

ALCA-Next

「半導体」領域

2023 年度 年次報告書

2023 年度採択

[野村政宏]

[東京大学生産技術研究所 教授]

[フォノンエンジニアリングに立脚した 3DIC 放熱技術開発]

主たる共同研究者:

[高木剛 (東京大学大学院工学系研究科 主幹研究員)]

[霜垣幸浩 (東京大学大学院工学系研究科 教授)]

[藤岡洋 (東京大学生産技術研究所 教授)]

実施期間 : 2023 年 11 月 15 日～2024 年 3 月 31 日

§1. 研究開発成果の概要

三次元 IC の立体構造とパワー密度増大による接合温度上昇は克服すべき課題であり、高効率な放熱技術開発は必須である。本研究開発では、TSV および BEOL 部に用いられている低熱伝導率の SiO_2 絶縁膜を一部高熱伝導 AlN で代替することにより高放熱性を実現することを目指す。そして、半導体産業の進化と CO_2 排出量削減の両立を可能にする 3DIC の実現に貢献する。

本年度は、プロジェクト開始時に、結晶成長、プロセス、計測、評価、シミュレーションという一連の流れがスムーズにいくよう対面会議によって研究体制を構築した。結晶成長グループが Si 上に成膜した AlN の熱伝導解析を実施し、有効なデータを得るとともに、結晶解析も実施した。

AlN の導入効果について、DRAM を積層した HBM 構造の TSV 絶縁膜として従来の SiO_2 に替えて AlN を用いた場合の熱シミュレーションを行い、チップ内の最高到達温度が低減できることを示した。また、CVD 法により、深いトレンチ構造に対しても良好な AlN のステップカバレッジ性を確認し、TSV 絶縁膜への適応可能性を実証した。

また、FM-CVD 法による AlN の低温 (400°C 以下) 製膜技術開発を行うにあたり、重要となる原料供給方法について量子化学計算を行い、 Al 原料ガス中に含まれる不純物のふるまいを検討し、不純物の影響を抑制できるプロセス条件の方向性を見出した。実験機製造に向けてメーカーの調査を行った。

また、スパッタリング法を用いて TSV や BEOL 用の高熱伝導絶縁膜を 400°C 以下で成長する手法の開発を念頭に、スパッタ AlN 膜中の点欠陥として、 Al 空孔アクセプターとドナーの複合欠陥が支配的であることを解明し、また、 AlN /界面バッファ/基板構造の結晶品質を大幅に向上させる成長プロセスを発見するなど、予定どおりの研究成果を得た。

【代表的な原著論文情報】

1. B. Kim, F. Barbier–Chebbah, Y. Ogawara, L. Jalabert, R. Yanagisawa, R. Anufriev, and M. Nomura, “Anisotropy reversal of thermal conductivity in silicon nanowire networks driven by quasi-ballistic phonon transport,” ACS Nano, accepted.
2. T. Takagi, T. Ninomiya, M. Niwa, S. Obara, T. Momose, Y. Shimogaki, M. Nomura, H. Fujioka, M. Mori, and T. Kuroda, “High thermal conductivity AlN films for advanced 3D Chiplets,” 2024 IEEE SYMPOSIUM ON VLSI TECHNOLOGY & CIRCUITS, accepted