

伸張歪 Ge-on-Si への室温光スピン注入

Optical spin injection into tensile strained Ge-on-Si at room temperature

東大院総合 ○安武裕輔, 林 周平, 深津 晋

University of Tokyo at Komaba ○Yuhsuke Yasutake, Shuhei Hayashi, and Susumu Fukatsu

E-mail: cyasutak@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

シリコンプラットフォームにおけるモノリシック光集積回路の実現に向けて IV 族半導体ベースレーザーへの要請は依然として強い。Si と Ge の熱膨張係数差を利用した伸張歪 Ge-on-Si におけるレーザー発振の試みをはじめとして¹、Ge の直接遷移端を利用した発光素子に注目が集まりつつある。一方、Ge は①Si と同様のダイヤモンド構造を有し、②核スピンの数が少ないことからスピンの輸送媒体としても期待されている。しかしながら Ge への光学的スピン注入・検出に関する報告は限られており²、伸張歪 Ge における報告例は現状、皆無の状態である。

本研究では、伸張歪 Ge 薄膜における円偏光フォトルミネッセンス(PL)を利用して、室温における伸張歪 Ge の直接遷移端(Γ 点)への明瞭な光スピン注入をはじめて観測したので報告する。

伸張歪Ge (Ge-on-Si) は、固体ソース分子線エピタキシーによる2段階成長法を用いて水素終端 Si(001) 基板上に作製した³。Ge-on-Siの室温円偏光PLスペクトル(1064nm励起)は、励起光の円偏光の方向(σ_+)に有意な偏りを示し (図 1 下)、 $\rho = [I(\sigma_+) - I(\sigma_-)] / [I(\sigma_+) + I(\sigma_-)]$ で定義される偏光度(DCP)は、スペクトルピーク形状とは異なる顕著なエネルギー分散とともに最大値は20%に達した (図 1 上)。これらはGe-on-Siにおける光スピン注入を直接示すものである。一方、バルクGeの定常励起の円偏光PLは、0.5%の精度では観測されなかった。この原因を探るため室温における直接遷移端発光の時間分解PLの比較を行った (図 2)。バルクGeの間接遷移端由来発光の長い寿命 ($\sim 100\text{ns}$)とは対照的に、Ge-on-Siでは直接遷移由来発光の短い寿命($<1\text{ns}$)のみが顕在化した (図3)。他方、Ge-on-Siの10K～室温の発光スペクトルは、間接遷移由来発光が極端に抑制された、直接遷移に偏重した形状となった。これら 2 つの結果は、等しくGe-on-Si における緩和の速い非発光散逸過程の増強を示している。つまり間接遷移由来の発光の寄与が減少することで、時間積分強度の小さな直接遷移成分が観測されるようになった。この事実は、時間分解測定におけるゲーティング⁴の有用性を示唆している。

[1] R. E. Camacho-Aguilera *et al.*, *Opt. Express* **20**, 11316 (2012).

[2] F. Pezzoli *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 156603 (2012).

[3] J.Liu *et al.*, *J. Appl. Phys.* **96**, 916 (2004).

[4] Y. Terada, Y. Yasutake, and S. Fukatsu, *Appl. Phys. Lett.* (to be published).

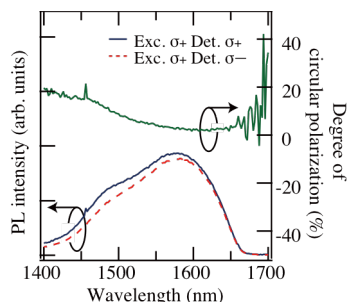


Fig. 1 RT Circularly-polarized spectra of Ge-on-Si: PL (Lower) and DCP (Upper).

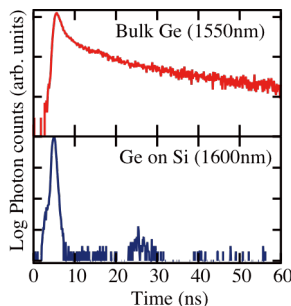


Fig. 2 PL decays of bulk Ge and Ge-on-Si recorded at RT.

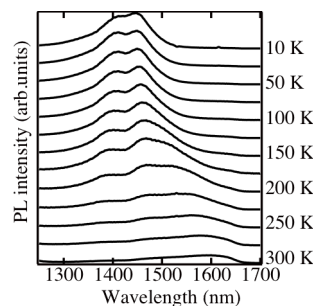


Fig. 3 Temperature dependent PL spectra of Ge-on-Si.