

単一光子源形成に適したダイヤモンド薄膜の成長

Diamond films growth for single photon emitter formation

物材機構¹, 原子力機構², Ulm 大学³, 筑波大⁴

寺地 徳之¹, 山本 卓^{1,2}, 小泉 聡¹, 渡邊 賢司¹, 小野田 忍²,

大島 武², NAYDENOV Boris³, JELEZKO Fedor³, 磯谷 順一⁴

NIMS¹, JAEA², Univ.Ulm³, Univ.Tsukuba⁴ °Tokuyuki TERAJI¹, Takashi YAMAMOTO^{1,2}, Satoshi KOIZUMI¹, Kenji WATANABE¹,
Shinobu ONODA², Takeshi OHSHIMA², Boris NAYDENOV³, Fedor JELEZKO³, Junichi ISOYA⁴

E-mail: TERAJI.Tokuyuki@nims.go.jp

【緒言】ダイヤモンド中に形成される NV センター（窒素－空孔複合欠陥）や SiV センター（シリコン－空孔複合欠陥）は、最近、単一光子源（一度に 1 個の光子を放射する光源）として注目されている。結晶成長時に窒素あるいはシリコンの原料を供給する事で、この発光センターが成長膜中に形成される。発光センターを単一光子源とするためには、それらの濃度を 10^{13}cm^{-3} 以下の低濃度領域で制御する必要がある。これは、電気伝導性を付与するためのドナー・アクセプタ濃度領域に比べて 2 ケタ以上小さい値であり、ダイヤモンド結晶成長における一つのチャレンジと言える。また、スピン操作と伴う場合には、炭素同位体濃縮による結晶中の核スピン濃度制御も求められる。本研究では、核スピンを持たない ^{12}C 炭素で同位体濃縮したダイヤモンド合成において、SiV センターや NV センターの濃度をどの程度制御し得るかを調べた。

【実験】IIa(100)単結晶基板に、マイクロ波プラズマ CVD 法により ^{12}C 同位体濃縮ダイヤモンド薄膜をホモエピタキシャル成長させた[1, 2]。 ^{12}C 同位体比が 99.999%のメタンを用い、膜厚~20 μm のダイヤモンド薄膜を合成した。カソードルミネッセンス (CL)、あるいはレーザー光 (532 nm) を励起光源に用いた共焦点顕微鏡 (CFM) を用いて、ダイヤモンド中の発光センターを評価した。

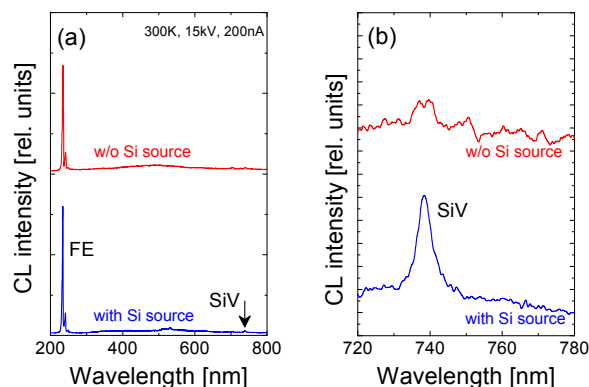


図 1 : ^{12}C (99.998%)CVD ダイヤモンド単結晶の室温での CL スペクトル; (a)ワイドレンジ, (b)750nm 近傍

【結果・考察】ダイヤモンド薄膜の同位体比は SIMS 分析から ^{12}C :99.998%である事が、また炭素置換位置の窒素濃度は ESR 測定から 1ppb 以下であった。図 1 に、典型的な室温での CL スペクトルを示す。Si 固体源が無い場合、図 1 に赤線で示すように SiV 発光が観測されなかった。一方で、結晶合成時に、下地基板近傍に Si 固体源を配置した場合、図 1 に青線で示すように SiV センターの発光が 738nm に現れた。発光強度が小さいことから、SiV の濃度は低いと考えられる。CFM を用いた光子アンチバンシング測定から、SiV が単一発光源である事が分かった。また複数の SiV センターを評価した結果、SiV ゼロフォノンライン波長は $738.4 \pm 0.05\text{nm}$ 、また線幅は 4.6 nm と、発光センター間でのばらつきが小さかった。

【謝辞】本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的国際科学技術協力推進事業「日独共同研究」および日本学術振興会科学研究費補助金 (23360143) の助成を受けたものである。

[1] T. Teraji et al., Appl. Phys. Exp. **6**, p.045801 (2013). [2] T. Teraji, Thin Solid Films, in press.