

円偏光 PLE による Ge 直接遷移端への光スピン注入

Optical spin injection to the direct edge of Ge studied by circular-polarized PLE

東大院総合¹, JST さきがけ², 京大化研³, 産総研⁴, 埼玉大院理工⁵°安武裕輔^{1,2}, 太野垣健^{3,4}, 大川洋平¹, 矢口裕之⁵, 金光義彦³ 深津 晋¹Univ. of Tokyo¹, JST-PRESTO², ICR, Kyoto Univ.³, AIST⁴, Saitama Univ.⁵°Y. Yasutake^{1,2}, T. Tayagaki^{3,4}, Y. Okawa¹, H. Yaguchi⁵, Y. Kanemitsu³ and S. Fukatsu¹

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

オンチップ光電子融合に向けて、Ge 直接遷移端を利用したIV族半導体ベース光増幅器・エミッタの実現が要求されている。また、Ge は(1)反転対称性を有し、(2)高い電子移動度、(3)適度なスピン軌道相互作用、(4)同位体選択による核スピン制御、といった特徴から次世代電子材料のみならずスピン輸送媒体としても期待されている。Si 基板上にエピタキシャル成長させた伸張歪 Ge は間接-直接遷移端変換による高効率 Ge 光エミッタを実現する上で重要である。一方、歪みによる結晶対称性の変化がスピン偏極に及ぼす影響は Ge スピントロニクスを指向する上で非常に興味深い。そこで Ge/Si 歪ヘテロ構造におけるバレー変調が電子スピン偏極に及ぼす影響を精査すべく、Ge 直接遷移端の円偏光 PLE を行ったので報告する。

試料は、①バルク Ge (~47Ωcm)、②伸張歪 Ge-on-Si、③Ge 多重量子井戸 (MQW: 10 周期 Ge (9.6 nm) / Si_{0.12}Ge_{0.88} (15.3 nm)) である。励起光源にはピコ秒 OPO を用いて 900~1240 meV の右円偏光 (σ+) 励起下で、円偏光 PL を測定し円偏光度 (DCP = [I(σ+) - I(σ-)] / [I(σ+) + I(σ-)]) を評価した。試料の PL からバルク Ge の直接遷移端と比較して、伸張歪 Ge、Ge MQW の発光ピークそれぞれ赤方、青方シフトしているのがわかる (図1)。通常、励起エネルギーが直接遷移端 (900 meV) + split-off バンド (270 meV) を含め励起すると円偏光度は 0 になるが、Γ-L バレー間散乱によるスピントフィルタ効果¹により励起エネルギーが小さくなるに従い、バルク Ge、Ge MQW では負→正の円偏光度の変化が観察された (図2)。一方、Ge-on-Si では正→負の円偏光度の傾向が観察された。伸張歪により Γ 点での HH と LH の縮退が解け直接遷移端では Γc - Γv (LH) 遷移が支配的になり、SO 励起-Γc-Γv (LH) で正の円偏光度が、HH 励起-Γc-Γv (LH) で負の円偏光度が生じたと考えられる。また SO 由来電子ラマン遷移も観察でき円偏光 PLE がバンド分散評価にも有効であることがわかる (図3矢印)。

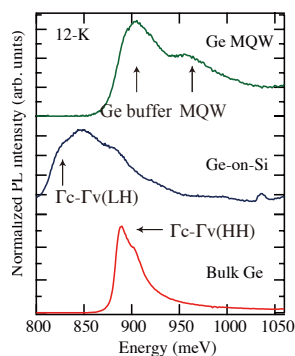


Fig.1 PL spectra of bulk Ge, Ge-on-Si, and Ge MQW. (Exc. energy : 1209 meV)

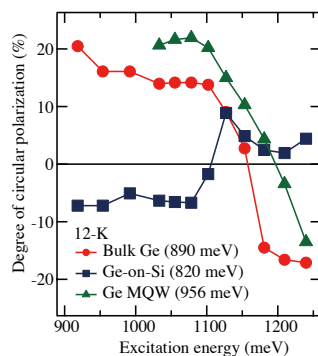


Fig.2 Excitation energy dependence of DCP.

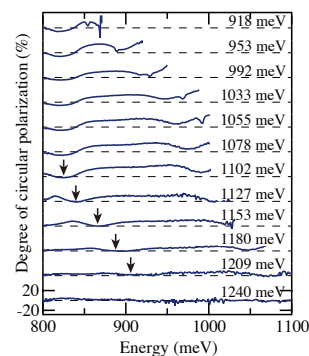


Fig.3 Excitation energy dependence of DCP spectra of Ge-on-Si.