17p-A28-6

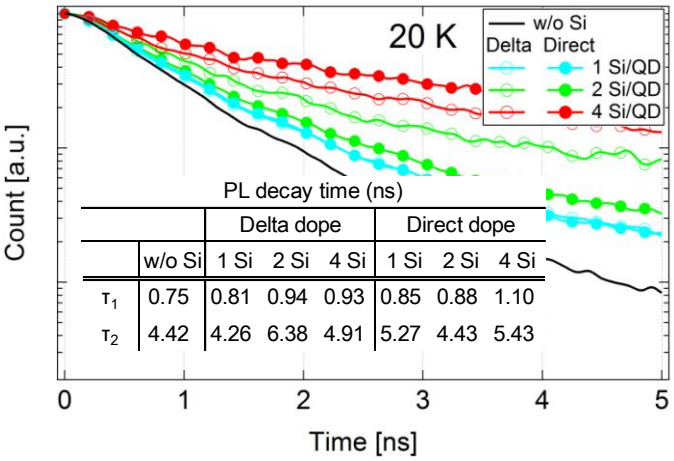
量子ドット太陽電池におけるドットへの Si ドーピングの影響

The Effect of Si doping in quantum dot solar cells

東大院工 [1]，先端研 [2]
○(D)内藤駿弥 [1,2]，トープラサートポン カシディット [1]，星井拓也 [1,2]，杉山正和 [1]，岡田至崇 [1,2]
The Univ. of Tokyo [1], RCAST [2],
○(D)Shunya Naitoh[1,2], Kasidit Toprasertpong[1], Takuya Hoshii[1,2], Masakazu Sugiyama[1], Yoshitaka Okada[1,2]
E-mail: naito@mbe.rcast.u-tokyo.ac.jp

近年、量子ドットを用いた中間バンド型太陽電池の高効率化に向けて、中間バンド内の電子充填率を制御する方法として量子ドットへのキャリアドープが研究されている。自己組織化 InAs 量子ドットへのドーピング手法として、自己組織化過程の段階で Si を供給するダイレクトドープ[1]と、中間層への変調ドープ（デルタドープ）[2]が主に研究されている。しかしながらこれらは同一の作製・評価条件ではないため、本研究では量子ドット太陽電池に対する異なるドーピング法が及ぼす効果を調べた。

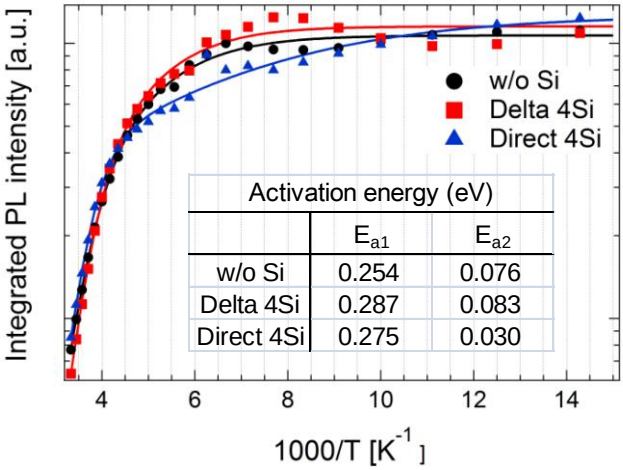
量子ドット太陽電池は n 型 GaAs(1 0 0)基板上に分子線エピタキシー(MBE)により p-i-n 構造を成長させた。i 層に InAs/GaAs 量子ドットを 30 nm 間隔で 10 層積層させた。各量子ドット層の面内密度に対して 1,2 または 4 個の Si を電子を供給するためにダイレクトドープとデルタドープでドーピングした。まず量子ドットからの Photoluminescence (PL) 発光波長とその強度は、ドーピング手法や量に対して有意な差は見られなかった。次に、Fig. 1 のように 20 K での時間分解 PL を測定した結果、ドーピング手法によらず Si の密度を増加させることで、量子ドットの発光寿命時間が単調に長くなることが分かった。一方、PL 強度の温度特性を測定した結果、ドーピング手法による違いが観測された(Fig. 2)。アレニウスプロットから求めた活性化エネルギーは、デルタドーピングの場合、キャリアのドットからの熱脱出に対する活性化エネルギー(E_{a1})が約 10 meV 増大し、一方でダイレクトドーピングによってキャリアの局在準位を介した脱出に対する活性化エネルギー(E_{a2})が低下したことが示唆された。これはドーピング手法の違いによるバンド構造の違いや、量子ドット界面の欠陥密度が PL の温度特性へ影響していると考えられる。



PL decay time (ns)

		Delta dope			Direct dope		
	w/o Si	1 Si	2 Si	4 Si	1 Si	2 Si	4 Si
τ_1	0.75	0.81	0.94	0.93	0.85	0.88	1.10
τ_2	4.42	4.26	6.38	4.91	5.27	4.43	5.43

Fig. 1 Time-resolved PL for different doped QD samples. The PL decay times are fitted a function, $I = I_0 + A_1 \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) + A_2 \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right)$.



Activation energy (eV)

	E_{a1}	E_{a2}
w/o Si	0.254	0.076
Delta 4Si	0.287	0.083
Direct 4Si	0.275	0.030

Fig. 2 Temperature dependence of integrated PL intensity from quantum dots.

Reference: [1] T. Inoue, S. Kido, K. Sasayama, T. Kita and O. Wada, J. Appl. Phys. **108**, 063524 (2010).
[2] K.-F. Wang, Y. Gu, X. Yang, T. Yang and Z. Wang, J. Vac. Sci. Technol. B **30**, 041808 (2012).

© 2014 年　応用物理学会