

ダイヤモンド結晶中への金属原子ドーピングとエレクトロニクス展開 Metal impurity doping in diamond crystals and their application toward electronics

¹産総研, ²九大総理工

○大曲 新矢¹, Phongsaphak Sittimart^{1,2}, 吉武 剛², 山田 英明¹

¹AIST, ²IGSES Kyushu Univ.,

○S. Ohmagari¹, P. Sittimart^{1,2}, T. Yoshitake², H. Yamada¹, and H. Yamada¹

E-mail: shinya.ohmagari@aist.go.jp

ダイヤモンド半導体は、極限的な物性と耐環境性を兼ね備えた、ロバストな電子材料である。近年、ダイヤモンドのエレクトロニクス応用を意識した研究開発が盛んであり、大型ウェハについてはヘテロエピタキシャル法やモザイク法により、2インチを超える大口径化が実現している。これまでに、優れた材料物性に起因したデバイス性能が報告されてきたが、「バラツキ（歩留り・信頼性）制御」に課題を残している。例えば、ショットキーバリアダイオード (SBD) では、比較的小さな電極径 (<100 $\mu\text{m}\Phi$) で高い整流特性と低いリーク電流を有する理想的な特性が得られるが、大きな電極径ではリーク電流の顕著な増大と耐圧低下が生じることが問題となっている¹⁾。

我々は、ダイヤモンドエピ膜中に金属原子 (W または Ta などの遷移金属) を高濃度 (10-100 ppm) に添加することで、結晶性および均一性が向上することを発見した²⁾。図 1(a)にカソードルミネッセンス (CL) 像を示す。基板中には、欠陥に由来する発光スポット (Band-A: 430 nm) が多数観測されるが、金属原子を添加した膜中では、発光スポットが大きく減少し、欠陥の減少を示唆する結果が得られた。図 1(b)に、金属原子添加前後のダイオード特性比較を示す。同一面内に 65 個の SBD を形成し、全ての特性を評価した。金属原子添加を伴わないエピ成長では、65 個中 23 個 (35%) の素子で低いリーク電流を示す一方で、42 個 (65%) の素子でデバイス特性が劣化した。金属原子添加後は、測定した 65 個すべてのデバイスで、リーク電流が装置検出限界以下の良好な特性を示し、順方向においても均一な特性を示した。以上の様に、構造欠陥に極めて敏感な SBD で、金属原子添加によるデバイス特性改善効果を実証した。本技術を各種ダイオード、FET 構造に適用することにより、デバイスの性能・歩留り改善が期待できる。一方、欠陥低減のメカニズムについては未解明な点が多く残されており、電子論的、構造論的見地からの考察が必要である。

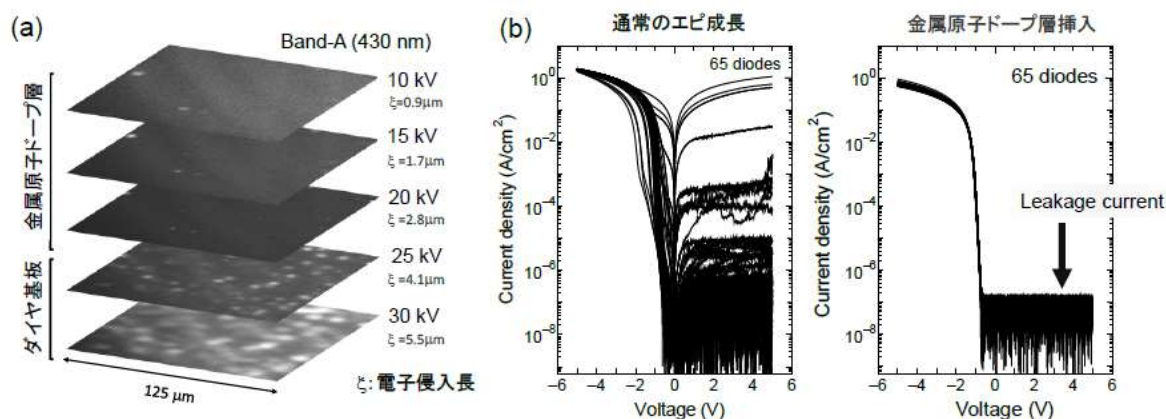


図 1. (a) 金属原子ドーピング膜中および基板の Band-A (欠陥由来) カソードルミネッセンス発光像。電子線の加速電圧を変化させることで、電子の侵入長 (ξ) を変化させた。 (b) 金属原子ドーピングバッファ層挿入前後でのショットキーバリアダイオードの特性比較。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 (15K18043, 19K15295) の支援を受けた。

参考文献

- [1] H. Umezawa, Mater. Sci. Semicond. Proc. 78 (2018) 147.
- [2] S. Ohmagari et al., Appl. Phys. Lett. 113 (2018) 032108.