

シリコンナノ粒子の表面化学修飾とドーピング効果

Surface chemistry and doping efficiency of silicon nanocrystals

東工大 ○菅谷 通宏, 丁 毅, 周 述, 野崎 智洋

Tokyo Tech., ○Michihiro Sugaya, Ding Yi, Zhou Shu, Tomohiro Nozaki

E-mail: tnozaki@mech.titech.ac.jp

1. 諸言 我々は、シリコンナノ粒子(Si NCs)と p 型半導体ポリマー(P3HT)を用いた有機無機ハイブリッド太陽電池を開発している。Si NCs は、バルクシリコンより表面の化学的・物理的諸特性が顕在化するため、化学修飾によって真性シリコンでもドーピング効果が発現する。本研究では塩素および水素で終端した 6 nm の Si NCs を用いて薄膜トランジスタ (TFT) を作製し、その動作特性から Si NCs 薄膜の電子移動度など物性を評価した。ここで得られた結果をもとに、SiNC の物性を明らかにし、ハイブリッド太陽電池の高効率化の指針を得ることが本研究の目的である。

2. 実験方法 Si NCs をクロロベンゼンに分散させ、シリコンインクを作製した[1]。シリコンインクをゲート電極、酸化膜からなる基板にスピコートし、膜厚が約 100 nm の Si NCs 薄膜を作製した。さらに、ドレイン、ソース電極(Al)を蒸着することで薄膜トランジスタ(TFT)を作製した。真空下(5 Pa)に約 20 時間おくことで溶媒を除去し、トランジスタの動作特性に及ぼす影響を排除した。動作特性の評価には半導体評価装置(Keithley, 4200-SCS)を用いた。

3. 結果と考察 Fig.1(a) に TFT のゲート電圧 - ドレイン電流の関係を示す。塩素および水素終端された Si NCs は真性シリコンでありながらも n 型半導体の性質を示した。塩素終端の Si NCs は、移動度が $2.88 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, オンオフ比が 1.60 となった。一方、水素終端の Si NCs は移動度が $3.19 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, オンオフ比が 576 となり、水素終端によって TFT の動作特性が向上した。水素は局部的に正極性となることからドナー原子として作用し、その結果 Si NCs は n 型半導体として機能することが考えられる。一方、塩素分子はアクセプター原子として機能し、塩素終端された Si NCs は p 型半導体として機能することが考えられる。しかし、実際には n 型半導体の特性を示しており、不純物添加とは異なるメカニズムで表面ドーピング効果が発現したと推測される。これらの Si NCs を用いて有機無機ハイブリッド太陽電池を作製した結果、変換効率は水素終端により向上することが分かっており[2], Si NCs を用いた TFT の動作特性とよい相関がとれた。これは、水素終端により Si NCs 薄膜の電子移動度が向上したことが原因と推測される。

4. 結言 Si NCs を用いた TFT の動作特性から、Si NC 薄膜の物性を間接的に評価し、ハイブリッド太陽電池の発電特性について考察した。今後、Si NC の結晶サイズの影響についても検討し、ハイブリッド太陽電池のさらなる高効率化に向けた指針を明示する。

[1] R Gresback, T Nozaki, K Okazaki, *Nanotechnology*, **22** (2011) 305605.

[2] Y Ding, R Gresback, R Yamada, K Okazaki, T Nozaki, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **52** (2013) 11NM04.

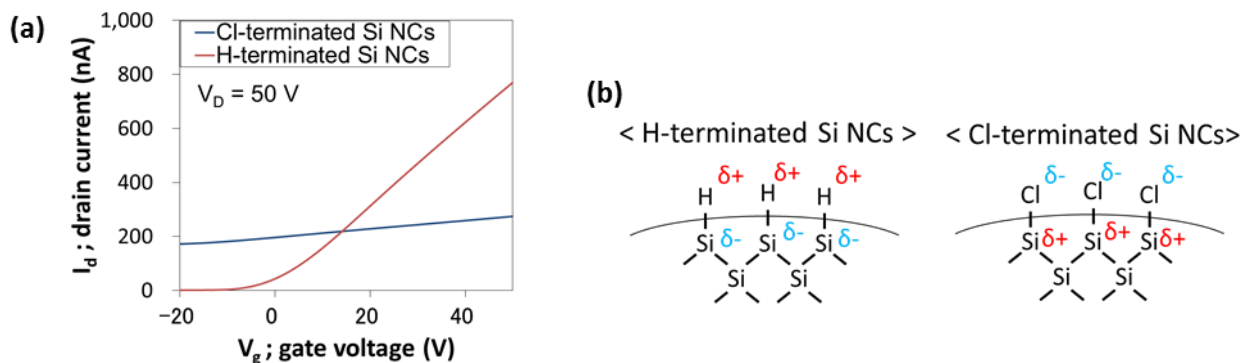


Fig.1 (a) TFT の $V_g - I_d$ 特性, (b) 水素, 塩素で終端された Si NCs の表面化学状態とドーピング効果