

## 半導体ダイヤモンドにおける不純物ドーピング制御ならびに デバイス化技術の進展

Recent progress of impurity doping and device fabrication technologies  
based on CVD diamond semiconductor

産総研 ○加藤宙光, 小倉政彦, 牧野俊晴, 竹内大輔, 山崎聡

AIST, ○Hiromitsu Kato, Masahiko Ogura, Toshiharu Makino, Daisuke Takeuchi, Satoshi Yamasaki

E-mail: hiromitsu.kato@aist.go.jp

ダイヤモンドは、化合物半導体とは異なり化学両論比や結晶多形がなく、高純度化しやすい単元素の共有結合半導体である。強靱な炭素共有結合や短い結合長に基づく、広い禁制帯幅、高い絶縁破壊特性や熱伝導率を有することから、パワーデバイス、高周波素子や耐環境性素子など種々の半導体デバイス応用へ高い期待が寄せられる。また、ダイヤモンド中の窒素－空孔複合欠陥が持つ電子スピン特性は、室温において非常に長いスピン格子緩和時間を持つことから量子デバイスの材料としても有望視される。これらダイヤモンドに特徴的なデバイス実現のためには、高品質な結晶成長およびウエハ大型化、p 型 n 型不純物ドーピングによる伝導制御技術や接合技術、デバイス化プロセス開発をはじめ、デバイス性能の実証研究や実装技術、システム開発など統合的な研究開発が求められる。近年のマイクロ波プラズマ化学気相堆積法によるダイヤモンド結晶成長技術の成熟により、高品質なダイヤモンド結晶成長や安定した不純物ドーピングが可能となり、各種ダイオードや電界効果型トランジスタの素子開発が飛躍的に進展してきた。例えば、低誘電率が故の深いドーパント準位・キャリアの局在化がダイヤモンド半導体の伝導制御における大きな課題であったが、 $10^{20}\text{cm}^{-3}$ を超える高濃度ドーピング技術をいち早く確立し、密な不純物準位を介したホッピング伝導を接合デバイスへ活用することでデバイス化への活路を見出してきた。炭素の共有結合が強いため、多量の不純物が入ったとしても強靱な  $\text{sp}^3$  構造を崩さないことに由来する一つの特色と言える。このホッピング伝導とバンド伝導を直接接合することで、室温はもちろんのこと低温から高温までの広い温度範囲で動作可能な興味深いダイオードおよびトランジスタ特性が得られている。本稿では不純物ドーピングによる伝導制御ならびにデバイス化技術に着目し、これらの基盤要素技術の開発状況を述べると共に、課題や今後の展開について紹介する。

【参考文献】例えば、[1] H. Kato, et. al., APL 93, 202103 (2008). [2] K. Oyama, et. al., APL 94, 152109 (2009). [3] Toshiharu Makino, JJAP 51, 090116 (2012). [4] D. Takeuchi et.al., PSS(a) 208, (2011) 2073. [5] H. Kato, et.al., APL 109, 142102 (2016). [6] T. Matsumoto, Scientific Reports 6, 31585 (2016).

【謝辞】本研究は一部、科研費 17H02786、MEXT/Q-LEAP、JST/CREST (JPMJCR1773) の支援を受けたものである。