

液中振動法を用いた半導体薄膜の歪み制御下での顕微発光イメージング

Micro-photoluminescence imaging from strain-controlled semiconductor thin films

by vibration-in-liquid method

東大物性研 ○内田 和人

ISSP, Univ. of Tokyo ○Kazuhito Uchida

E-mail: uchida@issp.u-tokyo.ac.jp

はじめに：半導体薄膜に歪みが加わると、空間の対称性やバンド構造が変化し、結果として励起子状態や発光スペクトルが劇的に変化する場合があります。例えば、遷移金属ダイカルコゲナイド薄膜は、空間反転対称性の破れにより、バレーが光のヘリシティと排他的に結合し、励起子ホール効果等のユニークな物性を発現することが知られている。なかでも MoS_2 薄膜は室温において励起子発光が観測され、さらに単層化することにより間接-直接型転移が起こる物質であり、面内歪みにより励起子状態や発光スペクトルが大きく変化することが期待される。そこで、最近我々は、架橋化した薄膜を液体中で振動させ、薄膜面内の歪みを制御する手法を開発し、歪み制御下における半導体薄膜からの顕微発光イメージングを行っている。

実験手法：まず、スリットあるいは開孔部をもつ基板上に薄膜を転写・架橋化し、フッ素系不活性液体中で薄膜表面に垂直な方向に微小振動させる。すると、薄膜上部と下部の圧力差により面垂直方向に抗力が生じ、薄膜の変形に伴い面内の歪みが発生する (図1)。このとき、基板の開孔部の形状がスリット状であれば一軸歪み、角型の孔であれば非一様な歪みとなる (図2)。さらに、振動の周波数と振幅を最適化することにより、薄膜の微小領域では垂直方向には振動せず、面内の歪みのみを変化させることが可能となる。この歪み制御法とマイクロスコップ、CMOS カメラを組み合わせ、歪みで変調する発光イメージを逐次観測する。

応用： MoS_2 薄膜についてはこれまでに励起子ホール効果の観測例があり、レーザー照射による熱拡散の効果により試料の長手方向に拡散した励起子のホール効果であると解釈されている[1]。例えばこの系において、非一様な歪みによるポテンシャル勾配で励起子を一方方向に駆動できれば、歪みにより変調を受けた励起子発光の円偏光特性を位相検波し、さらにイメージングすることにより、より明瞭な励起子ホール効果の観測が期待できる (図3)。

[1] M. Onga et al., *Nat. Mater.* **16**, 1193-1197 (2017).

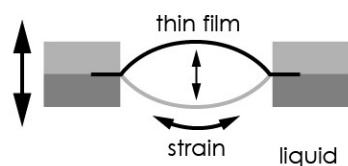


Fig. 1 Schematic drawing of thin film deformation by vibration-in-liquid method

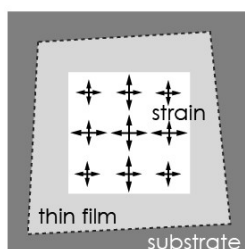


Fig. 2 Nonuniform strain of thin film transferred on square aperture substrate

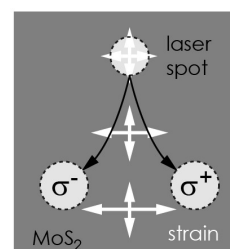


Fig. 3 Schematic drawing of strain-driven exciton Hall effect under nonuniform strain