PbS 量子ドット超格子構造に対する 量子ドット表面へのファセット付与とテンプレート使用の効果

The effect of facetting on quantum dot surface and template use

on PbS quantum dot superlattice structure

横浜国大院工1、横浜国大理工2

○(M2)藤本 智士¹、(M2)末続 文正¹、(B4)藤島 将伸²、 向井 剛輝¹,²

Graduate School of Engineering, Yokohama National University¹,

College of Engineering Science, Yokohama National University²

°S. Fujimoto, F. Suetsugu, M. Fujishima, K. Mukai

E-mail: mukai-kohki-cv@ynu.ac.jp

【はじめに】近年、高効率太陽電池を実現するために、量子ドット(QD)超格子が注目されている。QDを周期的に配列させると、中間バンドが形成され、広範囲の波長の光を吸収することが可能となり高エネルギー変換効率が実現する。化学合成QDは対称性が良い為、溶媒中で沈降させることで均一な超格子構造を作るのが可能となる。超格子内の個々のQDが同一面方位を持つとキャリアの移動度が向上すると考えられるが、我々はQDにファセットを付与して、これを実現した「」。また我々は、異方性エッチングを用いてSi基板上に逆ピラミッド状の孔が周期的に並んだテンプレートを作製し、この上にQDを沈降させることで、大面積の超格子を作製できることを示してきた「」。本研究では、ファセットを持つQDをテンプレート上に沈降させた場合の、QD超格子内の個々のQDの面方位や超格子膜の光学特性について検証した。

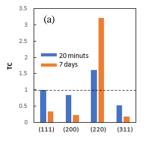
【実験】合成時の温度によって、QDのサイズやファセットを制御した $^{[3]}$ 。テンプレートとして、Si(100)基板に 3 μ m 四方の逆ピラミッド状の孔が周期的に並んだ 2 μ m 四方のパターンを作製した。トルエンに分散した QD 溶液をテンプレート上に滴下し、トルエンの蒸発速度を制御しつつ、QD 膜の作製を行った。 X線回折(XRD)による θ -2 θ 測定及び極点図測定で、作製した QD 膜の評価を行った。 θ -2 θ 測定では、データベースと実測のピーク強度比を用い、結晶組織係数(TC: texture coefficient)を求めることによって、基板に平行な QD 面の優先配向が分かる。 TC は、

$$TC(hkl) = \frac{\{I(hkl)/I_0(hkl)\}}{\frac{1}{n}\sum\{I(hkl)/I_0(hkl)\}}$$
(1)

で計算され、I は測定強度、I0 はデータベース強度、n は 測定ピーク数である。極点図測定では、ピーク角度 $(2\,\theta)$ に光学系を固定した状態で面内方向 Phi に試料を回転させて、回折強度を測定する。これをあおり角 Psi を変えながら繰り返し測定することで、QD 膜中の個々の QD の面

内における配向の様子が分かる。また、QD膜と溶液中のQDのフォトルミネッセンス(PL)測定を行った。

【結果】 Fig. 1 は、平面 Si 基板上と Si テンプレート上の QD 膜の θ -2 θ 測定の結果から TC を算出した結果である。両者とも(220)が優先配向している事が明らかになっ



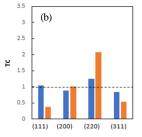


Fig.1 TC of QD films (a) on a flat Si substrate and (b) on a Si template

た。また、沈降時間を20分から7日間へと増加させることで、優先配向がより強くなることが判明した。但し、平面Si基板上のQD膜に比べ、テンプレート上のQD膜は、(220)の優先配向が弱くなっている。QDが切捨八面体の形状をしており、平面上だと体心立方構造に配列しやすいために、(220)配向が強く現れたと考えられる。一方、テンプレート上の逆ピラミッド孔は面心立方構造の面方位を持っている為、QDが体心立方構造に配列しにくくなり、(220)の優先配向が弱くなったと考えられる。その他、PL測定結果など、詳しくは口頭にて発表する。

本研究は、公益財団法人岩谷直治記念財団の科学技術研究助成を受けて行われました。

【参考文献】

- [1] S. Fujimoto et al., Ext. Abstr. Solid State Devices and Materials. (2017) 1081.
- [2] K. Mukai et al., Semicond. Sci. Technol. 30 (2015) 044006.
- [3] M. A. Hines et al. Adv. Mater. 15 (2003) 1844-1846.