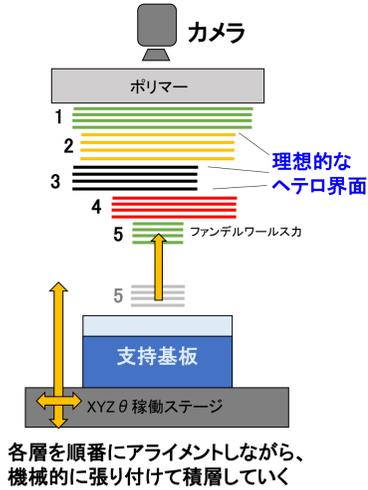


層状物質の厚い膜に存在する単層分の厚さの違いを検知する手法

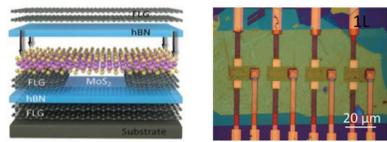
○服部 吉晃¹, 谷口 尚², 渡邊 賢司², 北村 雅季¹ (1.神戸大院工, 2.物材機構)

■ 研究背景

2次元層状ヘテロ構造

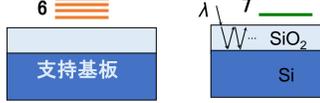


All-2D電子デバイスの例



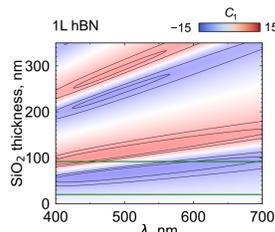
[1] Tang et al., *Adv. Electron. Mater.* **6**, 2000550 (2020).

・各層のフレイクは剥離法により準備
・基板にランダムに置かれた、厚さや形状が異なる多数のフレイクの中から目的のフレイクを事前に探す



近年、厚い2D膜も利用される

(例) 電極として数ナノのグラファイト絶縁膜として30 nmのhBN



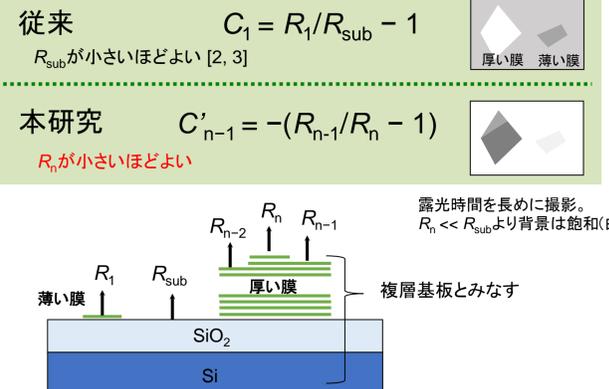
単層膜は20 nmより90 nmの方が見えやすい

Si/SiO₂(90 nm)の基板を利用すると、数層の薄い2D薄膜は光学干渉効果でフレイク表面の段差・汚れが容易に観察でき、層数も決定できるが、厚い膜はコントラストが強くなりすぎ、表面状態が観察しにくい問題があり、デバイス性能に悪影響を与える。

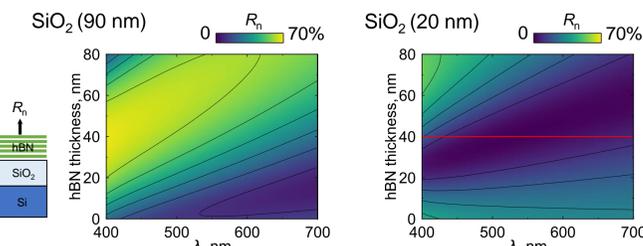
■ 原理

[2] Y. Hattori, et al., *Nanotechnology*, **33**, 065702 (2021).
[3] Y. Hattori, et al., *APEX*, **15**, 086502 (2022).

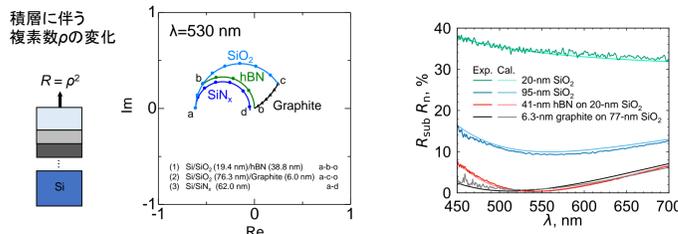
- ✓ カメラで反射率のわずかな違いを検知する
- ✓ 単層の厚さ分のコントラストの定義式 (Cが大きいほど見えやすい)



■ 反射率と実験方法

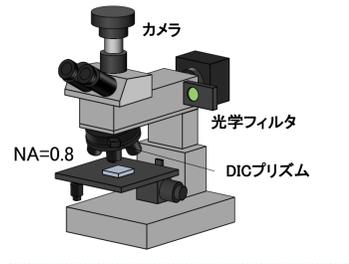
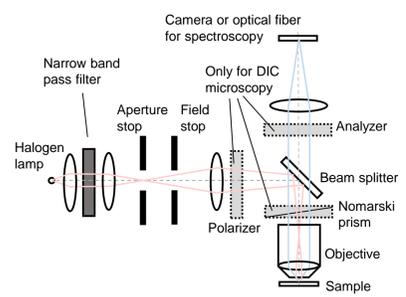


✓ Rnは20 nmのSiO₂の方が90 nmより小さい



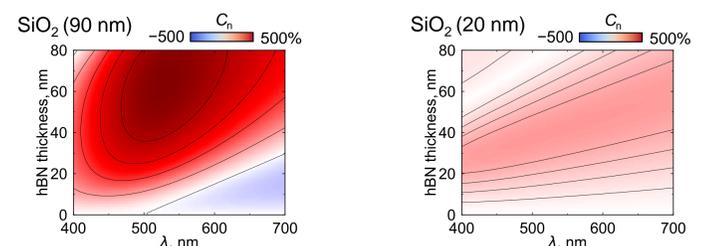
Rnが特定の膜厚で0になる根拠は反射率図 [4] で説明可能

[4] J. Apfel, *Appl. Opt.* **11**, 1303.12 (1972)



一般的な光学顕微鏡とカメラで観察可能(改造も不要)

■ 厚い膜のコントラスト



従来定義

✓ 薄い膜も厚い膜は90 nmのSiO₂の方が20 nmより見えやすい

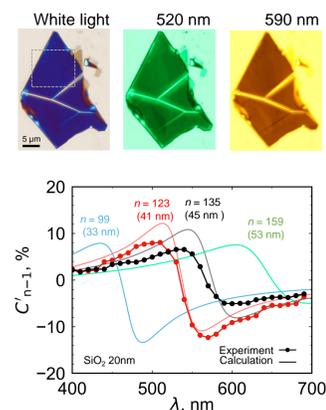
本研究定義



✓ 1層分の段差は20 nmのSiO₂の方が90 nmより見えやすい

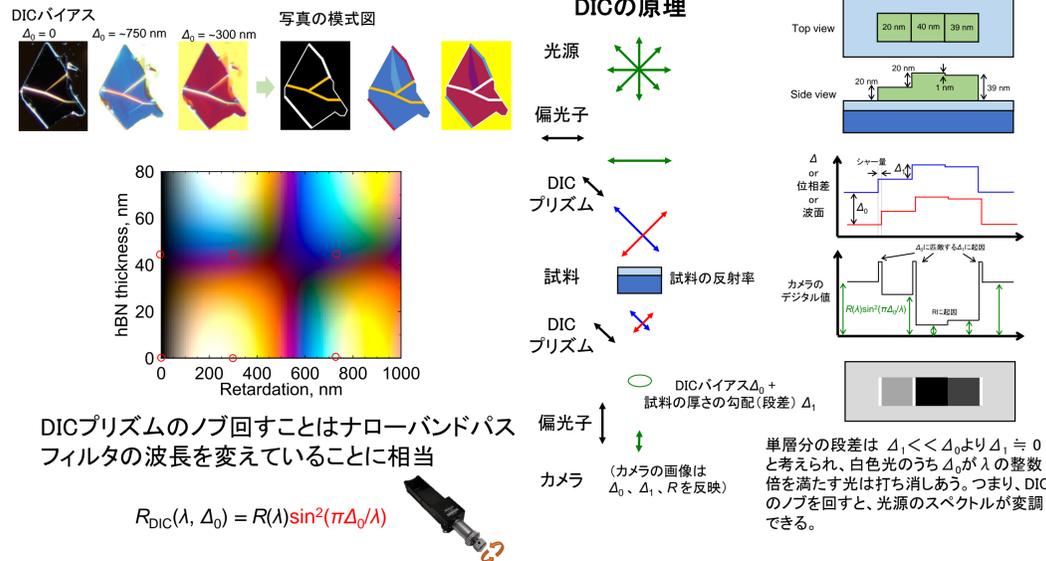
■ ナローバンドパスフィルタを用いた段差の検出

20nmのSiO₂に置かれた45nm (n = 135)のhBNの観察



- ✓ 画像処理なしで単層分の段差を直接検知可能
- ✓ 30-40 nmのh-BNは20 nmのSiO₂が最適

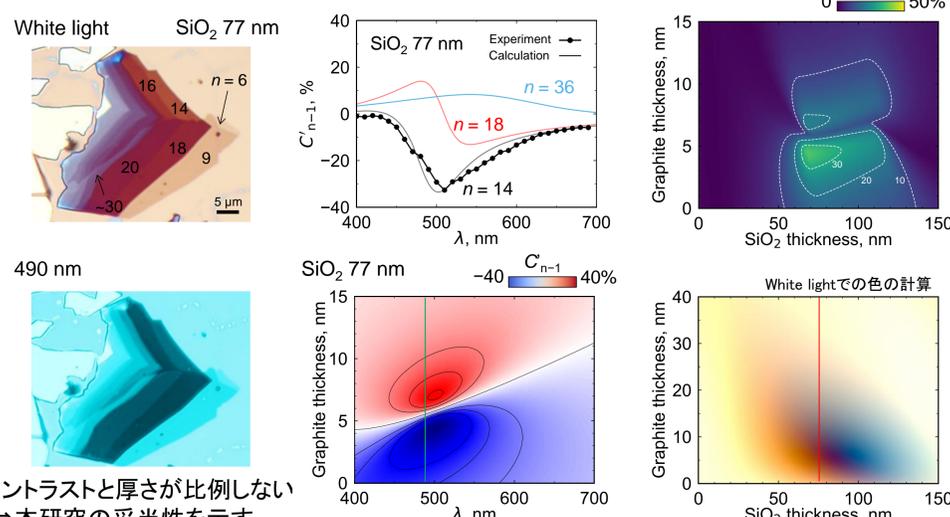
■ 微分干渉法を用いた段差の検出



DICプリズムのノブ回すことはナローバンドパスフィルタの波長を変えていることに相当

$$R_{DIC}(\lambda, \Delta_0) = R(\lambda) \sin^2(\pi \Delta_0 / \lambda)$$

■ グラファイト (5 nm程度) の観察



コントラストと厚さが比例しない → 本研究の妥当性を示す

✓ グラファイトは75 nmのSiO₂が最適

■ 結論 :2Dヘテロ構造の作製に有効な具体的な提案

【ポイント】 目的の材料・膜厚ごとに支持基板を適切に使分けろ。

- ① 30-40 nm程度hBN
Si/SiO₂ (20 nm) に転写。紫～群青色のフレイクを探す。
カメラの露光時間を長めにしながら、DICでチェック。
- ② 5 nm程度のグラファイト
Si/SiO₂ (75 nm) に転写。赤茶色のフレイクを探してDICでチェック。
- ③ 単層および数層のh-BN [3]
Si/SiN_x (65 nm) に転写。480 nm ~ 520 nmの
ナローバンドパスフィルタを使って観察、層数決定。

Acknowledgements

本研究は、JSPS科研費 (21H04655, 21K04195)、関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団、池谷科学技術振興財団、ひょうご科学技術協会、伊藤忠兵衛基金の助成を受けて遂行された。