

イオンゲート型トランジスタで実現する微小トンネル接合とクーロンブロッケード A Small Tunnel junction realized by using ion-gated field effect transistor and Coulomb blockade

日女大理¹, ○松本 夏季¹, 浜本 あや¹, 石黒 亮輔¹

Japan Women's Univ.¹ ○Natsuki Matsumoto¹, Aya Hamamoto¹, Ryosuke Ishiguro¹

E-mail: m1716090mn@ug.jwu.ac.jp

近年、イオンゲート型の電界効果トランジスタ構造（電気二重層トランジスタ：EDLT）による巨大なキャリア誘起効果を利用したチャンネル材料の物性研究が盛んに行われている。EDLT はチャンネル表面の 1nm 程度の部分に $\sim 10^{14}$ 個 cm^{-2} ものキャリアを誘起できることから、チャンネル半導体の表面を金属化、さらには超伝導化するなど新しい物性発現のプラットフォームにもなっている[1]。また、数原子層でも高い移動度を維持するため二次元半導体電界効果トランジスタ(FET)の材料として期待されている遷移金属ダイカルコゲナイド層状物質（TMDCs）は、EDLT のチャンネル材料としても同様に高いポテンシャルを持つ。一方で、TMDCs をチャンネル材料として利用した FET は、金属電極とチャンネル TMDCs 間の接合抵抗が高く実用化には至っていない。

本研究室では、金属電極として Ti、チャンネル材料として MoS_2 を用いた EDLT 構造を利用した Ti/ MoS_2 接合の研究を行っており、この接合においては「Ti 電極」「Ti 電極下の MoS_2 」「チャンネル MoS_2 」と 2 段階の電気輸送が起こっており、「Ti 電極」と「Ti 電極下の MoS_2 」の間にはその大きさが数 meV 程度の障壁が存在すること、「Ti 電極下の MoS_2 」と「金属化していないチャンネル MoS_2 」の間はその大きさが数 10meV 程度のショットキー障壁が存在することを実証して来ている[2]。一方で、「Ti 電極下の MoS_2 」と「金属化したチャンネル MoS_2 」との間のショットキー障壁はその幅が狭くなり、トンネル接合になっていることが考えられるが、未だ実証できていない。

そこで、本研究では Ti/ MoS_2 -EDLT 構造における「Ti 電極下の MoS_2 」と「金属化したチャンネル MoS_2 」の間にトンネル接合が形成されていることを、クーロンブロッケード現象を利用して実証し、さらにこの接合を利用したクーロンブロッケード温度計としての応用を目指している。

クーロンブロッケード現象は極低温でトンネル接合における単電子の帯電エネルギーが熱励起エネルギーを超えたときに観測される。接合の断面積が小さくなると帯電エネルギーは大きくなる。EDLT で実現するチャンネル表面領域（厚さ 1nm）の高密度のキャリアを利用すると、容易に微小断面積のトンネル接合が実現されることが期待できる。これまでに作製した試料において 70K 以下で微分抵抗ピークの増大が観察された。これは直列に抵抗成分がつながっている微小接合におけるクーロンブロッケード現象に関連すると考えられる。発表ではこのモデルによる解析について議論する。

[1] A.Allain, et al. Nat. Mat.14, (2015)

[2] 浜本あや et al. 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会

21a-PB1-62 (2019)

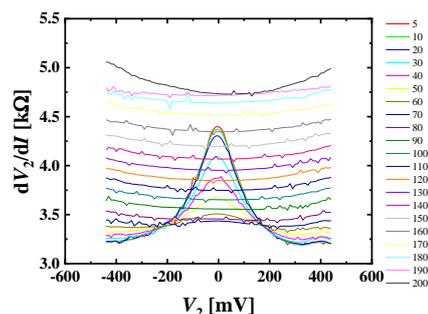


Figure1 Graph of temperature dependence of differential resistance