

ホッピング伝導層を用いたダイヤモンド p⁺-i-n⁺接合の電気特性

Electrical properties of diamond p⁺-i-n⁺ junction using hopping p⁺ and n⁺ layers

産総研エネ部門¹, CREST/JST², 筑波大³ ○牧野俊晴^{1,2,3}, 桑原大輔^{1,2,3},

加藤宙光^{1,2}, 竹内大輔^{1,2}, 小倉政彦^{1,2}, 大串秀世^{1,2}, 山崎聡^{1,2,3}

ETRI, AIST¹, CREST/JST², Univ. of Tsukuba³ ○T. Makino^{1,2}, D. Kuwabara^{1,2,3},

H. Kato^{1,2}, D. Takeuchi^{1,2}, M. Ogura^{1,2}, H. Okushi^{1,2}, and S. Yamasaki^{1,2,3}

E-mail: toshiharu-makino@aist.go.jp

ダイヤモンドは、高絶縁破壊電界、高熱伝導度、高キャリア移動度等の優れた半導体特性を兼ね備えており、高性能電子デバイス・光電子デバイスへの応用が期待されている。一方で、ダイヤモンドは誘電率が低いために不純物のドーピングレベルが深く、室温でのキャリアの活性化率が低いのが現状である。したがって、ダイヤモンドで上記デバイスの基本構造である pn 接合や pin 接合を形成した場合、p 層や n 層の抵抗が高く、室温での順方向電流は低くなってしまふ。

この問題を克服するために、我々は p 層と n 層の不純物濃度を室温でもホッピング伝導を示すまで高くした低抵抗 p⁺層・n⁺層（不純物濃度： $\sim 10^{20}$ cm⁻³）を用いたダイヤモンド p⁺-i-n⁺接合（i 層膜厚：200 nm）を作製してきた。この接合は-190 °Cの低温でも高い順方向電流密度（100 A/cm²以上）を示し、順方向バイアス印加時に p⁺層（n⁺層）のホッピング伝導レベルから i 層の価電子帯（伝導帯）に障壁がなく高濃度のキャリアが注入されていることを報告してきた[1]。本研究では i 層の膜厚を増加した場合の電気特性を観測し、キャリア輸送特性について解析をおこなった。

図1に本研究に用いた p⁺-i-n⁺接合の基本構造を示す。p⁺層と n⁺層には不純物濃度が 10²⁰ cm⁻³ のホッピング伝導層を用いた。様々な膜厚の i 層を p⁺層と n⁺層で挟み込んだ構造になっており、メサ構造を形成した後、p⁺層と n⁺層に電極を形成した。図2に一例として i 層膜厚が 2.8 μm のダイヤモンド p⁺-i-n⁺接合の室温での電流密度—電圧特性を示す。i 層膜厚を 2.8 μm まで増加しても 100 A/cm² の高い順方向電流密度を実現できていることがわかる。これは、伝導度変調によって i 層の抵抗が十分低くなっていることを示している。すなわち、i 層全体に渡ってキャリアの高注入状態（i 層中の固定電荷密度以上に過剰な自由電子・自由正孔が注入された状態）が実現していることを示しており、p⁺層（n⁺層）から i 層に高濃度の自由電子（自由正孔）が注入できていることによって、この特性が引き出せていると考えられる。このように、ホッピング伝導層を用いた接合は、ダイヤモンドを大電流動作を伴う電子デバイスや光電子デバイスへ適用する際に非常に有益である。当日は、より厚い i 層をもった p⁺-i-n⁺接合のデータも紹介し、詳細な電気特性について議論する。

謝辞：本研究の一部は、（独）産業技術総合研究所 IBEC の支援を受けて実施された。

参考文献： [1] 牧野俊晴, 他, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 講演予稿集 06-055 (2013).

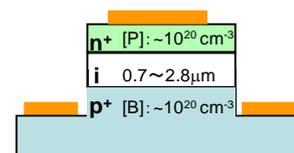


図1 ダイヤモンド p⁺-i-n⁺接合の構造

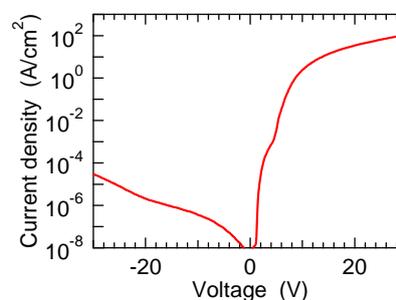


図2 ダイヤモンド p⁺-i-n⁺接合の室温での電流密度—電圧特性