

室温硬化型樹脂による 3D IC 内の機械応力低減に関する検討

Investigation of Mechanical-Stress Reduction in 3D IC with Room Temperature Curing Adhesive

東北大院工¹, 東北大未来研², 東北大院医工³○木野 久志¹, 福島 誉史², 小柳 光正², 田中 徹^{1,3}Dept. of Bioengineering and Robotics, Tohoku Univ.¹,NiChe, Tohoku Univ.², Dept. of Biomedical Engineering, Tohoku Univ.³,○Hisashi Kino¹, Takafumi Fukushima², Mitsumasa Koyanagi², and Tetsu Tanaka^{1,3}

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

【背景】Si 貫通配線(Through-Si Via : TSV)を用いた三次元集積化技術は MOSFET の微細化に依らない LSI の高性能化手法として高い関心を寄せられている。しかし、市場への普及に向けて、まだ解決すべき課題は多い。特に機械的応力の影響は非常に懸念されている事項の一つである。三次元集積回路(3D IC)では積層された LSI チップ間の電気的接続を TSV と金属マイクロバンプで行い、機械的接続を主にアンダーフィル剤で行っている。一般にアンダーフィル剤には有機材料が用いられており、金属マイクロバンプに対して非常に大きな熱膨張係数(Coefficient of Thermal Expansion : CTE)を有している。そのため、図 1 に示すようにアンダーフィル剤の熱硬化収縮により LSI チップには曲がりが発生する。また、薄化された LSI チップは断面二次モーメントが低下するため、アンダーフィル剤の熱硬化収縮による曲がりが増大する。このように三次元集積化時には金属マイクロバンプを固定端とした局所曲げ応力が発生し、LSI 上の素子特性に影響を与えることが危惧されている [1]。

アンダーフィル剤の硬化収縮する量は硬化温度から室温までの温度差によって決定される。そこで本研究では室温硬化型樹脂を用いることでアンダーフィル剤における温度差を無くし、CTE 差による局所曲げ応力を抑制し、その効果を評価した。

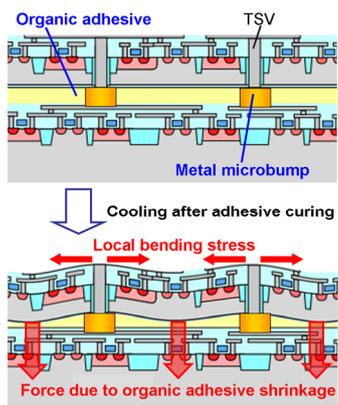


Fig. 1. Schematic cross-sectional images of 3D IC expressing local bending stress due to the CTE mismatch between organic adhesive and metal microbumps.

【実験】本研究では金属マイクロバンプの代わりに Si バンプを用いることにより薄化 LSI チップに局所曲げ応力を発生させる。バンプ材として Si を用いることで金属汚染の影響を排除した局所曲げ応力のみ影響のみが評価可能となる。また、Si

は加工が非常に容易なため、任意の形状での形成が可能となり、制御された局所曲げ応力を発生させることが可能となる。

Si バンプは Bosch プロセスにより作製した。作製した Si バンプは面積 $20\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m}$ 、高さ $20\ \mu\text{m}$ 、ピッチ $50\ \mu\text{m}$ である。この Si バンプが形成された Si 基板上に $35\ \mu\text{m}$ まで薄化した Si チップを接着し、基板とチップ間にアンダーフィル剤であるエポキシ樹脂を注入後、エポキシ樹脂の硬化処理を行った。エポキシ樹脂の硬化収縮により薄化 Si チップには曲がりが生じる。曲がりが生じた薄化 Si チップ上の表面形状を測定することにより局所曲げ応力の影響を評価した。本研究では室温硬化型樹脂の他に比較として加熱硬化型樹脂もアンダーフィル剤として用いた。加熱硬化型樹脂の硬化温度は 190°C である。

【結果】図 2 に接着剤の収縮による薄化 Si チップの変形量とバンプ間隔の関係を示した。図に示すように室温効果型樹脂を用いた場合は加熱効果型樹脂を用いた場合より 60% 以上の変形量低減に成功している。一般に、曲げ応力および歪量は表面形状の傾きの増減具合、つまり表面形状における縦方向変位を横方向変位によって 2 階微分した結果に比例することが知られている。従って、実験結果は室温硬化型樹脂を用いた場合は加熱硬化型樹脂を用いた場合と比較しチップ上の全ての位置で曲げ応力および Si の歪量が 60% 以上低減可能であることを示している。これはマイクロバンプ付近の KOZ (Keep-out Zone) 縮小に有効であることを意味しており、室温硬化型樹脂が 3D IC 内の機械負荷低減に非常に有効であることが示された。

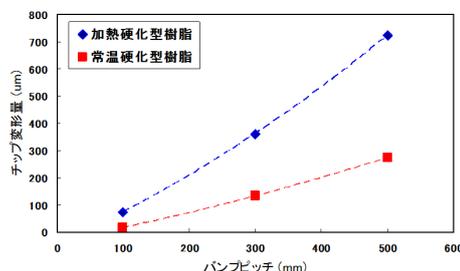


Fig. 2. Effect of Si-microbump pitch on the Si-chip deflection for two types of adhesives.

[謝辞] 本研究の一部は JSPS 科研費 25820133 の助成を受けたものです。

[参考文献]

[1] H. Kino *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **52** (2013) 04CB11.