

# 三次元集積化における異種材料間の熱膨張係数差がおよぼす影響

## Effects of CTE mismatch between different materials on transistor performance in 3D integration

○木野 久志<sup>1</sup>、池ヶ谷 俊介<sup>2</sup>、小柳 光正<sup>3</sup>、田中 徹<sup>4</sup>

(1.東北大学際研、2.東北大工、3.東北大未来研、4.東北大院医工)

○Hisashi Kino<sup>1</sup>, Shunsuke Ikegaya<sup>2</sup>, Mitsumasa Koyanagi<sup>3</sup>, Tetsu Tanaka<sup>4</sup>

(1. FRIS, Tohoku University, 2. School of Engineering, Tohoku University,

3. NICHe, Tohoku University, 4. Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University)

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

三次元集積回路(Three dimensional integrated circuit: 3D IC)では異種材料間の熱膨張係数差により局所応力が生じる恐れがある。本発表では局所応力がトランジスタに与える種々の影響に関する評価結果を報告する。

【緒言】IC はトランジスタの微細化を指導原理として高性能化が進められてきた。しかしながら、単純な微細化ではICの性能向上は飽和しつつあることが明らかになってきた。そこで近年は Fin FET に代表される新構造デバイスの開発、Ge や GaAs に代表される Si 以外の新材料導入、そしてトランジスタだけでなくセンサや MEMS などの異種デバイス集積によりこれまでの技術では到達不可能な高性能および新機能を発現させている。このように異種材料が集積されつつある現状において材料間の熱膨張係数差により生じる機械的応力が危惧されている。

特に複数の IC チップを縦方向に積層し、Si 基板を貫通する配線(Through Si Via: TSV)によって電氣的接続を行う 3D IC においては各 IC チップの厚さは 50  $\mu\text{m}$  以下まで薄化されている。そのため、各 IC チップの曲げ剛性は極度に低下しており、図 1 に示すように金属マイクロバンプとアンダーフィル材の熱膨張係数差で生じる応力の影響を顕著に受ける[1,2]。

本研究では局所曲げ応力の問題のみを抽出するために試作したテスト構造を用いて熱膨張係数差で生じる局所曲げ応力がトランジスタの特性に与える影響を評価した。

【実験】3D IC では局所曲げ応力の問題以外にも TSV からの Cu 汚染、Si 基板薄化によるゲッターリング効果の低下などの問題を内包している。そこで本研究では金属マイクロバンプの代わりに Si ダミーバンプを有するテスト構造を試作することで局所曲げ応力の問題のみを抽出した。テスト構造の試作は図 2 に示す工程で行った。試作したテスト構造の形状測定およびトランジスタの電気測定を行うことで局所曲げ応力の影響を評価した。

【結言】テスト構造による評価の結果、異種材料間の熱膨張係数差で生じる局所曲げ応力は薄化 Si 基板に大きな歪を与え、トランジスタ特性にも大きな影響を与えることが判明した。三次元集積化回路の実用化展開のためには異

種材料間の熱膨張係数差によって生じる機械的応力の影響を抑制することが重要である。

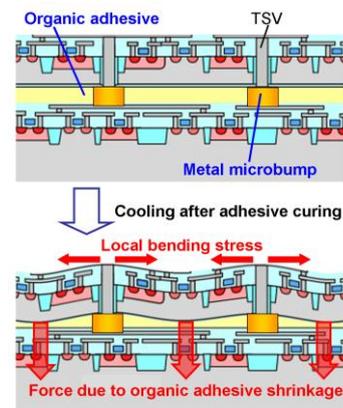


Fig. 1. Schematic cross-sectional images of 3D IC expressing local bending stress due to the CTE mismatch between organic adhesive and metal microbumps.

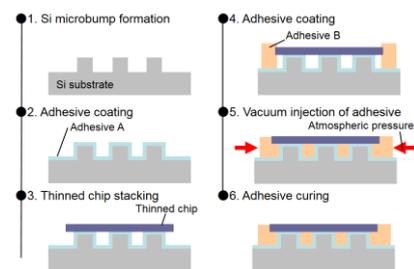


Fig. 2. Process flow of the test structure fabrication.

### 【参考文献】

- [1]H. Kino, *et al.*, "Analysis of Local Bending Stress Effect on CMOS Performance Fabricated in Thinned Si Chip for Chip-to-Wafer 3D Integration," *JJAP*, **52**, No. 4 (2013)
- [2]H. Kino, *et al.*, "Local Bending Stress Reduction with Room-Temperature Curing Adhesive for Decrease in Keep-out-Zone (KOZ) of 3D IC," 64<sup>th</sup> ECTC (2013)

〔謝辞〕本研究の一部は JSPS 科研費 25820133 からの助成を受けたものです。本研究の一部は東北大学大学院工学研究科附属マイクロナノマシニング研究教育センターおよび Global Integration Initiative (GINTI)で行われた。