遷移金属ダイカルコゲナイド α-$MoTe_2$ のショットキー接合における注入キャリアの極性

Polarity of Carriers injected from Schottky Barrier of Transition Metal Dichalcogenide α-$MoTe_2$

物材機構[1]，埼大院理[2] ○中払周[1]，山本真人[1]，上野啓司[2]，林彦甫[1]，黎松林[1]，塚越一仁[1]
[1]NIMS, [2]Saitama Univ. ○Shu Nakaharai[1], Mahito Yamamoto[1], Keiji Ueno[2], Yen-Fu Lin[1], Songlin Li[1], Kazuhito Tsukagoshi[1]
E-mail: NAKAHARAI.Shu@nims.go.jp

将来の超低消費電力 LSI の実現に向けた新しいトランジスタのチャネル材料として、原子薄膜である遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)が注目を集めている。我々は TMDC の半導体の一つである Ŭ相二テルル化モリブデン(Ŭ-$MoTe_2$)の示す両極性伝導特性を活用して、一つのトランジスタにおいてその極性(n 型／p 型)を電気的制御で決定可能な極性可変トランジスタを開発してきた(参照文献 1)。このようなトランジスタでは真性半導体に対して電子と正孔の両方を注入可能なコンタクトを形成する必要があるが、ショットキー接合の伝導特性は主に金属の仕事関数 W によって決まるため、金属の選択が重要となる。そこで、Ŭ-$MoTe_2$ に対して様々な金属との接合を形成して電気伝導特性を調べた。その結果、Ti (W_{Ti} = 4.3 eV)など仕事関数が小さい場合は金属のフェルミ準位が Ŭ-$MoTe_2$ の伝導帯に近いため主に電子が注入され(n 型)、逆に Pt (W_{Pt} = 5.6 eV)など仕事関数が大きい場合は金属のフェルミ準位が Ŭ-$MoTe_2$ の価電子帯に近いため主に正孔が注入される(p 型)という、予想通りの結果が得られた(Fig. 1)。このように Ŭ-$MoTe_2$ は、他の TMDC の半導体よりもコンタクトによる極性制御が比較的容易である点で有利である。例えば MoS_2 の場合、仕事関数の大きな Pt に対しても通常のゲート制御では n 型しか示さない。しかしながら、電子と正孔の両方を注入するために、フェルミ準位が Ŭ-$MoTe_2$ のバンドギャップの中心付近にくる Au や Pd などの金属(W_{Au}, W_{Pd} = 5.1 eV)を用いると、電子と正孔の両方に対してショットキー障壁が大きいため、素子の駆動電流が抑制されてしまう。この問題を解決するために、電子注入に適した Ti と、正孔注入に適した Pt を並列した構造のコンタクトを作製した(Fig. 2(a,b))。この構造により、バックゲート(SiO_2, 285 nm)制御で半導体のバンドを変調した際、電子が Ti のコンタクトから(Fig. 2(c))、正孔が Pt のコンタクトから(Fig. 2(d))それぞれ注入される様子が Fig. 1 の実験データからわかる。このコンタクト構造により、極性可変トランジスタの駆動電流増大が期待される。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 15K06006, 25107004 の助成を受けたものです。

【参照文献】 [1] S. Nakaharai, *et al*, accepted by ACS Nano (DOI: 10.1021/acsnano.5b00736)

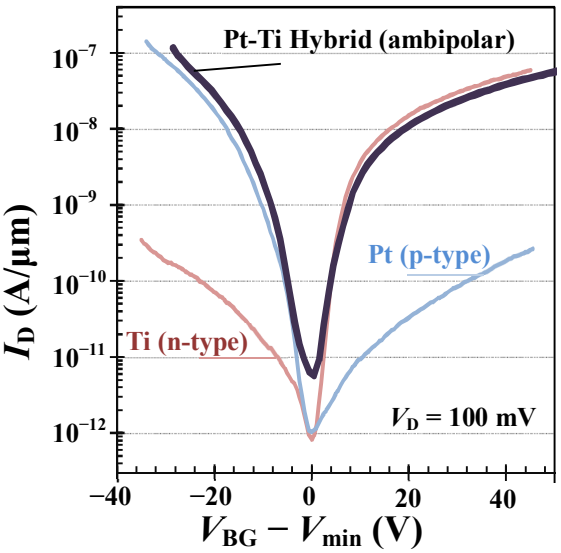

Fig.1 Back gate bias (V_{BG}) dependence of drain currents (I_D) at drain bias (V_D) of 100 mV in three devices with Pt, Ti and Pt-Ti hybrid contacts. Here, V_{min} is the V_{BG} value which gives the minimum I_D.

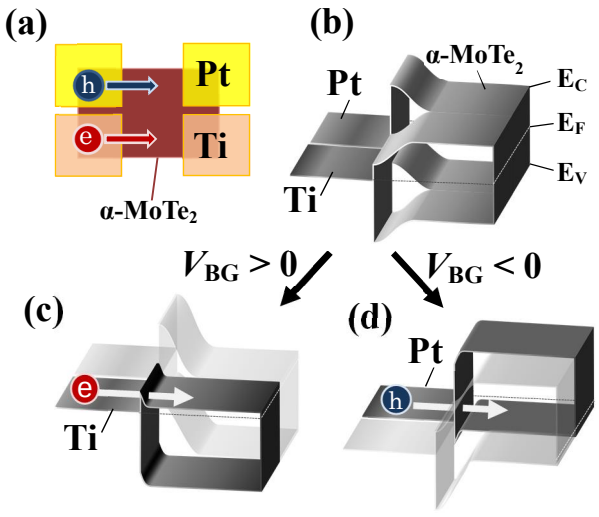

Fig.2 Schematic diagrams of Pt-Ti hybrid contact junction (a) and its band structure (b). Back gate control turns this device n-type (c) or p-type (d) depending on the polarity of V_{BG}.

© 2015年 応用物理学会