

19a-E11-5

Ge 伝導帯バレーの選択的光学励起法

Valley-selective optical excitation in Ge

東大院総合(駒場)¹, JST さきがけ² ○坂本 哲也¹, 安武 裕輔^{1,2}, 深津 晋¹Univ. of Tokyo¹, JST-PRESTO² ○Tetsuya Sakamoto¹, Yuhsuke Yasutake^{1,2}, and Susumu Fukatsu¹

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

IV 族半導体ベースのレーザ実現に向けて間接遷移半導体の Ge に期待が集まっている。これは Ge の間接遷移端 (L) と直接遷移端 (Γ) のエネルギー差が 130 meV 程度と小さく、伝導帯バレー間の電子散乱を介して Ge の直接遷移バレー端が光学活性化可能であることによる。一方、Ge の反転対称な結晶構造と低核スピン特性はスピン輸送の観点で、また大きなスピン軌道相互作用はスピン制御の観点から注目されている。これらを背景に Ge ベースのフォトニクス・スピントロニクス融合を指向する上で、L, Γ バレー間の電子散乱を把握・制御することが極めて重要となる。

Ge は円偏光励起を用いた電子スピン分極の生成が可能なので、円偏光度解析を利用して電子の緩和過程を追跡すれば、バレー間電子散乱の実態を浮き彫りにできる可能性がある。[1] このためには電子を予め特定のバレーに選択的に励起し、その後の緩和を逐次追跡する戦略が有効である。

そこで我々はまず 30 バンドの $\mathbf{k} \cdot \mathbf{p}$ 摂動法[2]によって Ge のエネルギーバンド分散を直接求め、光吸収強度の波数空間マップ $\chi(\mathbf{k})$ を構築した。同時に計算可能なエネルギーギャップの波数マップ $E_g(\mathbf{k})$ とから伝導帯バレーが選択励起可能な「励起エネルギー」を見いだせばよいことになる。

例として図 1 に(a)YAG 基本波(1064 nm)と(b)第 2 高調波(532 nm)で励起した場合の吸収係数の波数依存性を示す。前者では Γ バレーの選択的励起条件に相当する (図 1(a))。ところが (b) の 532 nm では Γ -L 間の M_1 型 van Hove 特異点群を広域励起するため強い光吸収が生じる。重要な点は、光励起後に電子と正孔は分散に沿ってそれぞれ L 点、 Γ 点へ移動することである。この機構のせいで L- Γ 間接遷移が支配的となる筈である。実際、図 2 に示すごとく、L $\rightarrow$ Γ バレー散乱が抑制される低温条件では、532nm 励起で間接遷移蛍光のみが観察される。一方、1064nm 励起では直接遷移蛍光が支配的となる。尚、間接蛍光は Γ -L バレー間電子散乱の存在を示す証左でもある。

本研究で開発した「励起後緩和」を利用した新選択励起法は、他の物質系へ拡張可能である。

[1] 林周平, 安武裕輔, 深津晋, 第 60 回応用物理学会学術講演会, 28a-A8-10, (2013).

[2] S. Richard, F. Aniel, and G. Fishman, *Phys. Rev. B* **70**, 235204 (2004).

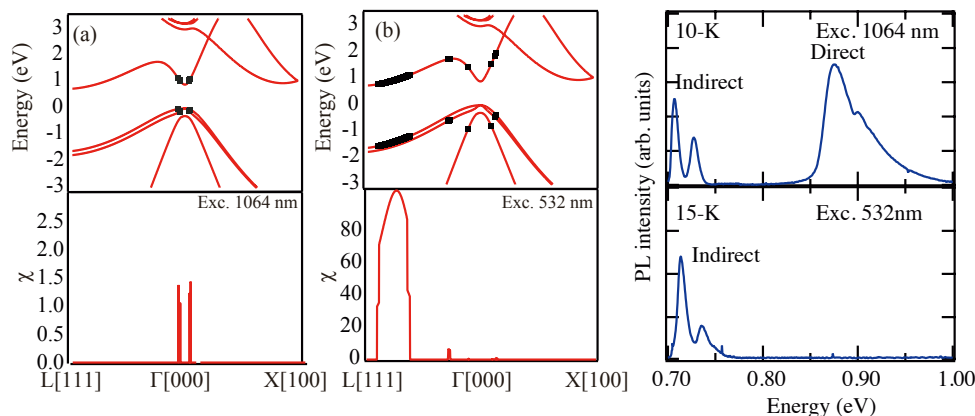


図 1 固定励起波長に対する電子状態と吸収係数 $\chi(\mathbf{k})$. 図 2 蛍光スペクトルの比較.