

n 型、p 型不純物同時ドーピングによる近赤外-可視発光コロイド状 Si ナノ結晶の開発

Impurity co-doped colloidal Si nanocrystals with near-IR to visible luminescence

神戸大院工¹, 甲南大フロンティアサイエンス学部²,○杉本 泰¹, 藤井 稔¹, 今北 健二¹, 林 真至¹, 赤松 謙祐²Kobe Univ.¹, Konan Univ.², ○Hiroshi Sugimoto¹, Minoru Fujii¹, Kenji Imakita¹,Shinji Hayashi¹, Kensuke Akamatsu²

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

半導体ナノ結晶コロイドは塗布型半導体デバイスや蛍光バイオイメージングへの応用が期待されている。II-VI、IV-VI族半導体では、高効率な近赤外-可視発光を示すナノ結晶コロイドが市販されているが、生体に有害なCdやPbが含まれており、その応用範囲が限定される。近年、生体に無害なSiナノ結晶コロイドの開発に関する研究が多数報告されており、急速に高品質化が進んでいる。

我々は有機分子による表面修飾無しで水やアルコール中で高い分散性を示すSiナノ結晶の開発に成功している。[1, 2] ナノ結晶中にはリン(P)、ホウ素(B)が高濃度にドーピングされており、これらの不純物がナノ結晶の表面電位を変化させ、溶媒分散性が発現したと考えられる。[2] さらに、粒径が約5 nmのコロイド状同時ドーブSiナノ結晶は1.2 eV付近にピークを持つブロードな発光を示す。本研究では、P、Bの同時ドーピングとナノ結晶の粒径制御を組み合わせ、従来よりも広範囲に発光波長を制御したSiナノ結晶コロイドの作製を試みる。

試料は以下の方法で作製した。同時スパッタリング法と熱処理(窒素雰囲気中)によりPとBを同時ドーピングしたSiナノ結晶を含むシリカ薄膜(Si-ncs:BPSG)を作製する。この際、熱処理温度を900-1300°Cで変化させることによりナノ結晶のサイズを制御した。薄膜をフッ酸水溶液に溶解し、ナノ結晶をメタノール中に取り出し、Siナノ結晶コロイドを得る。図1に熱処理温度を変化させたSi-ncs:BPSG薄膜から得られたSiナノ結晶コロイドの写真とTEM像を示す。熱処理温度の増加に伴い、ナノ結晶のサイズが増大している。図2にサイズの異なるコロイド状Siナノ結晶の発光スペクトルを示す。粒径制御(1.2~9.0 nm)により、発光波長が可視領域からバルクSiのエネルギーギャップ(1.12 eV)以下まで連続的に低エネルギーシフトしている。これは、粒径制御とP、B同時ドーピングにより、従来のSiナノ結晶よりも広範囲に発光波長を制御可能であることを示している。講演では、上記に加えて発光寿命や量子効率測定結果を示し、P、B同時ドーブSiナノ結晶のサイズと発光特性の関係について議論する。

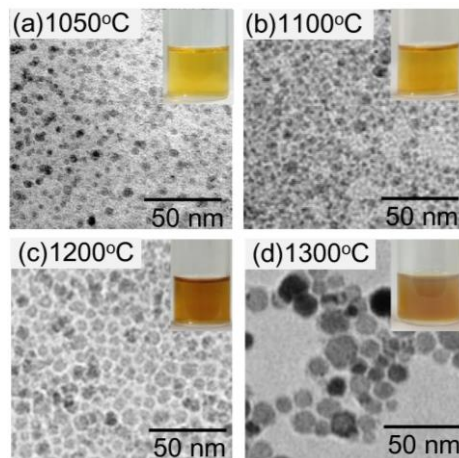
[1] H. Sugimoto, *et al.*, *J. Phys. Chem. C*. 116, 17969, 2012.[2] H. Sugimoto, *et al.*, *J. Phys. Chem. C*. 117, 6807, 2013.[2] H. Sugimoto, *et al.*, *J. Phys. Chem. C*. in press, 2013.

図 1. 熱処理温度の異なる P,B 同時ドーブ Si ナノ結晶の TEM 像。

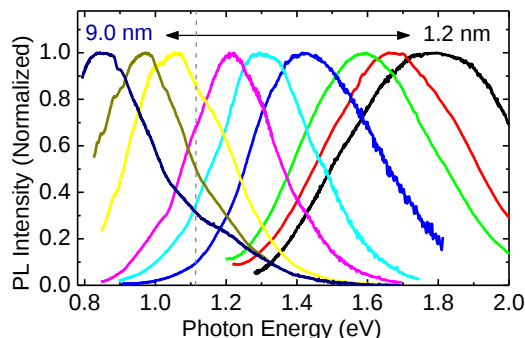


図 2. 異なるサイズの P,B 同時ドーブ Si ナノ結晶コロイドの発光スペクトル。