

無歪 GeSn(Sn 9%)のバンド PL 端発光

Band-Edge PL Emission from Unstrained GeSn (Sn 9%)

明治大理工¹、明治大 MREL²、静大院工³、静大電研⁴、imec⁵、K. U. Leuven⁶○松永 静流¹、横川 凌^{1,2}、佐竹 雄太¹、小笠原 凱¹、志村 洋介^{3,4}、Roger Loo⁵、Anurag Vohra^{5,6}、小椋 厚志^{1,2}Meiji Univ.¹, MREL², Shizuoka Univ.³, RIE Shizuoka Univ.⁴, imec⁵, K. U. Leuven⁶○Cali Shizuru Matsunaga¹, Ryo Yokogawa^{1,2}, Yuta Satake¹, Gai Ogasawara¹,Yosuke Shimura^{3,4}, Roger Loo⁵, Anurag Vohra^{5,6}, Atsushi Ogura^{1,2}

E-mail: ce211061@meiji.ac.jp

【序】間接遷移型半導体である Ge は、Sn 添加や引張歪の印加によりバンドギャップが縮小し、直接遷移型半導体に変調される。これにより発光効率の向上を望めることから、GeSn は Si フォトニクスにおける近赤外帯域での発光・受光材料として期待され、様々な先行研究により Ge を直接遷移化するために必要な Sn の組成が報告されている[1–3]。しかし、多くの研究には歪印加された GeSn が用いられているため[1, 3]、Sn 添加の影響のみならず歪印加の影響が重畳されている。我々は、歪の効果と Sn 組成の影響を分離して議論するため、無歪 GeSn を用意した。本報告では、Sn 9%と Sn 組成の高い無歪 GeSn の PL バンド端発光の振る舞いについて検討する。

【測定方法】試料は、CVD 法を用いて Si 基板(膜厚: 0.7 mm)上に Ge バッファ層(膜厚: 1 μm)および Sn 組成が 9% の GeSn 層(膜厚: 870 nm)をエピタキシャル成長させたものを用いた。GeSn 膜が概ね無歪であることは事前に X 線回折で確認した。14~300 K において DPSS レーザ照射下(波長: 532 nm、スポット径: 50 μm)で励起光強度を 30~120 mW の範囲で変化させ、2.2 μm まで感度を有する InGaAs ダイオードアレイにより PL 光を検出した。

【結果・考察】励起光強度 120 mW、試料温度 14 K で無歪 GeSn の PL 測定を行うと Fig. 1(a)のスペクトルが得られた。観測された 0.60 eV 及び 0.58 eV のピークの由来を調査するため、Fig. 1(a)–(d)に示す両発光の励起光強度依存を測定した。0.60 eV のピーク強度は 0.58 eV のピーク強度と比較して、励起光強度増大に伴うピーク強度の増分が大きい。これは、Γ 点に励起された電子が L 点に流れ込んだためであると考えられる。従って、0.60 eV の発光は間接遷移、0.58 eV の発光は直接遷移に由来すると考えられる。

Fig. 2 に励起光強度 120 mW で測定した無歪 GeSn の PL スペクトルの温度依存性を示す。低温では 0.60 eV 及び 0.58 eV 付近にピークが 2 つ確認できるが、85 K 以上では低エネルギー側のスペクトルが見えなくなり、高い温度では 0.60 eV をピークにブロードなスペクトルとなった。無歪の Ge の PL は室温測定時において、間接遷移のピークが 0.7 eV 付近、直接遷移のピークが 0.8 eV 付近に現れる[4]。本研究で GeSn の発光は、300 K で 0.60 eV 付近に観測された。Ge と比較して GeSn の発光は低エネルギー側にシフトしたため、歪に依存しない、Sn 添加のみによる Ge のバンド構造の変調が確認できたと考えられる。

本研究により、GeSn(9%)の直接遷移及び間接遷移の発光を捉え、Ge のバンドギャップが Sn の導入により縮小したことが確認された。

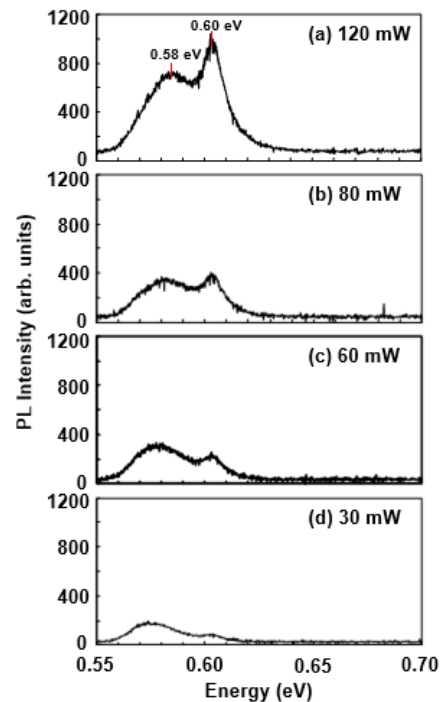
[1] Ghetmiri *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. B **32**, 060601 (2015).[2] D'Costa *et al.*, Phys. Rev. B **73**, 125207 (2006).[3] L Jiang *et al.*, Semicond. Sci. Technol. **29**, 115028(2014).[4] T Arguirov *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser. **281**, 012021(2011).

Fig. 1. Laser power dependence of PL spectra of the unstrained GeSn (Sn 9%).

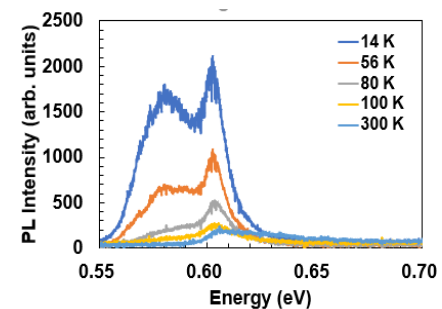


Fig. 2. Temperature dependence of PL spectra of the unstrained GeSn (Sn 9%) under excitation power of 120 mW.