

高補償比 B, P, Ga 添加 Si 結晶のフォトルミネッセンス解析

Photoluminescence analysis in highly compensated Si co-doped with B, P and Ga

JAXA 宇宙研¹, 明大院², APOLLON SOLAR³ °田中 香次^{1,2}, 田島 道夫^{1,2}, Maxime Forster³,豊田 裕之¹, 小椋 厚志²ISAS/JAXA¹, Meiji Univ.² APOLLON SOLAR³ °Koji Tanaka^{1,2}, Michio Tajima^{1,2},Maxime Forster³, Hiroyuki Toyota¹, Atsushi Ogura²

E-mail: tanaka@sce.isas.jaxa.jp

【序】Ga 添加 p 型 Si 結晶は、(1)B-O 欠陥による光劣化を低減すること、および(2)Ga、B、P の偏析現象の違いを利用して抵抗率をインゴット全体で均一にできるという特長を持つ^[1]。しかしながら、不純物が高濃度かつ高補償比である場合の Ga 不純物のアクセプタとしての詳細な情報は未だ得られていない。我々はフォトルミネッセンス(PL)法を用いて、高濃度・高補償比 Si 結晶中の P ドナー・Ga アクセプタ対発光(P-Ga)の微細構造を観測し、詳細な解析により Ga アクセプタの電気特性の検証を行った。

【実験方法】 10^{16} cm^{-3} 台の B、P、Ga を含むメルトから偏析現象を利用し、固化率(g)の上昇により不純物を高濃度かつ高補償比としたインゴット(ASC1)と、メルトに含まれる B、P のみを ASC1 に比べ高濃度($>10^{17} \text{ cm}^{-3}$)としたインゴット(ASC5)から切り出した試料を 4.2K において JIS 法^[2]に準じた測定条件下で PL スペクトル測定を行った。

【結果及び考察】今回、Ga 添加試料で初めて Fig. 1 に示すような微細構造が観測された。次に、測定したスペクトル(Fig. 2(a))をドナー・アクセプタ(DA)対発光の理論スペクトル(Fig. 2(b))でフィッティングできたことから、この微細構造は P と Ga による DA 対発光であることが明らかとなった。更にフィッティングにより、Ga アクセプタのイオン化エネルギーは、最も確からしい報告値(72.73 meV)^[3]より小さい値(67.5 meV)であることを導出した。この食い違いの一因として、高濃度領域におけるイオン化エネルギーの減少が考えられる。また、Fig. 1 において微細構造のピーク位置が変わらないことから、イオン化エネルギーが今回の不純物濃度範囲では変化しないことを実証した。

本研究の一部は経済産業省のもと、NEDO から委託され、実施したもので関係各位に感謝する。

[1] M. Forster *et al.*, J. Appl. Phys. **111**, 043701 (2012).

[2] 日本工業規格 JIS H0615 (1996).

[3] D. W. Fischer and J. J. Rome, Phys. Rev. **B27**, 4826 (1983).

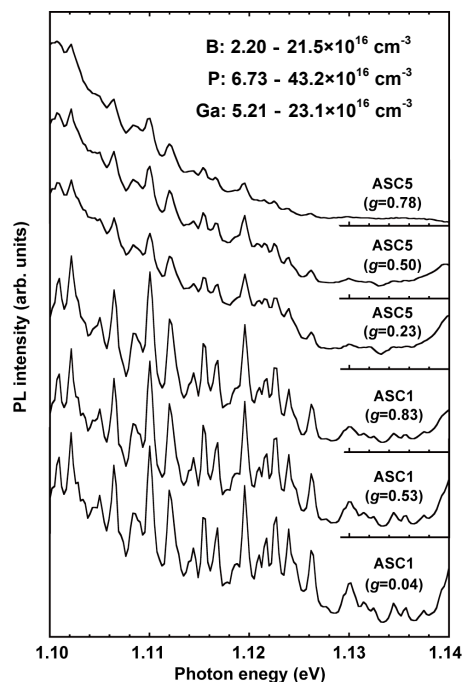


Fig. 1 Comparison of fine structure in high-energy tail of P-Ga band in Si co-doped with B, P and Ga at 4.2 K.

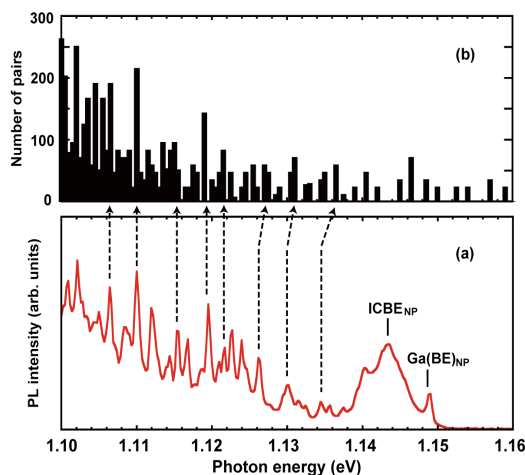


Fig. 2 Match between (a) observed fine structure of DA pair band and (b) theoretical distribution of DA pairs in Si co-doped with B, P and Ga.