

# 膜厚制御された PbI<sub>2</sub> 薄膜における二次元励起子閉じ込め効果

## Two-dimensional exciton confinement effect in thickness-controlled PbI<sub>2</sub> thin films

理研 CEMS<sup>1</sup>, 東大院工<sup>2</sup>, 東京カレッジ<sup>3</sup> ○中村 優男<sup>1</sup>, 難波 隆一<sup>2</sup>,

安波 貴広<sup>2</sup>, 小川 直毅<sup>1,2</sup>, 十倉 好紀<sup>1,2,3</sup>, 川崎 雅司<sup>1,2</sup>

RIKEN-CEMS<sup>1</sup>, Univ. of Tokyo<sup>2</sup>, Tokyo College<sup>3</sup> ○Masao Nakamura<sup>1</sup>, Ryuichi Namba<sup>2</sup>,

Takahiro Yasunami<sup>2</sup>, Naoki Ogawa<sup>1,2</sup>, Yoshinori Tokura<sup>1,2,3</sup>, and Masashi Kawasaki<sup>1,2</sup>

E-mail: masao.nakamura@riken.jp

二次元構造では、三次元バルク試料では見られない励起子の閉じ込め効果が発現する。量子井戸層幅が励起子ボーア直径以下の場合には強い閉じ込めと呼ばれ、励起子束縛エネルギーと振動子強度の増大が起こる。一方、井戸層幅がボーア直径より大きいと弱い閉じ込めと呼ばれ、励起子重心運動の量子化が起こる。このような励起子の閉じ込め効果発現の舞台として、原子層レベルまで薄い試料を容易に作製可能な層状物質が近年大きな注目を集めている。しかし、層状物質において系統的に膜厚を変えて強い閉じ込めから弱い閉じ込め領域への遷移を調べた研究はこれまでなかった。本研究では、直接遷移型のバンドギャップを持つ層状半導体の PbI<sub>2</sub> において、広い範囲で膜厚を精密に制御したエピタキシャル薄膜を作製し、二次元励起子閉じ込め効果を詳細に調べた。

PbI<sub>2</sub> 薄膜は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)基板上に分子線エピタキシー(MBE)法によって作製した。成膜条件を最適化することで、3 ~ 50 原子層の膜厚範囲において均一性が高く原子レベルで平坦な単結晶薄膜を得た(Fig. 1)。作製した薄膜の光学吸収スペクトルは、バンド端近傍において励起子重心運動の量子化による振動構造を示した。振動のピーク位置より、量子化エネルギーと分散関係を決定した。Fig. 2 に示す分散関係は、膜厚が厚い領域では tight-binding 模型で良く説明できたが、膜厚が 5.5 原子層以下になると量子化エネルギーが顕著に高エネルギー側にシフトしており、このエネルギーシフトは強い閉じ込め効果による励起子束縛エネルギーの増加及びバンドギャップの増大によって説明できた。これは、層状物質においては初めてとなる、励起子の強い閉じ込めと弱い閉じ込め状態のクロスオーバーを検出した結果である。

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 22H04958, 20H02626 の助成を受けて行われた。

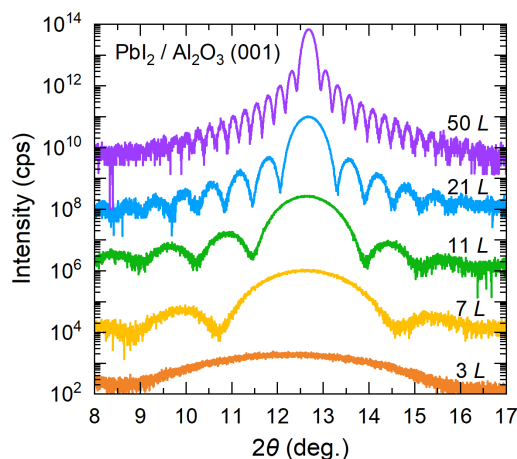


Fig. 1 X-ray  $2\theta$ - $\theta$  scan profiles for PbI<sub>2</sub> thin films on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001) substrates with various thicknesses.

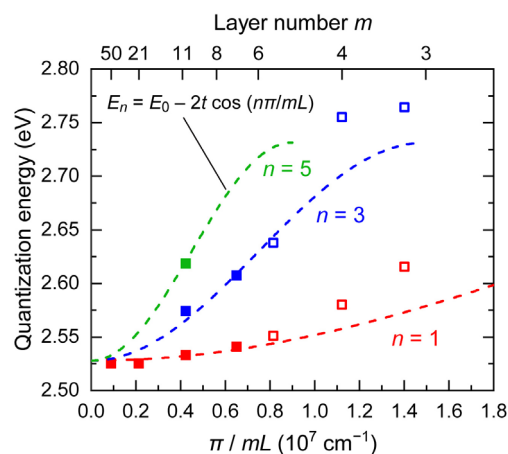


Fig. 2 Dispersion relation of exciton. Dashed lines are fitting results with tight-binding model.