

シリコンナノ結晶ソリッドにおけるナノ結晶間相互作用

Interaction between silicon nanocrystals in silicon nanocrystals solid

神戸大院工 °古田 健太, 杉本 泰, 今北 健二, 藤井 稔

Kobe Univ. °Kenta Furuta, Hiroshi Sugimoto, Kenji Imakita, Minoru Fujii

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

半導体ナノ結晶コロイドの塗布により半導体ナノ結晶薄膜（ナノ結晶ソリッド）を形成する技術は、大面積光電子デバイスの真空装置を用いない新しい製造技術として注目されている。半導体ナノ結晶を高密度に充填したナノ結晶ソリッドでは、ナノ結晶間の距離が非常に小さいため、ミニバンドの形成やナノ結晶間エネルギー移動の発現が予想される。また、ナノ結晶間の相互作用による多励起子形成や吸収増強等も期待されている。しかしながら、シリコン(Si)のナノ結晶に関しては、ナノ結晶間の相互作用（特にナノ結晶間のエネルギー移動）を直接実証した研究はほとんど無く、基礎的データの収集が強く求められている。

ナノ結晶間の相互作用の大きさは距離に強く依存する。これまでに研究されてきた Si ナノ結晶の表面は、ほとんどの場合比較的長い有機分子により修飾されているため、ナノ結晶間の間隔が大きく強い相互作用が期待できない。我々は最近、有機分子による表面修飾無し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]。このコロイドから作製したナノ結晶ソリッドの TEM 像を図 1 に示す。表面修飾分子が無いいため、ナノ結晶間の間隔が非常に小さい高密度なナノ結晶ソリッドとなっている。本研究では、高密度 Si ナノ結晶ソリッドにおけるナノ結晶間のエネルギー移動を実証することを目的とする。

半導体ナノ結晶はサイズの減少に伴いエネルギーギャップが増加するため、一般にエネルギーはサイズの小さいナノ結晶(ドナー)から大きいナノ結晶(アクセプター)に移動する。本研究では、平均サイズの異なる Si ナノ結晶を分散したコロイド溶液を準備した。それぞれのコロイド溶液もしくはそれらの混合溶液の塗布によりナノ結晶ソリッドを作製し、発光スペクトルと発光寿命の測定を行った。サイズの異なるナノ結晶を混合したコロイドから作製したソリッドにおいては、エネルギー移動によりエネルギードナーの発光がクエンチしエネルギーアクセプターの発光が増大し、結果として発光スペクトルが低エネルギーシフトすることが予想される。さらに、エネルギードナーからの発光(高エネルギー側の発光)の寿命が短くなることも予想される。図 2 は、平均直径 3.0 nm のナノ結晶コロイド(発光ピークエネルギー 1.6 eV) から作製したナノ結晶ソリッドと、平均直径 3.0 nm と 7.5 nm (発光ピークエネルギー 1.2 eV) のナノ結晶コロイドの混合溶液から作製したナノ結晶ソリッドの 1.6 eV における発光減衰曲線を比較したものである。このエネルギーでは、平均直径 3.0 nm のナノ結晶の発光のみを検出しているにもかかわらず、混合することにより発光寿命が短くなっており、小さいナノ結晶から大きいナノ結晶へのエネルギー移動の存在を示唆している。講演では、発光スペクトル形状の変化及び、発光寿命変化の検出エネルギー依存性を解析することにより、エネルギー移動のメカニズムとエネルギー移動レートおよびそれらのサイズ依存性について議論する。

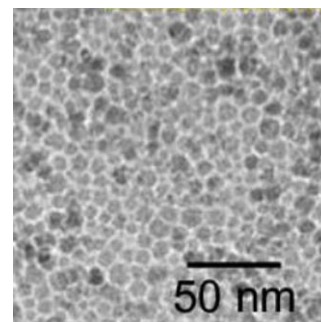
[1]H.Sugimoto et al., *J.Phys.Chem.C*, 117, 11850 (2013)

図 1、ナノ結晶ソリッドの TEM 像

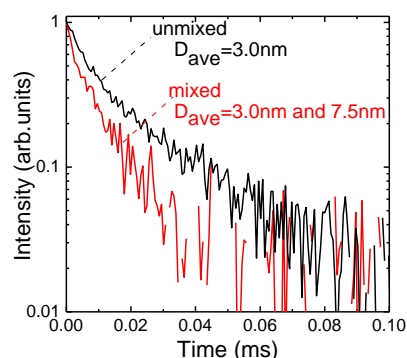


図 2、ドナー(平均サイズ 3.0 nm)のみとドナーアクセプター(平均サイズ 7.5 nm)の混合溶液から作製したソリッドの発光減衰曲線(検出エネルギー 1.6 eV)