

シリコンナノ結晶コロイド塗布薄膜の形成と評価

Fabrication of Si nanocrystal thin films by spin coating colloidal solution

神戸大院工 ○佐々木 誠仁, 杉本 泰, 今北 健二, 藤井 稔

Kobe Univ. ○Masato Sasaki, Hiroshi Sugimoto, Kenji Imakita, Minoru Fujii

E-mail: fujii@eedept.kobe-u.ac.jp

近年、半導体ナノ結晶が溶液中に分散したコロイド溶液の塗布によるナノ結晶薄膜の形成と、その薄膜トランジスタや太陽電池への応用に関する研究が非常に活発に行われている。ナノ結晶コロイドの塗布によりナノメートルレベルで平坦かつ高密度の薄膜を形成するためには、溶液中でのナノ結晶の凝集を完全に抑制することが非常に重要である。一般に凝集の抑制は、ナノ結晶表面を比較的長い有機分子で修飾することによりなされる。しかしながら、表面修飾分子は塗布薄膜の電気伝導特性を著しく劣化させることが問題となっている。我々のグループでは、シリコン(Si)ナノ結晶の表面に、高濃度にホウ素(B)とリン(P)をドーピングしたシェルを形成するという全く新しい方法で、有機分子による表面修飾無しで高い極性溶媒分散性を有する Si ナノ結晶の開発に成功した [1]。本研究は、この全無機 Si ナノ結晶コロイドの塗布による Si ナノ結晶薄膜形成技術の開発と、電気伝導特性の評価及び向上を目的としている。

全無機 Si ナノ結晶コロイド溶液(メタノール溶液)は、参考文献[1]の方法で作製した。コロイド中のナノ結晶のサイズはナノ結晶の成長温度を制御することで 1 nm から 7 nm まで変化させた。ナノ結晶の濃度が 0.7~2.0 mg/ml 程度のコロイド溶液を電極(金: 厚さ 200 nm)を形成した基板の上にスピナーコーティングすることにより、ナノ結晶薄膜を作製した。図 1 に、Si ナノ結晶(平均直径 5 nm)のコロイド溶液の塗布により作製した薄膜の SEM 像を示す。一回の塗布により、厚さ約 800 nm の薄膜が形成されている。薄膜は非常に平坦で、凝集物による凹凸は見られない。図 2 に電流-電圧特性及び伝導度の電界依存性を示す。電界が 2.5×10^3 V/cm 以下では、伝導度は電界の増加とともに増加する。 5.0×10^2 V/cm 以下では電流密度 (J) の対数が電界 (E) の 1/2 に比例している ($\ln J \propto E^{0.5}$) ことから、Pool-Frenkel 型の伝導が示唆される。 5.0×10^2 – 2.5×10^3 V/cm の領域では $J \propto E^{1.67}$ の関係が成り立つことから Space Charge Limited Current (SCLC) 伝導が示唆され、伝導プロセスが注入律速から移動度律速へと変化していると考えられる。 2.5×10^3 – 3.5×10^3 V/cm では電導度は電界に依存せずほぼ一定となり、 3.5×10^3 V/cm 以上では再び伝導度が増加する。 2.5×10^3 – 3.5×10^3 V/cm では $\ln J \propto E$ の関係が成り立つことから、Hopping 伝導が示唆される。

[1] H. Sugimoto, et al. J. Phys. Chem. C. 117 (2013)6807.

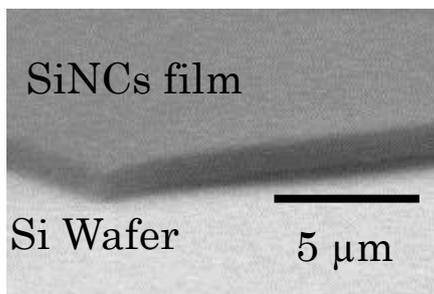


図 1. Si ナノ結晶薄膜の SEM 像

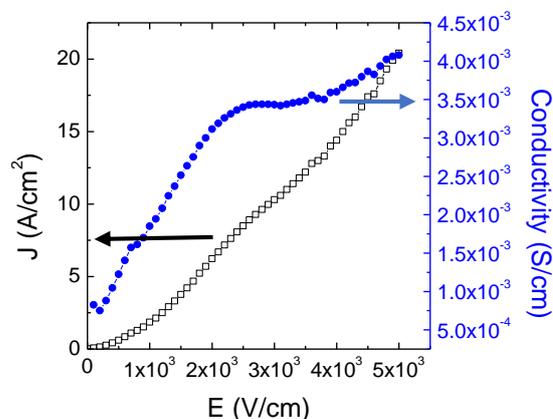


図 2. Si ナノ結晶薄膜の電流-電圧特性及び伝導度の電界依存性