

銅等電子中心発光のドーピング濃度依存性

Dope concentration dependent photoluminescence of copper isoelectronic centers

NTT ナノフォトニクスセン¹, NTT 物性基礎研² ○角倉 久史^{1,2}, 倉持 栄一^{1,2}, 谷山 秀昭^{1,2}, 納富 雅也^{1,2}NTT NPC¹, NTT BRL² ○H. Sumikura^{1,2}, E. Kuramochi^{1,2}, H. Taniyama^{1,2}, and M. Notomi^{1,2}

E-mail: sumikura.hisashi@lab.ntt.co.jp

【はじめに】これまで我々は銅等電子中心をドーピングしたシリコンフォトニック結晶ナノ共振器を作製し、銅等電子中心のフォトルミネッセンス (PL) 強度と PL レートが Purcell 効果で増大することを示した[1]。また銅等電子中心の放射再結合レートが従来の銅ドーピングシリコン基板で報告されている値よりも 2 桁以上大きいことを示唆する結果が得られている。そこで本研究ではイオン注入による銅ドーピング量が異なる試料を複数作製し、銅等電子中心の PL 強度および PL レートの銅ドーピング濃度依存性を調べた。そして未だ解明されていない銅等電子中心の形成過程や等電子中心アンサンブルの協同発光効果 (超蛍光) による放射再結合高速化の可能性を議論する。

【実験】イオン注入装置を用いて SOI ウェハにドーピング量 $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ の銅イオンを注入した。そして銅等電子中心形成のため、高速アニール装置を用いて同一条件でアニールした。試料は 4 K まで冷却した。等電子中心からの PL 強度とその時間発展は分光器を通して InGaAs アレイ検出器と超伝導単一光子検出器でそれぞれ測定した。

【結果】フォトニック結晶構造がない銅ドーピング SOI ウェハの PL スペクトルを図 1(a)に示す。イオンドーピング量が増加するに従い、波長 1227.5 nm 付近に見られる銅等電子中心ゼロフォノン線の PL スペクトルピークは増大した。このときの PL 積分強度のドーピング濃度依存性を図 1(c)に示す。PL 積分強度はドーピング量に比例せずに 2 乗の関数 (赤曲線) と一致することが分かった。一方で図 1(b)と(c)に示すようにドーピング量の変化に対して PL レートは殆ど変わらず、PL 寿命は 27 ns 前後であった。SOI 中にある銅等電子中心の PL レートはほぼ非発光レートと等しいため、この結果は非発光過程がイオン注入時のドーピング量に依存しないことを示している。今回得られた PL 強度のドーピング濃度依存性は、銅等電子中心濃度がイオンドーピング量の 2 乗に比例する、もしくは等電子中心濃度がイオンドーピング量に比例すると共に協同発光効果によって放射再結合レートが等電子中心濃度に比例することが原因と考えられる。

【文献】[1] 角倉ら, 2012 年秋季応物 13a-PA5-11, H. Sumikura et al., Sci. Rep. 4, 5040 (2014).

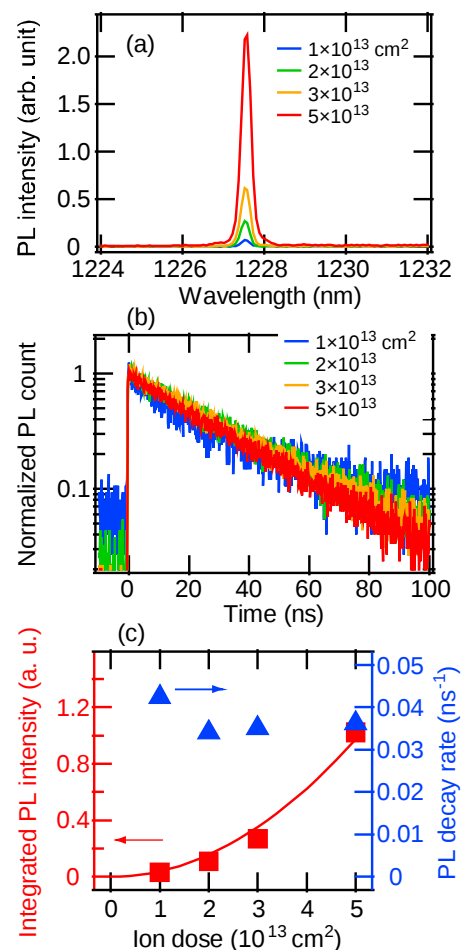


Figure 1 (a) PL intensities and (b) PL decays of copper-doped SOI wafers, (c) PL intensity and PL decay rate as a function of copper-ion dose.