SOI-Si/4H-SiC の直接貼り合わせとフォトダイオード形成 Direct bonding of SOI-Si/4H-SiC and photodiode formation

 $^{\circ}(M1)$ 長谷部 史明¹, 目黒 $^{\circ}$ 達也¹, 牧野 高紘², 大島 武², 田中 保宣³, 黒木 伸一郎¹

1広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所,2量子科学技術研究開発機構,3産業技術総合研究所

°Fumiaki Hasebe¹, Tatsuya Meguro¹, Takahiro Makino², Takeshi Ohshima²,

Yasunori Tanaka³, Shin-Ichiro Kuroki¹

¹Research Inst. of Nanodevice and Bio Systems, Hiroshima Univ.,

²National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST),

³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

E-mail: {fumi-hasebe, skuroki}@hiroshima-u.ac.jp

【はじめに】 近年、半導体分野の応用は多岐に渡り、特に福島第一原発の廃炉のための高放射線 耐性のあるイメージセンサが求められている。SiC 半導体は広いバンドギャップを持つことから、 極限環境下で駆動可能な半導体材料の一つとして挙げられる。本研究グループでは 4H-SiC を用い た nMOSFET を作製し、高温および高線量ガンマ線照射後での動作を確認した[1,2]。しかし SiC は その広いバンドギャップより、フォトダイオードに十分な可視光感度を有していない。そこで、 SiC トランジスタと Si フォトダイオードの利点を組み合わせることで、極限環境下で動作可能な イメージセンサの実現を目指す。本研究では 4H-SiC と SOI 基板を貼り合わせ、4H-SiC 上の Si フ ォトダイオードを作製し、動作確認を行ったので報告する。

【デバイス作製方法】 4H-SiC と SOI の両基板の熱酸化を行い、それぞれ 20nm の酸化膜を形成 した。SPM 洗浄後、濃度 0.5%のフッ化水素酸(DHF)により両基板の貼り合わせを行った。その後、 24 時間の加圧を行った。貼り合わせプロセスの後、SOI 基板のハンドル層と BOX 層のエッチン グを行い、4H-SiC 上に厚さ 1.5µmの Si デバイス層を形成した。フォトダイオード形成時は接合 前に SOI 基板表面にボロンをイオン注入で導入した。この SOI 基板を 4H-SiC 基板に上記方法で 接合した後、Si ハンドル基板を TMAH 溶液でエッチングした。上部酸化膜をエッチング後、イオ ン注入でリンを表面に導入した。その後 Si エッチングを 2 段階で行い、下部 p⁺-Si 電極を有する フォトダイオードとした。その後層間絶縁膜を SOG(Spin-On-Glass)により形成し、コンタクトビ アのエッチング後、AI 電極を形成した。

【測定結果】図1に4H-SiC上に形成した SOI-Si 層を示す。SOI 基板の表面単結晶 Si 層のみ、4H-SiC 基板上に残っていることがわかる。図2に作製した4H-SiC上のSiフォトダイオードの顕微 鏡写真を示す。接合状態を保ったまま、デバイス作製を行うことができた。これにより本プロセ スにおいて十分な貼り合わせ強度を有すると確認できた。光遮断時におけるI-V測定を行い、4H-SiC上Siフォトダイオードの整流特性を確認した。このように4H-SiCとSOI 基盤を貼り合わせ ることにより、耐放射線性イメージセンサのための4H-SiC上のSiフォトダイオードの作製が可 能であることを示した。

【謝辞】 本研究の一部は、文部科学省「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 戦略的原子力共同研究プログラム」の成果である。

 S. S. Suvanam, S-I. Kuroki, L. Lanni, R. Hadayati, T. Ohshima, T. Makino, A. Hallen, C.-M. Zetterling, IEEE Tran. Nucl. Sci., 64, 852-858 (2017).

[2] S-I. Kuroki, H. Nagatsuma, M. De Silva, S. Ishikawa, T. Maeda, H. Sezaki, T. Kikkawa, T. Makino, T. Ohshima, M. Östling, and C.-M. Zetterling, Mat. Sci. Forum, 858, pp864-867 (2016).



Fig. 1. SEM cross-sectional micrograph of

SOI/4H-SiC bonded wafer.



Fig. 2. Micrograph of the fabricated single-crystal Si

photodiodes on 4H-SiC.