

数層 h-BN の散乱型走査近接場光学顕微鏡によるナノスケール層数評価

Nanoscale evaluation for the number of layers of few-layer hexagonal boron nitride with scattering-type scanning near-field optical microscopy

NTT 物性基礎研 °高村 真琴, 谷保 芳孝 NTT Basic Res. Labs., °M. Takamura and Y. Taniyasu
E-mail: makoto.takamura.sm@hco.ntt.co.jp

六方晶窒化ホウ素 (h-BN) は優れた電気絶縁性を有し、また、表面にはキャリアの散乱源となり得るダングリングボンドが存在しないことから、グラフェンに代表される二次元材料の絶縁基板として有望である [1]。近年、化学気相成長法による数層 h-BN の大面積合成に関する研究も盛んになってきた。しかし、h-BN の層数や、その面内均一性を評価する非破壊で簡便な方法は確立されておらず、電子顕微鏡を用いる以外に有効な方法がない。今回、散乱型走査近接場光学顕微鏡 (s-SNOM) により、ナノオーダーの空間分解能で h-BN の面内層数分布を評価できることを報告する。

s-SNOM は原子間力顕微鏡 (AFM) をベースとし、金属製 AFM 針の先端にレーザー光を照射し、局在・増強された電場 (近接場) をサンプル表面に相互作用させ、針先端での散乱光でイメージングする手法である。s-SNOM で得られる近接場光強度は、針とサンプル間の近接場相互作用で説明され [2]、h-BN 層数に依存すると予測される。評価に用いたサンプルの作製には有機金属化学気相成長 (MOCVD) 法を用いた。まず、サファイア基板の上に AlN 層を形成し、その上に h-BN 層を成長した。h-BN の原料にはトリエチルボロンとアンモニアを、キャリアガスには水素を用いた。

まず h-BN の層数を透過型電子顕微鏡 (TEM) で直接観察した。Fig. 1(a-b) に同一サンプルの異なる箇所から得られた TEM 像を示す。AlN 上に 3 層 [Fig. 1(a)] から 5 層 [Fig. 1(b)] の h-BN が成長している。s-SNOM により測定した、高さ像と近接場光強度像を Fig. 1(c-d) に示す。高さ像 [Fig. 1(c)] は、サンプル表面に数 nm の高さ分布があることを示しているが、h-BN の層数は判別できない。Fig. 1(d) は同一箇所の近接場光強度像である。ここでは h-BN 成長前の基板上での近接場光強度で規格化した値 ($s = s_{\text{sample}}/s_{\text{sapphire}}$) を用いた。近接場光強度像では $s = 3.0$ と $s = 3.2 \sim 3.3$ の 2 つの領域が見られる。近接場光強度と h-BN 層数の関係を finite dipole model [2, 3] に基づき数値計算すると、近接場光強度は h-BN の層数に依存して変化することが分かる [Fig. 1(e)]。計算結果との比較から、Fig. 1(d) に示す近接場光強度像は、h-BN の層数が 3 層 ($s = 3.2 \sim 3.3$) から 5 層 ($s = 3.0$) であることを示しており、TEM 観察の結果と一致する。さらに、近接場光強度の面内分布から約 200 nm のドメインであることが分かる。これらの結果は、s-SNOM により数層 h-BN の面内層数分布をナノスケールで評価可能であることを示している。

本研究の一部は JSPS 科研費 16H06361 の援助を受けて行われた。

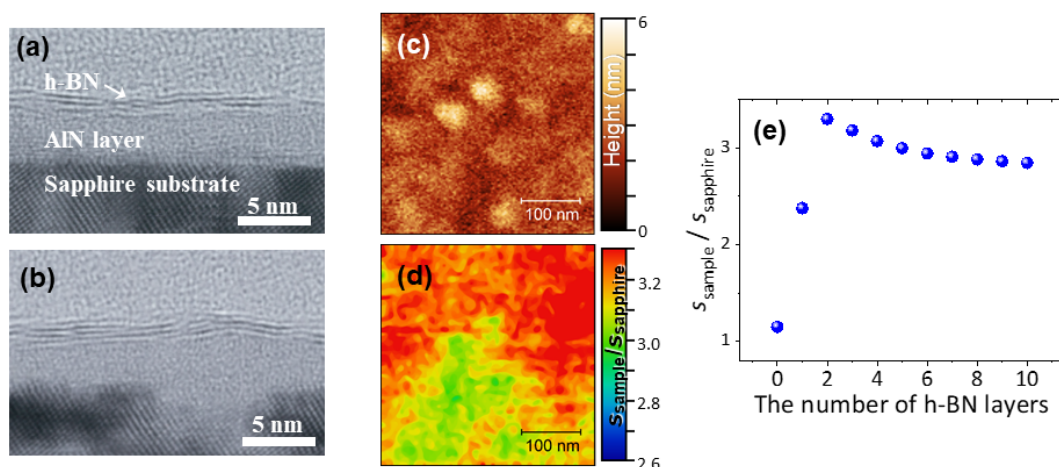


Fig. 1 (a-b) Cross-sectional TEM images of the h-BN layer grown by MOCVD. (c) Height image and (d) the near-field amplitude at an optical frequency of $\omega = 1370 \text{ cm}^{-1}$, both of which were obtained by s-SNOM. (e) Calculated near-field amplitude at $\omega = 1370 \text{ cm}^{-1}$ as a function of the number of h-BN layers.

- [1] C. R. Dean *et al.*, Nat. Nanotech. **5** (2010) 722-726. [2] B. Hauer *et al.*, Opt. Express **20** (2012) 13173-13188. [3] S. Dai *et al.*, Science **343** (2014) 1125-1129.