

効率的な IV 族-V センター形成のための熱処理時間依存性評価

Evaluation of Annealing Time Dependence for Efficient Creation of Group IV-V Center

群馬大¹, 量研², 横国大 QIC³, 物材機構⁴

○(M2) 馬場智也^{1,2}, 小野田忍^{2,3}, 木村晃介^{1,2}, 加田渉¹, 谷口尚⁴, 宮川仁⁴, 大島武², 花泉修¹

○Gunma Univ.¹, QST², YNU-QIC³, NIMS⁴

○Tomoya Baba^{1,2}, Shinobu Onoda^{2,3}, Kosuke Kimura^{1,2}, Wataru Kada¹, Takashi Taniguchi⁴,

Masashi Miyakawa⁴, Takeshi Ohshima², Osamu Hanaizumi¹

E-mail: t221d069@gunma-u.ac.jp, baba.tomoya@qst.go.jp

[はじめに]

ダイヤモンド中の蛍光欠陥である窒素-空孔(NV: Nitrogen-Vacancy)センターは、量子情報デバイスや量子センサへの応用が注目されている。NV センター以外にも、IV 族イオンのシリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)、スズ(Sn)と原子空孔(V)で構成された蛍光欠陥(IV 族-V センター)も量子情報デバイスへの応用が期待されている。IV 族-V センターは、ゼロフォノン線(ZPL: Zero Phonon Line)からの発光が数十パーセント以上もあり、NV センターの ZPL(約 4%)と比べて高効率であるために、容易に観察可能な単一光子源として量子情報通信応用へ向けた研究が進められている¹。それに加えて、極低温においてミリ秒単位の長いスピン緩和時間が期待できるという点で、NV センターと同様に量子情報デバイスへの応用にも期待が集まる^{1,2,3}。IV 族-V センター形成するためには、イオン注入時に形成された空孔を IV 族イオンと結合させるための高温熱処理が必要である。しかし、IV 族-V センター形成のための熱処理条件に関する研究は十分とは言えない。そこで我々は、IV 族-V センターを形成するための熱処理プロセスに着目し、高速昇温可能な高温熱処理装置を使用して熱処理時間依存性評価を行い、効率的な IV 族-V センター形成条件を調べた。

[実験及び結果]

本研究では、高温高圧(HPHT)ダイヤモンド試料を用いた。Si、Ge、及び Sn イオンを 3MV タンデム加速器により 18 MeV で加速させ、試料表面からの深さ約 3 μm に注入した。次に、Ar 中で高速熱処理 (RTA: Rapid Thermal Annealing) 炉を用いて熱処理を施した。熱処理プロセスは次の通りである。まず、1 分で 300°C に昇温し、300°C を 10 分保持、30 秒で 1750°C に昇温し、30 秒で 1800°C まで昇温させた。1800°C で 1 分~10 分で熱処理を行った。熱処理後、フォトルミネッセンス(PL: PhotoLuminescence)測定を行った。PL 測定は、堀場製作所の顕微レーザーラマン分光測定装置 LabRAM HR Evolution を使用し、532 nm のレーザー(CW)で測定を行った。熱処理と PL 測定を交互に繰り返す行う事によって熱処理時間と蛍光欠陥の PL 強度の関係を調べた。

Fig.1 に 1800°C で 20 分の熱処理を行った試料の PL スペクトルを示す。IV 族イオンを注入したすべての試料において、それぞれの蛍光欠陥を形成することに成功した。Fig.2 に熱処理温度を 1800°C に固定した際の各蛍光欠陥からの PL 強度の熱処理時間依存性を示す。Si 注入試料では、1 分の熱処理で PL 強度が最大となった。Ge 注入試料では、10~20 分で PL 強度が最大となった。Sn 注入試料では、40 分で PL 強度が最大となった。すべての蛍光欠陥は PL 強度が最大になった後に減少した。1800°C の熱処理において、IV 族イオンの質量数が増加すると PL 強度の最大となる熱処理時間が長くなることが分かった。発表では、熱処理時間と IV 族-V センター形成の関係について議論する。

[参考文献]

¹T. Iwasaki et al., PRL 119, 253601 (2017), ²L. Rogers et al., PRB 89, 235101 (2011),

³T. Iwasaki et al., Sci. Rep., 5, 12882 (2015)

[謝辞]

本研究は JST ムーンショット型研究開発事業・JPMJMS2062 の支援を受けた。

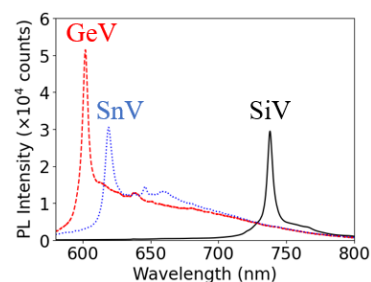


Fig.1 PL spectrum of SiV, GeV and SnV after annealing at 1800°C for 20 minutes in Ar ambient.

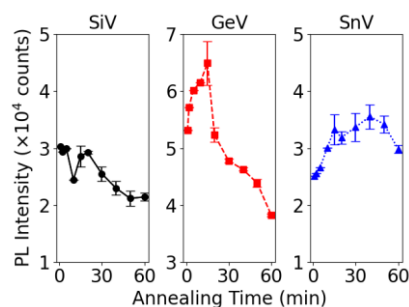


Fig.2 PL Intensity of SiV, GeV and SnV as a function of annealing time.