電界効果機能を付加したダイヤモンドアンビルセルの開発

Development of diamond anvil cell modified for use as field effect device

物材機構 MANA[1], 筑波大 [2] ○足立 伸太郎 [1], 松本 凌 [1,2], 齋藤 嘉人 [1,2],
原 裕 [1,2], 竹屋 浩幸 [1], 高野 義彦 [1,2]
MANA, NIMS [1], Tsukuba Univ. [2], ○Shintaro Adachi[1], Ryo Matsumoto[1,2], Yoshito Saito[1,2],
Hiroshi Hara[1,2], Hiroyuki Takeya[1], Yoshihiko Takano[1,2]
E-mail: ADACHI.Shintaro@nims.go.jp

【研究背景】 最近、我々はダイヤモンドアンビルセル（DAC）内の電極として微細加工したボロンドープダイヤを用いた独自の DAC を開発した[1]。これを用いて高圧下の新規超伝導相の発見に成功した[2]。本研究では、新規超伝導体の探索をさらに加速させるために、DAC 内に電気二重層トランジスタ構造を組み込み、圧力とキャリア密度を広範に制御できる装置の開発を進めている。高圧と電界効果を作用させる物質としてビスマス(Bi)を選んだ。高圧下の Bi の超伝導転移温度 T_c は、Bi-Ⅱ相(2.55 – 2.7 GPa)、-三相(2.7 – 7.7 GPa)、-Ⅴ相(7.7 GPa -)がそれぞれ約 4 K、6 – 7 K、そして 8 K と報告されている[3]。一方、常圧下の Bi は電界効果によって 1 K 未満の極低温でゼロ抵抗を示すことが報告されている[4]。高圧と電界効果を合わせればより高い T_c を示すかもしれない。

【実験方法】 まず、DAC 下側のアンビルダイヤ上にボロンドープダイヤ電極と絶縁ダイヤを成膜した[2]。次に、フォトリソグラフィと蒸着技術を用いてボトムゲート型の配置になるよう Bi 薄膜を作製した。試料表面とゲート電極以外がイオン液体（DEME-TFSI）と接触しないよう絶縁処理を施した。

【結果と考察】 右下の図に、様々なゲート電圧 V_G を印加した時の Bi 薄膜における I-V 特性を示した。V_G = 0 V(#1)の時にオーミック特性を観測し、その後、V_G = 0 から 0.5 V(#2)に上昇させた場合は I-V 直線の傾きはほとんど変わらなかった。続けて、V_G = 1.0 V(#3)、1.5 V(#4)とゲート電圧を上昇させたところ、I-V 直線の傾きが明らかに増大した。即ち、プラスのゲート電圧の上昇に伴い Bi 薄膜の抵抗が減少した。さらに、V_G を 0 V(#5)に戻したところ、はじめ (#1)の直線とほぼ一致する I-V 特性を観測し、ゲート電圧に対して I-V 特性が可逆的に変化したことを確認した。また、V_G = - 0.2 V(#6)を印可することで抵抗値を僅かに上げることにも成功した。以上の結果は、電界効果によって Bi 薄膜中に正・負のキャリアが誘起され、電気特性が変化したことを示す。当日は、圧力下の実験と詳細についても報告する。

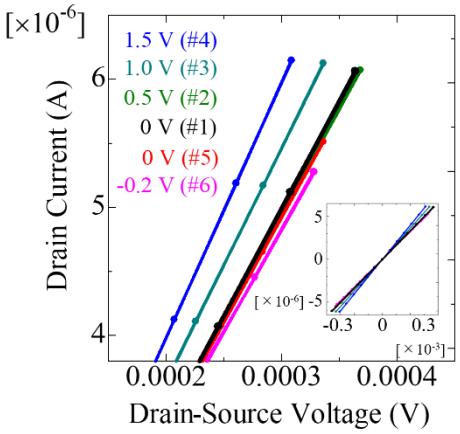

Fig. I-V characteristics for a Bi film as a function of various gate voltages (V_G) under ambient pressure at RT.

[1] R. Matsumoto *et al.*, APEX **11** 053101 (2018).
[2] R. Matsumoto *et al.*, STAM **19** 909 (2018).
[3] Y. Li *et al.*, PRB **95**, 024510 (2017).
[4] K. A. Parendo *et al.*, PRL **94**, 197004 (2005).

© 2019年 応用物理学会