19p-E12-8

高濃度・高補償比 Si 結晶で形成される不純物帯の PL 解析

Photoluminescence analysis of impurity band in highly doped and highly compensated Si

明治大 [1]，JAXA 宇宙研 [2]，°田中 香次 [1,2]，田島 道夫 [1,2]，豊田 裕之 [2]，小椋 厚志 [1]

Meiji Univ.[1], ISAS/JAXA[2]　°K. Tanaka[1,2], M. Tajima[1,2], H. Toyota[2], A. Ogura[1]

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

【序】太陽電池用 Si 結晶のようなドナー・アクセプタ(DA)不純物が多く残留している結晶中では不純物が高濃度になるに連れて不純物帯が形成され、そのイオン化エネルギー(E_I)の中心値が徐々に減少することが報告されている[1]。前回、高濃度かつ高補償比 Si 結晶中の低温フォトルミネッセンス(PL)スペクトルで観測される DA 対発光の微細構造を解析し、$<4\times10^{17}$ cm^{-3} の濃度領域では不純物帯の形成および E_I の低減は認められないことを示した(Fig. 1)[2]。本稿では、前回同様 JIS に準ずる測定条件[3]を用いて、さらに高濃度($>4\times10^{17}$ cm^{-3})に不純物が含まれた試料の PL スペクトルと比較し、不純物帯形成による PL スペクトルへの影響を調査した。

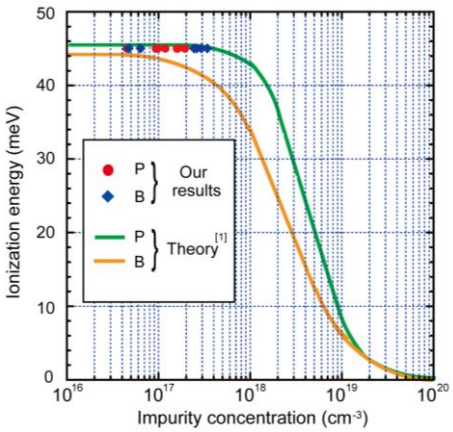

Fig. 1　Reduction of ionization energy of P donor and B acceptor as a function of their concentrations.

【結果及び考察】 P 及び B 濃度が高濃度・高補償比である試料の DA 対発光の TO フォノン領域の PL スペクトルを Fig. 2 に示す。高濃度になるに連れて、①DA 対発光の高エネルギー側の微細構造が観測できなくなり、②低エネルギー側に新たにブロードな発光が観測された。①の原因は不純物が高濃度になることで、不純物帯が形成され E_I に広がりが生ずると同時に、DA がそれぞれ孤立した状態では無くなるため DA 対間のクーロンエネルギーが離散的な値とならなくなることによると推定される。また、②における新たに観測された発光のピーク位置は $\{E_G-(E_D+E_A)-\hbar\omega_{TO}\}$の値に近く、クーロン相互作用を伴わない DA 不純物帯間の遷移と考えられる。本発表では、不純物帯の影響を踏まえた上で P、As ドナー及び B、Al、Ga アクセプタを異なる組み合わせで高濃度・高補償比に添加した試料における不純物定量の可能性も報告する。

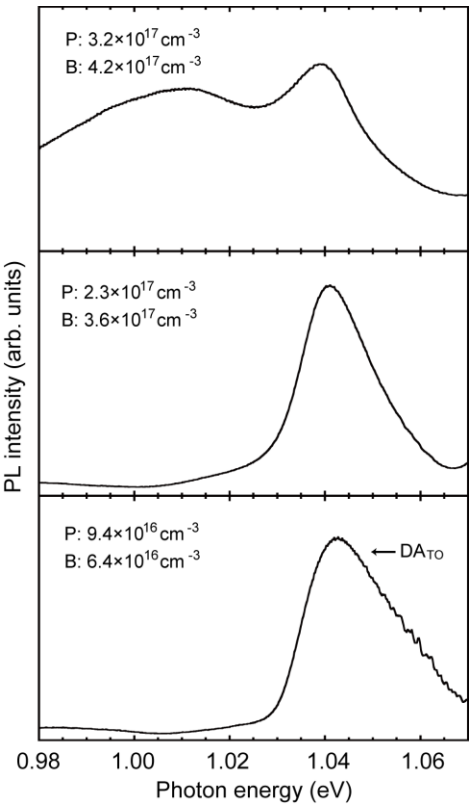

Fig. 2　TO-phonon region of PL spectra of highly doped and highly compensated Si at 4.2 K.

試料を提供して頂いた CEA-INES の S. Dubois 博士、J. Veirman 博士及びオーストラリア国立大学の D. Macdonald 博士に深く感謝する。また、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] P. P. Altermatt, G. Heiser, and A. Schenk: J. Appl. Phys. **100**, 113714 (2006).

[2] 田中他: 第 74 回秋期応物予稿 16p-A4-13, 16-051 (2013).

[3] 日本工業規格 JIS H0615 (1996).

© 2014 年　応用物理学会