ナノ粒子超格子を目指したⅠ-Ⅲ-VI_2族半導体ナノ粒子高密度集積膜の作製

Fabrication of densely packed I-III-VI_2 nanoparticle films for realizing QD superlattices

名工大院[1] 室工大[2],○(M1) 奥山 覚史[1], 濱中 泰[1], 葛谷 俊博[2], 武田 圭生[2], 関根 ちひろ[2]

Nagoya Inst. Tech[1]., Muroran Inst. Tech[2]., ○S. Okuyama[1], Y. Hamanaka[1], T.Kuzuya[2], K.Takeda[2], C.Sekine[2]

E-mail:30412016@stn.nitech.ac.jp

【背景】カルコパイライト系のⅠ-Ⅲ-VI_2族半導体ナノ粒子はPbやCdなどの有毒性元素を使用しないコロイド量子ドットとして注目されている。このような半導体ナノ粒子を用いた次世代光デバイスには、ナノ粒子を高密度に集積した薄膜が使用される。例えばナノ粒子を規則的に配列させた超格子構造ではミニバンドが形成され、高効率の太陽電池が実現できると期待されている。今回は$CuInS_2$(CIS)ナノ粒子集積膜を作製し、配列構造の実現を目指し、その光物性を調査した。

【実験方法】コロイド法により粒径が約2 nmのCISナノ粒子を合成した[1]。ヘキサンに分散させたナノ粒子をビーカーに入れ、ガラス基板を垂直に浸漬させた。ビーカーを真空容器に入れ、内部を真空排気してヘキサンを蒸発させ、ガラス基板上にCISナノ粒子を集積させた。このCISナノ粒子集積膜について薄膜X線回折装置を使用して構造評価を行った。また、吸収・発光スペクトルを測定し、溶液に分散させた孤立CISナノ粒子の光学特性と比較した。

【結果と考察】Fig.1にCISナノ粒子集積膜の$2\theta = 5^\circ$以下の回折パターンを示す。Out-of-Plane、In-Planeどちらの測定でも3°と2.5°付近に回折ピークが見られた。これはナノ粒子集積膜中の長い周期性の存在を示している。ブラッグの式を用いて算出すると、構造の周期は面内方向に約3.5 nm、積層方向に約3.1 nmと見積もられた。CISナノ粒子の粒径を考慮すると、膜内のCISナノ粒子の表面間距離は約1.0 nm～1.5 nmと考えられる。Fig.2に溶液と集積膜の吸収スペクトルを示す。量子化準位間遷移による吸収のエネルギーには両者でほとんど差が見られない。したがってこのCISナノ粒子集積膜にはミニバンドは形成されていない[2]。CISナノ粒子集積膜の発光スペクトル、発光寿命を測定し、孤立ナノ粒子と比較検討する。

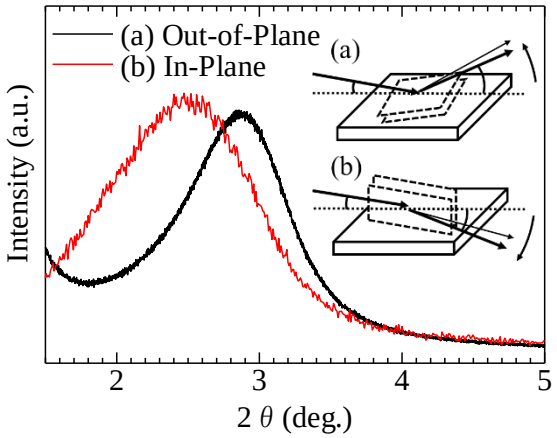

Fig.1 Thin-film X-ray diffraction patterns of CIS nanoparticle film. (a) Out-of-Plane (b) In-Plane

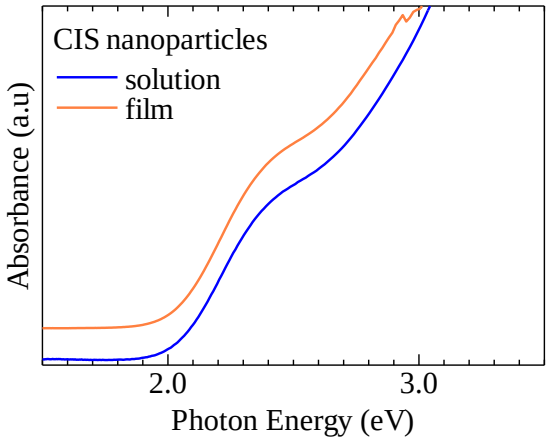

Fig.2 Absorption spectra of CIS nanoparticles dispersed in hexane and densely packed film.

[1] T. Kuzuya et al., *J. Colloid and Interface Sci.* 338, 137 (2012).

[2] D. Kim et al., *Nano Lett.* 15, 4343 (2015).

© 2018年 応用物理学会