べた。本稿では、特性の異なる2種類のSBLを用いて高集積FHE評価サンプルを作製し、繰り返し曲げ試験を行って両者の機械的耐久性を評価した。

## 2. 実験

まず、Siウエハ上に圧縮成型した生体適合性PDMS(Silastic MDX4-4210 / Dow)を波長172nmエキシマ光により表面改質した後にSBLを厚さ30 $\mu\text{m}$ となるようにスピン塗布した。次いで、スパッタによりTi 15 nm、Au 500 nmを成膜し、最後にフォトリソグラフィとウェットエッチングにより配線を形成することによって評価サンプルを作製した。SBLにはヤング率の異なる2種類の材料を用いた。それぞれのヤング率は0.9GPa、および2.3GPaであった。繰り返し曲げ試験は、Tension-free U-shape folding tester (DLDMLH-FS / Yuasa)を用いた。配線幅は10 $\mu\text{m}$ 、50 $\mu\text{m}$ 、100 $\mu\text{m}$ の3種類とし、曲率半径20mmで曲げ試験を行った。また、四端子測定法により配線抵抗を測定した。

## 3. 結果と考察

Fig. 1に示すように、ヤング率0.9GPaのSBLを用いた高集積FHE評価サンプルでは曲げ回数20回の時点ですべての配線が断線している。これに対し、ヤング率2.3GPaのSBLを用いた評価サンプルでは幅50 $\mu\text{m}$ 、100 $\mu\text{m}$ の配線で1000回の曲げ試験後も電氣的に導通している。基板として用いたPDMSのヤング率は0.5MPaであり、破断伸びは500%のエラストマーである。このPDMSが曲がる際に配線にかかる応力を低減させるのがSBLの役割である。今回、ヤング率が低いSBLでは、PDMSの変形に追従して伸長したため、配線にかかる応力が大きく破断が生じたと

考えられる。一方、ヤング率が高いSBLでは、PDMSの変形を吸収することによって評価サンプルの機械的耐久性を大幅に向上させることができた。発表当日には、応力シミュレーションの結果や曲げ特性に影響を与える他の要因についても議論する。

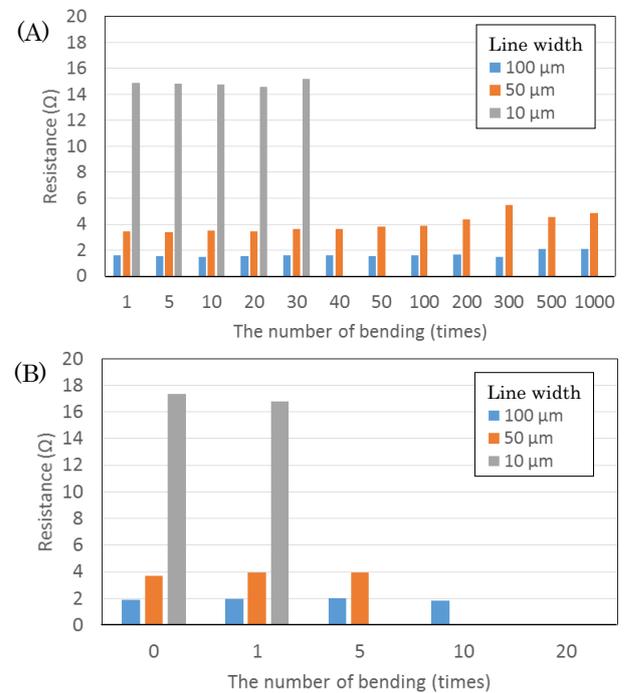


Fig 1. Resistance comparison between before/after bending with a curvature radius of 20 mm. (A) SBL with Young's modulus of 0.9 GPa. (B) SBL with Young's modulus of 2.3 GPa.

## 4. まとめ

本研究では高い信頼性を示す高集積FHE作製のため、異なるヤング率を持つ2種類のSBLを用いて評価サンプルを作製し、繰り返し曲げ試験によってその機械的耐久性を評価した。ヤング率0.9GPaのSBLよりもヤング率2.3GPaの硬いSBLを搭載した評価サンプルでより高い機械的耐久性を示した。

### 参考文献

- [1] K. Lee, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi *et al.*, *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 34, pp. 1038-1040, 2013
- [2] Y. Susumago *et al.*, 第65回応用物理学会春季学術講演会予稿集, pp.512, 2018.