

断面 TEM 像の高速フーリエ変換による原子層状膜の結晶性評価 Crystallinity evaluation of atomically layered films using fast Fourier transform of cross-sectional TEM images

東工大 工学院¹、科学技術創成研究院² ○松永 尚樹¹, 白倉 孝典², 若林 整²

Naoki Matsunaga¹, Takanori Shirokura² and Hitoshi Wakabayashi²

School of Engineering¹ and Institute of Innovative Research², Tokyo Institute of Technology

E-mail: matsunaga.n.ab@m.titech.ac.jp

【緒言】 MoS₂ を代表とする遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)膜はシリコンに代わるチャンネルとしての応用が期待されている。その結晶性を評価する手法として、TMDC の振動に由来する Raman ピークの半値幅(FWHM)が一般的に用いられる。しかし、試料に入射するレーザーと散乱光は、厚さや複素屈折率が異なる複数層からなるシステムにおいて多重反射の影響を受けてスペクトルの評価に影響を与える[1,2]。また、多層システムでは校正[3]が複雑になり評価が困難になる。

本研究では、下地に依らない原子層状膜の評価方法として断面 TEM 像の FFT による評価を提案する。これにより、断面 TEM 像における有限のグレインサイズの TMDC 膜において、下地が異なるサンプルの定性的な評価が期待される。

【方法】以前の研究[1]において評価した結晶性の異なる 4L-MoS₂ を RF マグネトロンスパッタリング法で用意した。それぞれの MoS₂ 膜の断面 TEM 像を端から正方形に切り出し、FFT を行う。切り出し位置をずらしながら FFT を行い得られたスペクトルを加算した。周波数空間で MoS₂ の層間距離に対応するピークを原点から円弧方向にプロットした。この計算は Python 3.9.7 で行った。

【結果】 Figure 1 に示すように結晶性は半値幅を用いることで評価できると考えられる。Figure 2 に得られたスペクトルをそれぞれ示す。カーブフィッティングを Voigt 関数で行うことで、ラマン分光により結晶性が高いと評価した MoS₂ 膜は、低い半値幅を示した。

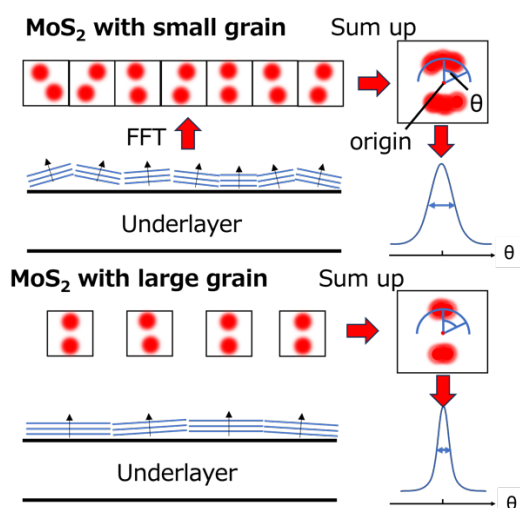


Figure 1: Conceptual diagrams of evaluation by FFT.

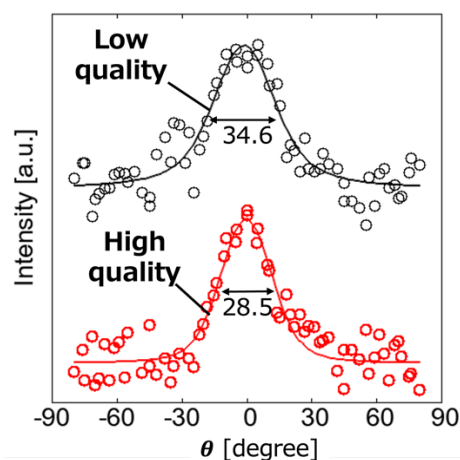


Figure 2: Spectra obtained by FFT of cross-sectional TEM images for different MoS₂ films.

【謝辞】本研究は、文部科学省次世代 X-nics 半導体創生拠点形成事業(JPJ011438)、及び JSPS 科研費(20H05880)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] N, Matsunaga, *et al.*, EDTM, 2J-4, (2024).
- [2] Buscema, Michele, *et al.*, Nano research 7 (2014): 561-571.
- [3] N, Van Velson, *et al.*, Optics Express 28.23 (2020): 35272-35283.