

日本－台湾研究交流「AI システム構成に資するナノエレクトロニクス技術」 2021年 年次報告書	
研究課題名（和文）	AI チップ技術に向けた三次元異種機能集積 hCFETs
研究課題名（英文）	3D Heterogeneous Complementary Field Effect Transistors (hCFETs) for AI Chip Technology
日本側研究代表者氏名	張 文馨
所属・役職	産業技術総合研究所・研究員
研究期間	2020年4月1日～ 2023年3月31日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
Wenhsin CHANG 張 文馨	Researcher, AIST, NeRI 産総所 ナノエレクトロニクス研究部門 研究員	異種材料集積 基板作製
Tatsuro MAEDA 前田 辰郎	Research Manager, AIST, NeRI 産総所 ナノエレクトロニクス研究部門 研究主幹	異種材料集積 基板作製
Hiroto ISHII 石井 寛仁	M1, Tokyo Univ. Sci., Faculty Indus. Sci. Tech. 東京理科大学 基礎工学部 学生	異種材料集積 基板作製
Seiji SAMUKAWA 寒川 誠二	Professor, Tohoku Univ., Inst. Fluid Sci. 東北大学 流体科学研究所 教授	超低損傷加工 技術開発
Daisuke OHORI 大堀 大介	Research Associate, Tohoku Univ., Inst. Fluid Sci. 東北大学 流体科学研究所 共同研究員	超低損傷加工 技術開発
Takahiro SAWADA 澤田 堯廣	M1, Tohoku Univ., Inst. Fluid Sci. 東北大学 流体科学研究所 学生	超低損傷加工 技術開発
Junichi HATTORI 服部 淳一	Researcher, AIST, NeRI 産総所 ナノエレクトロニクス研究部門 研究員	TCAD シミュ レーション
Koichi FUKUDA 福田 浩一	Senior Researcher, AIST, NeRI 産総所 ナノエレクトロニクス研究部門 主任研究員	TCAD シミュ レーション
Tsutomu IKEGAMI 池上 努	Asst. Policy Administrator, AIST, ITRI 産総所 情報技術研究部門 総括主幹	TCAD シミュ レーション

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

より高密度集積された hCFET SRAM 回路を実現するため、これまで開発してきた低温異種材料接合技術を 8 インチウェハーにて実証する。hCFET のチャンネルバランスを考慮して異種材料チャンネルの多層化構造化にも着手する。また、東北大の中性粒子ビームを用いて Ge 層の無欠陥超均一薄膜化（エッチバック）技術を開発する。膜全体の膜厚均一性として±1 nm 以下を目指す。さらに、TCAD シミュレーションにより、hCFET の構造最適化を図る。

3. 日本側研究チームの実施概要

今年度は昨年度開発した SOI 構造をベースにした chip-to-chip 低温異種材料接合技術の 8 インチウェハー化を実施した。図 1 に SOI と GeSOI ウェハーの接合工程を示す。接合界面を形成する接合絶縁膜として、SOI 上に熱酸化 SiO₂ を使用し、GeSOI 上に ALD SiO₂ を使い、200 度の低温で直接接合を行なった。その後、研削、研磨により GeSOI ドナー基板を 750 μm から 50 μm に薄くし、ほぼ均一にできていることを確認した。さらに、台湾 TSRI で Deep RIE とウェットエッチングを掛けて、Ge を露出させる。実際に得られたウェハーの写真は図 1 に示す。これにより、8 インチウェハーの異種材料接合が実現した。今後このプラットフォーム基板を用いることで、より安定し、歩留まりの高いデバイスの実現に向けて大きく前進する。

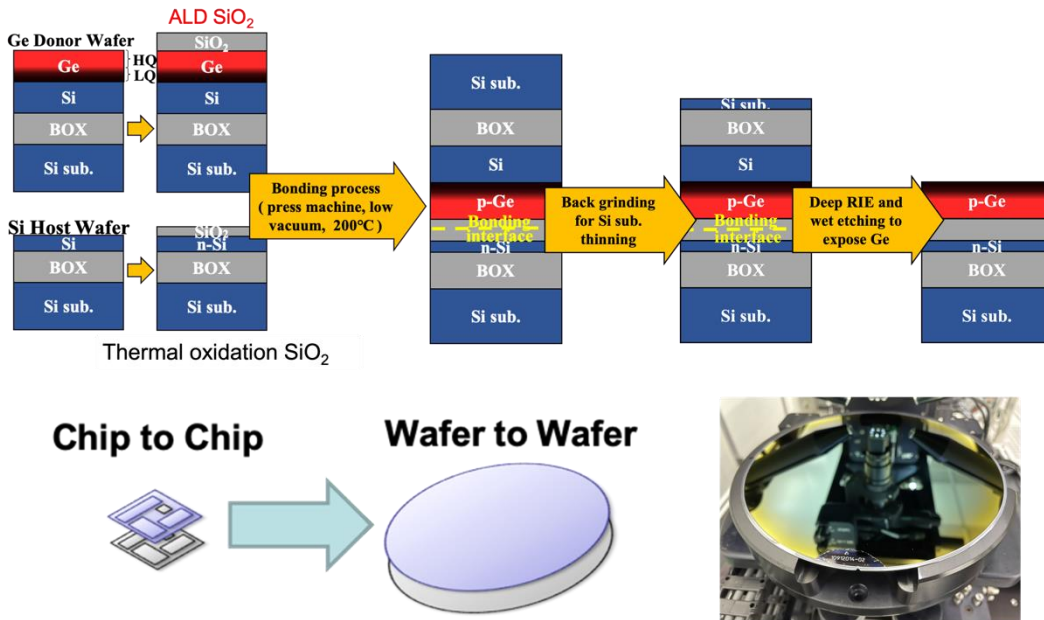


図 1. 8 インチ SOI 基板と GeSOI 基板の低温異種材料接合技術

また、中性粒子ビームエッチングによる GeOI 面内のエッチング均一性について調べたところ、Ge 面内ばらつきは±0.75nm で、エッチング前よりも改善しているように見える。中性粒子ビームの均一性や方向性が従来プラズマに比べて良好であることを示しており、特に原子層レベルの平坦化技術として有望である。中性粒子ビームエッチングにおけるエッチングの面内均一性およびエッチレートは極めて安定してお

り、異種材料接合技術として不可欠な技術である。

TCAD シミュレーションにより、hCFET の電気的および熱的挙動の初期検討も行った。二つのトランジスタのチャンネル材料が異なり、それぞれの物性値の温度依存性も異なるため、環境温度によって、hCFET インバータは相応のしきい値変化が認められる。