

伸張歪ゲルマニウムにおける共鳴電子ラマン遷移

Resonant electronic Raman transitions in tensile-strained Ge

東大院総合(駒場)¹, JST さきがけ², 産業技術総合研究所³°松下 智昭¹, 安武 裕輔^{1,2}, 揖場 聡³, 齋藤 秀和³, 湯浅 新治³, 深津 晋¹Univ. of Tokyo¹, JST-PRESTO², AIST³°T. Matsushita¹, Y. Yasutake^{1,2}, S. Iba³, H. Saito³, S. Yuasa³, and S. Fukatsu¹

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

ゲルマニウム(Ge)は間接遷移半導体でありながら Γ 点バレーへの電子励起によって直接遷移発光が観測される。フォトリソの興味は専らここに集中している。その傍らスピン生成・輸送の観点からも Ge に注目が集まっている。

一方、Ge の示す興味深い物性として価電子帯(軽い正孔(LH)から重い正孔(HH))内の電子ラマン遷移(ER)が、蛍光スペクトルを背景に顕在化することがあげられる[1]。Ge の ER は双極子許容な 2 光子(正孔の垂直遷移)過程(図 1)であり、スピン分極率の指標である円偏光度(DCP), ($\sigma_+ - \sigma_-$)/($\sigma_+ + \sigma_-$) σ_+ 励起)は負で絶対値が 40%と直接端を上回る。電荷・スピン緩和と密接に関連する重要な過程でありながら(歪)Ge の ER に関する理解は現状、ほとんど進んでいない。

本研究では、伸張歪によって局所的にスプリットオフ正孔バンド(SO)-伝導帯(CB)ギャップ縮小を導入し、SO 起源の ER の発現とその制御を試みた。実験には 2 種類の伸張歪 Ge、1) 片持ち梁による[110]一軸性伸張歪($\leq 0.1\%$)Ge(001)基板、2)二軸性([110],[110]) 0.2%伸張歪 *n*-Ge-on-Si を用いた。評価には円偏光フォトルミネセンス(CPPL)を用いた。図 2 は無歪 Ge(001)と 1)のスペクトルの比較である。歪 Ge では 0.86 eV 近傍に 20 %を上回る負の DCP が発生し、入射光の偏光との強い相関を示した。 $k \cdot p$ 摂動によるバンド構造と CPPL の温度依存性に基づいてこのピークが SO 共鳴励起による ER (SO $\rightarrow$ CB $\rightarrow$ LH (HH))であることが判明した。ところで無歪 Ge ではバンド端に別起源とされてきた負の DCP が観測されるが、歪制御により実はこれが SO 起源の ER に他ならないことがわかった。さらに Ge-on-Si では SO-CB ギャップの縮小(>20meV)に伴ってピークが直接遷移蛍光に重畳し、SO 起源

の ER の DCP(-35%)は LH 起源の ER と同程度となった。また、パルス励起と伸張歪を導入した試料に限って LH 起源 ER のピークの先鋭化と顕著な輝度増大が観測された。

[1] S. Hayashi *et al.*, Spoken at E-MRS Fall Meeting

(Warsaw) J8-2 (2014).

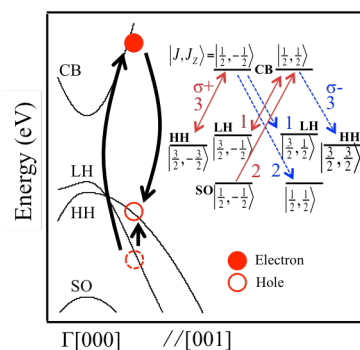


図 1 [110]一軸性歪 Ge バンド(Γ 点近傍). 矢印は LH $\rightarrow$ CB $\rightarrow$ HH の ER. 挿入図は $|J, m_J\rangle$ 表記の光学遷移の選択則.

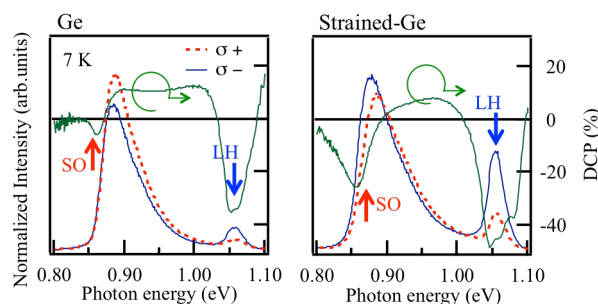


図 2 [110]一軸性歪 Ge の CPPL スペクトル(励起 1064 nm). 矢印は ER.