

シリコンフォトニック結晶共振器にドーピングされた銅等電子中心の超高速発光

Ultrafast emission of copper isoelectronic centers doped in silicon photonic crystal cavities

NTT ナノフォトニクス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共振器を作製し、共振器内にある銅等電子中心の発光強度と発光レートが増大することを観測した[1]。これらの現象は共振器による Purcell 効果に由来し、フォトニック結晶共振器が将来のシリコン発光デバイスや半導体不純物を用いた量子光デバイスの実現に有用であることを示した[2]。そこで本発表では、更なる発光増強に向けて等電子中心アンサンブルの発光過程とその濃度依存性を調べるために、アニール条件やイオン注入による銅ドーパ量を変化させた試料を作製した。そして共振器と結合した銅等電子中心の発光強度およびレートの試料作製条件依存性を調べた。

【実験】イオン注入装置を用いてドーパ量 $5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ の銅イオンを SOI ウェハに注入した。そして銅等電子中心濃度を変化させるために高速アニールの温度を変えながら、銅等電子中心の PL 強度を低温 (4 K) で測定した (図 1a)。アニール時間は 30 秒とした。更に 700 度と 800 度でアニールした SOI ウェハにそれぞれ Q/V (V はモード体積) の異なるフォトニック結晶共振器を複数作製し、共振器と結合した銅等電子中心の PL レートを超伝導単一光子検出器により測定した (図 1b, c)。

【結果】図 1a から銅等電子中心の発光強度はアニール温度が 700 度の時に最大となり 800 度の時に比べ約 8 倍増大した。また 700 度でアニールした試料では、等電子中心が $Q \sim 16,000$ の共振器と結合したとき、PL 寿命は 0.6 ns となりこれまでで最も寿命が短い超高速な発光が観測された (図 1b)。共振器結合時の PL レートは図 1c に示すように Q/V に対し線形に変化している。更に 700 度アニールの試料では、PL レートが 800 度の試料に比べて全体的に高いことがわかった。これは銅等電子中心の自然放出レートがアニール温度もしくは銅等電子中心濃度に依存することを示唆している。

【文献】 [1] 角倉ら, 2011 年秋季応物 31p-ZR-4, [2] 角倉ら, 2012 年秋季応物 13a-PA5-11.

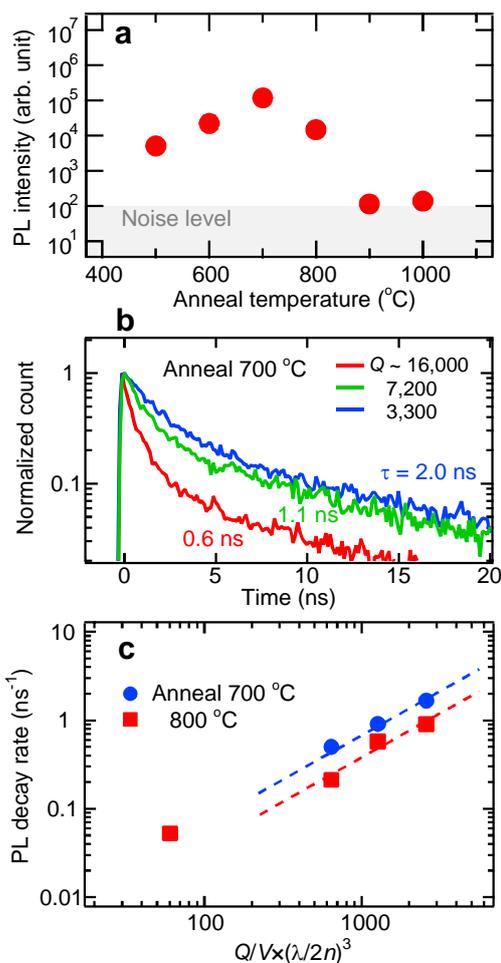


Figure 1. **a** PL intensity as a function anneal temperature, **b** PL decays of cavity-coupled copper lines, **c** PL decay rates of cavity-couple copper lines as a function of the normalized Q/V . The broken lines are eye guides.