

令和 7 年 4 月 2 4 日

放射線に強く高温（500℃）でも動く半導体チップを量産工場で初試作：
SiC 集積回路ファウンドリに向けた世界初の取り組み

【本研究成果のポイント】

1. 世界で初めて SiC 集積回路試作を量産ファブで行った。
2. 広島大とフェニテックセミコンダクター（株）合同チームの成果であり、「地域中核・特色ある研究大学強化促進事業（通称 J-PEAKS）」の一環である。
3. 今後チップに集積する素子数を増やし、SiC 集積回路の大規模化を進める。

【概要】

広島大学ではこれまで科研費基盤研究(S)「人類のフロンティア拡大を支える SiC 極限環境エレクトロニクスの確立」などのもと、500℃の高温や高放射線下でも駆動可能なシリコンカーバイド半導体集積回路の研究開発を行ってきた。従来エレクトロニクスの使用は温度で最大150℃程度、耐放射線性1kGy（キロ・グレイ）程度に制限されてきたが、SiC集積回路はこの利用範囲を大幅に広げるものであり、EV 電気自動車などでの冷却不要な集積回路や、金星探査などの宇宙開発、福島第一原発の廃炉作業ロボットなど、多くの応用が期待されている。

これまで SiC 集積回路の作製は、広島大学 半導体産業技術研究所 スーパークリーンルームで行い、ロジック回路・アナログ回路・CMOS イメージセンサなどの研究開発を進めてきた。この研究は半導体エレクトロニクスの応用範囲を大幅に広げるものであり、世界的にも注目されている。SiC集積回路の大規模化を進め、社会実装するためには、民間企業への技術移管などによる SiC 集積回路ファウンドリ（半導体生産工場）の立ち上げが急務である。そのためには量産ラインでの SiC 集積回路製造プロセスの整備と試作デバイスからのデバイスパラメータ抽出が必要である。これを行うために 2024 年 5 月に広島大学とフェニテックセミコンダクター株式会社による合同チームをつくり、第一回目の設計と試作製造を進めてきた。集積回路・デバイス設計は主に広島大学が担当し、製造プロセス検討は合

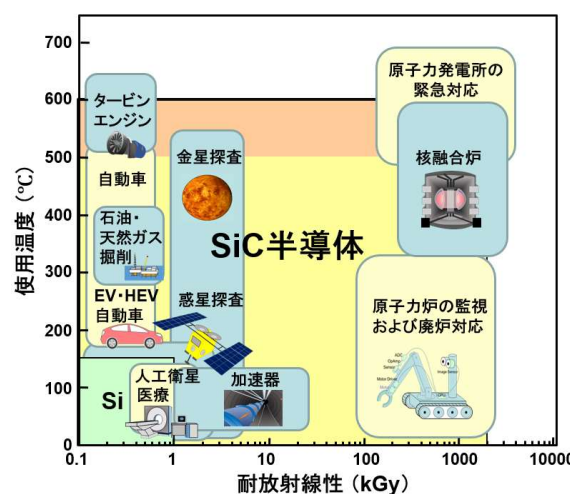


図 1. 本研究開発で社会実装を目指している SiC 半導体集積回路のアプリケーション：EV 用集積回路から、宇宙用、福島第一原発の廃炉用など多岐にわたる。

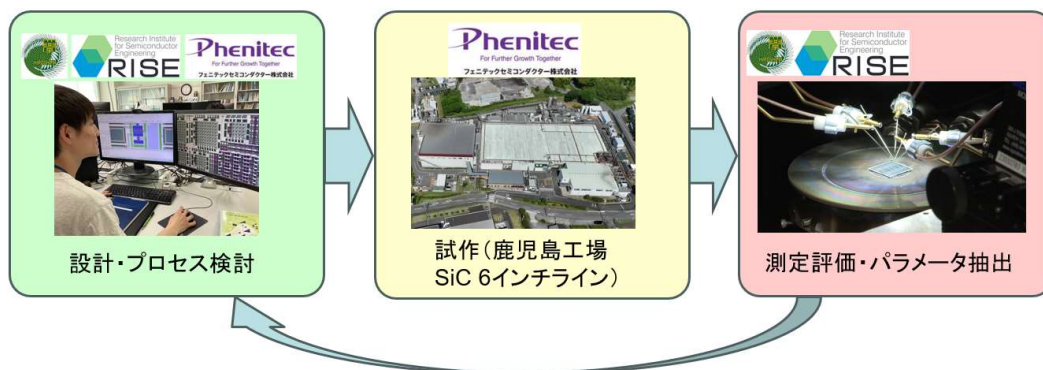


図 2. 本 SiC-IC 社会実装プロジェクトでの設計・試作・評価の流れ。

同で行い、試作はフェニテックセミコンダクター株式会社の 6 インチ SiC 量産ファブで行った。今後、SiC 集積回路の設計・製造の環境整備を進め、チップに集積する素子数を増やし、SiC 集積回路の大規模化を進める。

【背景】

シリコンカーバイド半導体 (SiC) は、パワー半導体デバイスとして新幹線や EV 電気自動車などで使われ始めている。SiC はバンドギャップが広く原子間結合が強い性質を持ち、このため SiC デバイスは高放射線・高温などの極限環境でも駆動可能である。広島大学では、極限環境下でも駆動可能な SiC 集積回路の研究開発を進めており [1-3]、これまで EV 用などの高温駆動集積回路 [4、9] やメモリ [5]、福島第一原子力発電所廃炉のための耐放射線 SiC イメージセンサ [6、7、8] などの研究開発を進めてきた。本研究開発では図 1 に示すようなアプリケーションへの社会実装を目指している。

【成果の内容】

本プロジェクトでは SiC 集積回路・デバイス設計は主に広島大学が担当し、製造プロセス検討は合同で行い、試作はフェニテックセミコンダクター株式会社の 6 インチ SiC 量産ファブで行った。この設計・試作・測定評価の流れを図 2 に示す。本研究開発は図 3 に示す広島大学とフェニテックセミコンダクター株式会社との合同チームで進めた。この SiC 量産ファブでは SiC パワー半導体デバイスの生産を行っているが、パワー半導体デバイスは SiC 集積回路と構造が大きく違い、製造プロセスも大きく違う。また SiC 集積回路には多層配線を導入する必要もある。これらを合同チームで議



図 3. 広島大学とフェニテックセミコンダクター株式会社による合同チーム。

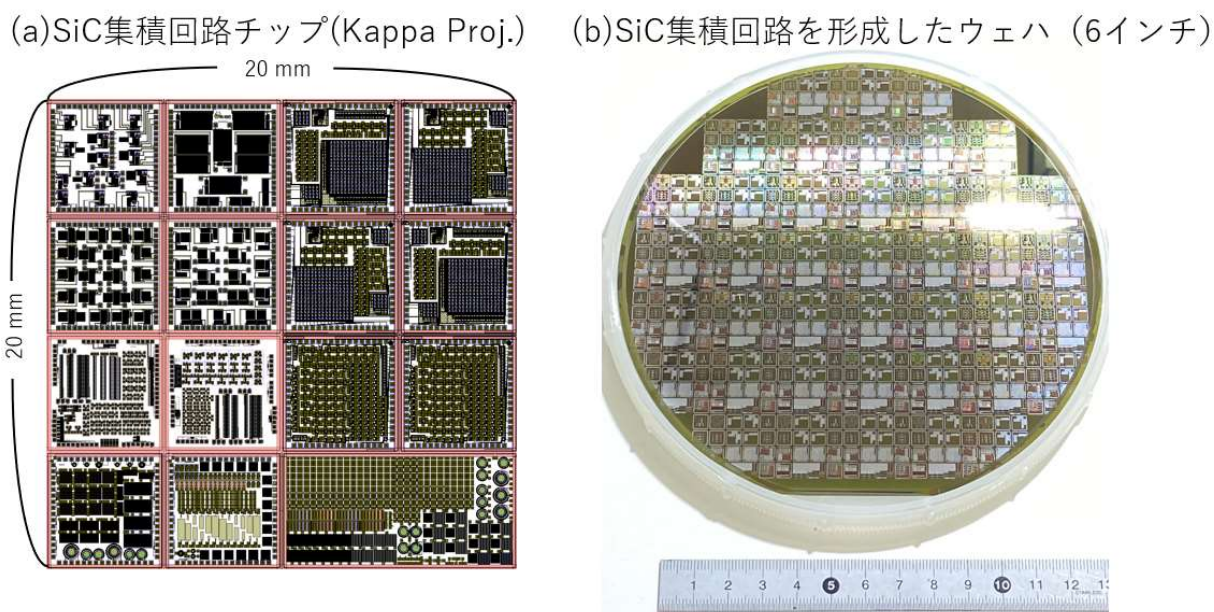


図 4. SiC 集積回路チップの設計レイアウトとチップを形成した SiC ウェハ。

論して、新しく製造プロセスを構築し、今回半導体チップ製造を行った。

図 4 に今回作製した SiC 集積回路チップの設計レイアウトと SiC ウェハを示す。EV 用集積回路や廃炉対応用の SiC CMOS イメージセンサのテストチップに加え、デバイス・プロセス評価のためのデバイスが多数集積されている。2025 年 4 月、量産ラインでの第一次製造が完了し、フェニテックセミコンダクター株式会社から広島大学へ SiC 集積回路の試作製造ウェハが引き渡された。SiC 集積回路の量産ファブでの試作製造は、世界で初めてのことであり、社会実装のための重要な一歩となる。

【今後の展開】

今後、今後 SiC 集積回路設計・製造の環境整備を合同で進め、SiC 集積回路の大規模化を進める。また自動車産業、宇宙産業や原子炉・核融合炉などのエネルギー産業などのシステムメーカーとの連携を強化し、これらを取りまとめながら、SiC 集積回路ファウンドリの立ち上げのための SiC 集積回路の共通プラットフォームを構築する。

地域中核・特色ある研究大学強化促進事業（J-PEAKS）とは

地域の中核大学や研究の特定分野に強みを持つ大学が、その強みや特色のある研究力を核とした戦略的経営のもと、他大学との連携等を図りつつ、研究活動の国際展開や社会実装の加速等により研究力を強化することで、我が国全体の研究力の発展を牽引する研究大学群の形成を推進することを目的としている。Program for Forming Japan's Peak Research Universities の通称。広島大学は 2023 年度に採択され、2028 年度までの 6 年間で総額 55 億円の財政支援が予定されている。

【参考資料】

[1] 日本学術振興会 科研費 基盤研究(S) 「人類のフロンティア拡大を支える SiC 極限環境エレクトロニクス確立」(課題番号：24H00035)(研究代表：黒木伸一郎)

https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-24H00035/24H00035_saitaku_gaiyo_ja.pdf

[2] F-REI 福島国際研究教育機構・廃炉向け遠隔技術高度化及び宇宙分野への応用事業「シリコ

- ンカーバイド半導体による MGy 級耐放射線イメージセンサの研究開発」(研究代表：黒木伸一郎)
https://www.f-rei.go.jp/assets/contents/240401_robot_03.pdf
- [3] 文部科学省 次世代 X-nics 半導体創生拠点形成事業「集積 Green-niX 研究・人材育成拠点」
<https://www.titech.ac.jp/public-relations/research/stories/green-nix>
- [4*] V. V. Cuong, T. Meguro, S. Ishikawa, T. Maeda, H. Sezaki and S. -I. Kuroki, “Thermal Stability of Gate Driver Circuits Based on 4H-SiC MOSFETs at 300 °C for High-Power Applications,” IEEE J. Electron Devices Soc. 13,161-167(2025).
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10908627>
- [5] Shin-Ichiro Kuroki, Toya Kai, Taisei Ozaki, Kazutoshi Kojima, Akinori Takeyama, Takeshi Ohshima, and Yasunori Tanaka “4H-SiC Radiation Hardened Static Random Access Memory,” IEEE Electron Device Lett., 45(12), 2280-2283 (2024).
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10689414>
- [6] Tatsuya Meguro, Masayuki Tsutsumi, Akinori Takeyama, Takeshi Ohshima, Yasunori Tanaka and Shin-Ichiro Kuroki, “4H-SiC 64 pixels CMOS image sensors with 3T/4T-APS arrays,” Appl. Phys. Express, 17, 081005-1 - 081005-5 (2024).
<https://iopscience.iop.org/article/10.35848/1882-0786/ad665f>
- [7] Masayuki Tsutsumi, Tatsuya Meguro, Akinori Takeyama, Takeshi Ohshima, Yasunori Tanaka, and Shin-Ichiro Kuroki,” Integrated 4H-SiC Photosensors With Active Pixel Sensor-Type Circuits for MGy-Class Radiation Hardened CMOS UV Image Sensor,” IEEE Electron Device Lett. 44(1), 100 - 103 (2023).
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9969646>
- [8] Tatsuya Meguro, Akinori Takeyama, Takeshi Ohshima, Yasunori Tanaka, Shin-Ichiro Kuroki, “Hybrid Pixels With Si Photodiode and 4H-SiC MOSFETs Using Direct Heterogeneous Bonding Toward Radiation Hardened CMOS Image Sensors,” IEEE Electron Device Lett., 43(10), 1713 - 1716 (2022).
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9862971>
- [9*] Vuong Van Cuong, Tatsuya Meguro, Seiji Ishikawa, Tomonori Maeda, Hiroshi Sezaki, Shin-Ichiro Kuroki, “Amplifier Based on 4H-SiC MOSFET Operation at 500 °C for Harsh Environment Applications,” IEEE Trans. Electron Devices, 69(8), 4194 - 4199(2022).
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9810204>

*印：フェニテックセミコンダクター株式会社との共同研究

【お問い合わせ先】

半導体産業技術研究所 黒木伸一郎 Tel：082-4 2 4-6 2 6 7 E-mail：skuroki@hiroshima-u.ac.jp

発信枚数：A 4 版 4 枚（本票含む）