

hBN をゲート絶縁膜とした TMD-TFET の高性能化に関する研究

Study on high performance TMD-TFET using hBN as gate insulator

千葉大物質¹, 物質・材料研究機構², バッファロー大³ ◯池田駿太郎¹, 大内秀益¹, 坂梨昂平¹,

Peter Krüger¹, 渡邊賢司², 谷口尚², Jonathan P. Bird³, 青木 伸之¹

Chiba Univ.¹, NIMS², SUNY Buffalo³, ◯Shuntaro Ikeda¹, Hidemitsu Ouchi¹, Kohei Sakanashi¹,

Peter Krüger¹, Kenji Watanabe², Takashi Taniguchi², Jonathan P. Bird³, and Nobuyuki Aoki¹,

E-mail: n-aoki@faculty.chiba-u.jp

MOSFET の微細化により LSI の高性能化や低消費電力化が取り組まれてきたが、近年は微細化の限界が見られつつある。また、MOSFET は熱拡散によりキャリアの注入を行うことから、オン・オフ特性の立ち上がりの急峻さを示すサブスレッショルド・スイング(SS)の値は、室温で 63 mV/decade に制限されてしまう。そこで、MOSFET に代わる低消費電力トランジスタとして、トンネル電界効果トランジスタ(TFET)が注目されている。TFET はゲート電圧印加時に、ソースとチャネル間の障壁が薄くなり、トンネル効果により電子が障壁を通り抜けて、トランジスタに電流が流れる。この原理により、従来の MOSFET よりも低い電圧で電流のオン・オフが切り替えられる。

我々のグループはこれまで遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)の一種である二テルル化モリブデン(MoTe₂)に対してレーザー照射を行うことによって p/n 特性のコントロールやオーミック接触の実現に成功してきた。また、これらの技術を用いた TFET への応用に取り組んできたが、ゲート絶縁膜に SiO₂(300nm)を用いていたことなどから、性能としては不十分なものであった。本研究では二次元材料で非常に平坦性の高い六方晶窒化ホウ素(hBN)をゲート絶縁膜に、グラファイトをゲート電極に用いることによって、TFET の性能向上に取り組んだ。

SiO₂ 基板上にドライトランスファープロセ

ス[1]を利用し、剥離した MoTe₂、hBN、グラファイトを重ねて転写し、ソース・ドレイン電極を作製した。その後、1 MW/cm² 程度に集光した緑色レーザー光を、Fig.1 に示すように MoTe₂ と電極の界面に大気中で照射することによって p⁺領域を形成し、p⁺/n 接合を作製した。

この試料を真空中にて 120°C でアニール後、電流-電圧特性の温度依存性から n-TFET 動作を確認した。また、ゲート電圧特性から大幅な SS の低減を確認できた。ゲート絶縁膜を薄膜化したことによる静電容量の増加の他に hBN の平坦性や光学フォノン散乱による影響の排除が要因として考えられる。更なる SS 低減のための改良点や現在進めている p-TFET 動作についても発表予定である。

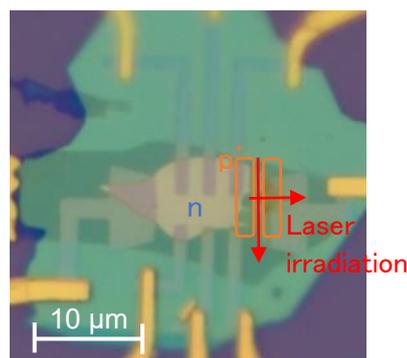


Fig. 1. Optical microscope image of MoTe₂-TFET sample

[1] L.Wang *et al.*, Science **342**, 614 (2013)