

熱処理による hBN/単層 MoTe₂ ヘテロ構造の界面不純物除去Removal of interfacial contaminations in hBN/1L-MoTe₂ heterostructures by annealing東京都市大学¹, NIMS²°林田隼弥¹, 渡邊賢司², 谷口尚², 澤野憲太郎¹, 星裕介¹Tokyo City Univ.¹, NIMS²,°S. Hayashida¹, K. Watanabe², T. Taniguchi², K. Sawano¹, Y. Hoshi¹

E-mail: g1981259@tcu.ac.jp

単層二テルル化モリブデン(1L-MoTe₂)は室温において近赤外領域で励起子発光する直接遷移型半導体であり、これを用いた光電子素子開発が注目されている。1L-MoTe₂は、200 °C程度の熱処理で結晶欠陥が形成されることが知られているが[1]、六方晶窒化ホウ素(hBN)でこれを封止すると熱的安定性が大幅に向上することが報告されている[2]。本研究では、1L-MoTe₂の hBN 封止構造を 200 °C以上で熱処理することで界面不純物が除去できることを発見した。

MoTe₂、hBN パルク単結晶を用いて機械的剥離法により Polydimethylsiloxane(PDMS)シート上に単層 MoTe₂と多層 hBN を作製した。これらをドライトランスファー法で、100 nm の SiO₂ 膜を有する Si 基板上に積層することで、1L-MoTe₂を hBN で封止した構造(hBN/1L-MoTe₂)を作製した。これらのプロセスは全て室温で行った。この試料を大気中、100-300 °C、15 分間で熱処理した。

図 1 に、熱処理前と 100-300 °C で熱処理した hBN/1L-MoTe₂ 構造の 25 K での PL スペクトルを示す。熱処理前の試料の PL スペクトルをピーク分離したところ、励起子(X₀)、荷電励起子(T)、束縛励起子(X_{B1}, X_{B2})の発光ピークが見られることが分かった。一方、熱処理した試料では、熱処理温度の増大により T ピークが減少し、200°C 以上で消失することが分かった。図 2 に 200°Cでの熱処理前後の光学顕微鏡像を示す。熱処理前は黒点線で囲まれた 1L-MoTe₂ の領域にコントラストは見られないが、熱処理を施すことによって 1L-MoTe₂ 領域の端部にバブルが形成されることが分かった。これは熱処理前には、均一な不純物層が hBN/1L-MoTe₂ 界面に存在しているが、熱処理を施すことでこれが凝集しバブルを形成したことを示している。低温 PL 測定の結果を考慮すると、熱処理により界面不純物が除去されたことで、不純物からのキャリア供給がなくなり T ピークが消失したと考えられる。

本研究の一部は科学研究費補助金の支援を受けて行われた。

[1] H.Zhu et al., ACS Nano, 11, 11, 11005-11014 (2017)

[2] 林田等, 応物春予稿, 14a-A404-4 (2020)

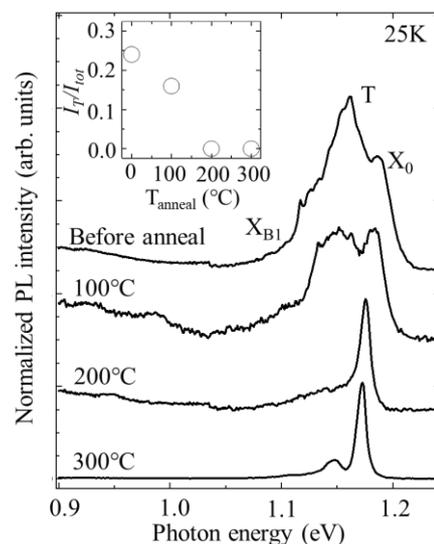


Fig.1 PL spectra at 25K normalized at exciton peak intensity for 1L-MoTe₂ encapsulated by hBN before and after thermal anneal at 100°C-300 °C and the trion spectral weight (I_T/I_{tot}) plotted as a function of the annealing temperature(T_{anneal}) shown in the inset.

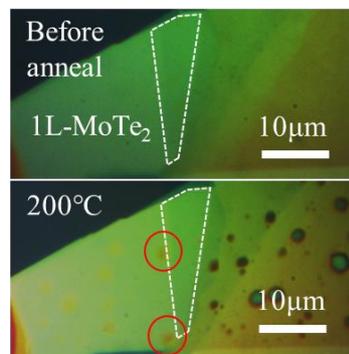


Fig.2 Optical microscope images for 1L-MoTe₂ encapsulated by hBN before and after thermal anneal at 200°C.