

イオンビーム堆積法による InP/ZnS CQD 薄膜作製とキャラクターゼーション

Characterization of InP/ZnS CQD thin films fabricated by the ion beam deposition method

電気通信大学 基盤理工学専攻 ○(M2) 池田 侑矢, 山口 浩一, 坂本 克好, 小林 哲

Univ. Electro-Comm. ○Y. Ikeda, K. Yamaguchi, K. Sakamoto, S. Kobayashi

E-mail: b1366569@crystal.ee.uec.ac.jp

【はじめに】コロイダル量子ドット(CQD)からリガンドを取り除いた状態の量子ドット構造の薄膜を作製する堆積手法(液体分散量子ドットイオンビーム堆積法: LIQUID)がある[1]。この手法では液中に分散している CQD をエレクトロスプレーと自由噴流でイオンビーム化し, 真空中で基板上に照射することで堆積させる。我々は LIQUID 法を用いて非毒性材料である InP/ZnS コアシェル型 CQD を材料として発光活性部材を成膜することを検討している。今回は, エレクトロスプレーヤーとイオン光学系を用いた LIQUID 装置のイオン源による大気中での直接堆積法により InP/ZnS CQD 薄膜の形成を行い, そのキャラクターゼーションを行ったので報告する。

【実験】Fig.1 に今回用いたイオンビーム堆積法の概念図を示す。表面をオレイルアミンで終端された InP/ZnS コア/シェル型 CQD をトルエン, ジエチルエーテル, アセトンを 2:17:1 の比率で混合した溶媒に分散させた。CQD の濃度は 0.5 mg/ml の濃度とした。この CQD 分散液を 2.0 $\mu\text{l}/\text{min}$ の流速で計 50 μl をステンレス製マイクロキャピラリーに送った。キャピラリー前方にはカソードを設け, イオンプルームの放出の安定化と収率の向上を図った。キャピラリーに対接地電圧+3.0 kV を, カソードには +1.5 kV の電圧を印加することで, キャピラリー先端に形成されたコーンジェットモードのテイラーコーンから放出された CQD イオンプルームがコリメートされることを確認した。接地電位の GaAs および Si 単結晶基板上に, 室温下でイオンプルームを照射して InP/ZnS CQD 薄膜を堆積した。作製した InP/ZnS CQD 薄膜について, 電界放出型走査電子顕微鏡(FE-SEM)による断面観察および原子間力顕微鏡(AFM)による表面モフォロジーの観察を行った。また分光蛍光光度計による室温でのフォトルミネッセンス(PL)スペクトル測定を行なった。

Fig.2 には GaAs(100)基板上にイオン源を用いて堆積した InP/ZnS CQD 薄膜の断面の SEM 像(a)および種々の手法で Si(100)基板上に堆積した InP/ZnS CQD 薄膜表面の AFM 像((b),(c),(d))をそれぞれ示す。断面の SEM 像(a)から求めた薄膜の膜厚は 306 nm であった。同条件でイオン源を用いて堆積した InP/ZnS CQD 薄膜に対する AFM 像(b)から求めた平均表面粗さ(Ra)は 0.01 nm であった。この値は (c)Spin-Coating 法(Ra = 2.58 nm)および(d)Cast 法(Ra = 3.33 nm)によって成膜した InP/ZnS CQD 薄膜と比較して, 非常に小さい。Fig.3 に示した室温下でのイオン源を用いた堆積法による InP/ZnS CQD 薄膜の

(赤線)およびスピコート法による薄膜(青線)の PL スペクトルは, 2.05 eV にピークが観測された。コロイド分散液(黒線)から得られた PL スペクトルには 2.04 eV にピークが観測され, 低エネルギー側の成分が薄膜に比べて相対的に強いものの, それぞれのスペクトル形状は近似している。イオン源を用いて堆積した薄膜中の量子ドット構造は保持され, コロイド溶液中と同様の電子・正孔の量子閉じ込めに起因する発光が観測されたものと考えられる。講演では LIQUID 法を用いた試料の組成についても議論する。

【参考文献】[1] S. Kobayashi, Y. Tani, and H. Kawazoe, Jpn. J. Appl. Phys. 46, L392 (2007).

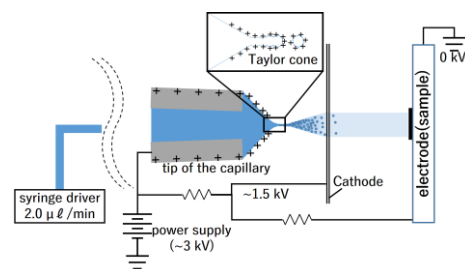


Fig.1. Concept of ion beam deposition method using electro ion source.

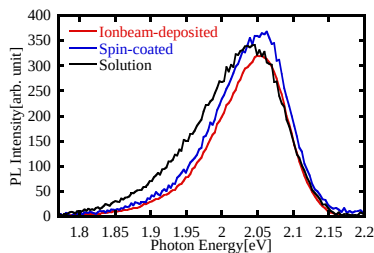


Fig.3. PL spectra of InP/ZnS CQD thin films fabricated by ion beam deposition, spin coating and cast coating.

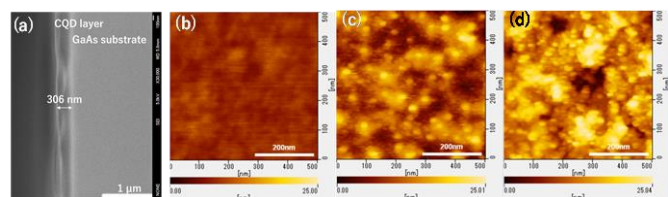


Fig. 2. (a) Cross-sectional SEM image of InP/ZnS CQD thin film by ion beam deposition on GaAs(100) sub.. AFM images of InP/ZnS CQD thin film surfaces on Si(100) sub. ((b) ion beam deposition, (c) spin coating and (d) cast coating).