n⁺-Si/p-ダイヤモンドヘテロ接合ダイオードの作製と電気特性評価



 Fabrication and electrical characterization of n⁺-Si/p-diamond heterojunction diodes

 (DC)上東 洋太¹、大曲 新矢²、梅沢 仁²、山田 英明²、梁 剣波¹、重川 直輝¹

 ¹大阪市立大学大学院工学研究科、²産業技術総合研究所

Yota Uehigashi¹, Shinya Ohmagari², Hitoshi Umezawa²,

Hideaki Yamada², Jianbo Liang¹, and Naoteru Shigekawa¹

Osaka City Univ.¹, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)²

E-mail: uehigashi@zr.osaka-cu.ac.jp

[研究背景] ダイヤモンドは高い物性値を有することから次世代のパワーデバイスへの応用が期待される。しかし、ダイヤモンドをパワーデバイスに応用するにあたり、いくつかの課題がある。①ダイヤモンドショットキーダイオードにおいて高温の熱処理で電気特性が劣化する課題がある¹⁾。②n型ダイヤモンドの報告は少なく、その導電性制御は課題を残している²⁾。これまで 我々は、ダイヤモンドデバイスの課題の解決を目指し、表面活性化接合法(SAB法)により、p型 Si/p型ダイヤモンドへテロ接合ダイオードの作製を行い、ダイオード特性を実証し、耐熱性が期待 される Cu/ダイヤモンドショットキーダイオードと同等の耐熱性を示した^{1,3)}。本研究では、SAB 法により n型 Si と p型ダイヤモンドを直接接合し、pn ダイオードを作製した。

[結果] CVD 成長中に金属原子を意図的に混入させ ることで、結晶性を改善する金属援用終端法(metalassisted termination: MAT) を導入してダイヤモンド エピタキシャル基板を作製した⁴⁾。高圧高温合成で 作製した p 型 IIb ダイヤモンド(100) 基板(B 濃度 10¹⁸ cm⁻³)上に CVD 法により MAT バッファ層(B 濃度 5×10²⁰ cm⁻³, W 濃度 1×10¹⁹ cm⁻³, 膜厚 7 µm)、 p型ドリフト層(B 濃度 1×10¹⁶ cm⁻³)をエピタキ シャル成長した。ドリフト層表面を 20 µm まで研 磨した後、n型 Si(100)層(Sb 濃度 10¹⁹ cm⁻³、層厚 6.5 µm)を最表面層とする Silicon-on-insulator 基板と SAB 法により直接接合した。研磨とウェットエッチング により、Si 基板と SiO₂ 層を除去し、n 型 Si/p 型ダイ ヤモンド接合を実現した。Si メサ形成後、ダイヤモンド 裏面と n 型 Si 層上に Ti/Au の蒸着を行った。オー ミック形成のために 430 ℃/30 min で熱処理を行い、 ダイオードを作製した。作製したダイオードの断面構造 の模式図と電流電圧特性(I-V 特性)を図 1,2 に示 す。また比較として過去に報告した 430 ℃ 熱処理 後の p 型 Si /p 型ダイヤモンドヘテロ接合ダイオ ードの I-V 特性の結果を示す³⁾。 n 型 Si /p 型ダ イヤモンドヘテロ接合ダイオードの立ち上がり電圧 は p 型 Si /p 型ダイヤモンドヘテロ接合ダイオー ドに比べ、高電圧側にシフトした。これはバンド構 造の違いを反映しており、本講演ではその詳細を議 論する。



Fig. 1. Schematic cross section of n⁺-Si/pdiamond heterojunction diodes fabricated by surface activated bonding.



Fig. 2. Current-voltage characteristics of n^+ -Si/p-diamond heterojunction diodes and p^+ -Si/p-diamond heterojunction diodes³⁾ at room temperature.

[謝辞] 本研究の一部は JSPS 科研費 JP20K04581 の助成を受けて実施された。

- 1) K. Ueda *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 04EP05 (2014).
- 2) S. Koizumi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **71**, 1065 (1997).
- 3) Y. Uehigashi *et al.*, Diam. Relat. Mater. **120**, 108665 (2021).
- 4) S. Ohmagari *et al.*, Appl. Phys. Lett. **113**, 032108 (2018).