

電気二重層トランジスタを用いた ZnO の熱電特性制御

Control of the thermoelectric property of ZnO by using electric double layer transistor

東大低温セ¹, 東大院工² ○藤井 武則¹, 高柳 良平², 朝光 敦^{1,2}Cryogenic Research Center, Univ. of Tokyo¹, Department of Applied Physics, Univ. of Tokyo²

E-mail: fujii@crc.u-tokyo.ac.jp

熱電変換材料から、効率よく電気を取り出すためには、大きな熱起電力 S と低い抵抗率 ρ が必要となるが、これらはキャリア濃度の関数であり、独立に制御することは難しい。しかし、キャリア濃度が最適値に固定された下では、有効質量 m を大きくすることによって S が増大し、移動度 μ を大きくすることで ρ を小さくすることができる。近年、MgZnO/ZnO ヘテロ界面において形成される二次元電子ガス (2DEG) が、大きな m と μ をもつことが報告されている [1]。そこで、今回我々は電気二重層トランジスタ (EDLT) を用いて ZnO の 2DEG 状態を実現することを試みた。EDLT は電界効果トランジスタ (FET) の絶縁層として電解液を用いたものであり、従来の FET よりも多い $10^{14} \sim 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の 2DEG を実現できる [2]。また、化学ドーピングと異なり不純物散乱なしにキャリアをドーピングできるため、さらなる熱電性能の向上が期待できる。

図 1 に、様々にゲート電圧 (GV) を変化させた時の、 ρ_{2D} と S を示す。GV=2V~3V の間で金属-絶縁体(M-I)転移を起こし、 ρ_{2D} が減少するとともに S の絶対値も減少する。SrTiO₃ の超格子においては、2DEG による S の増加が観測されているが [3]、今回は S の増加は見られず、2DEG が実現出来ているかどうかは今の所明らかでない。一方、Power Factor ($PF=S^2/\rho$) を見積もると 300K で $10^{-3} \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-2}$ 以上となり、図 2 に示すように、化学ドーピングにより得られている値 [4, 5] と同等の PF が実現できたと思われる。

[1] A. Tsukazaki, et al., Nat. Matr. 9, 889 (2010)

[2] K. Ueno, et al., Nat. Matr. 7, 855 (2008)

[3] H. Ohta, et al., Nat. Matr. 6, 129 (2007)

[4] M. Ohtaki et al., J. Electron. Mater. 38, 1234 (2009)

[5] D. Berardan et al., J. Am. Ceram. Soc. 93, 2352 (2010)

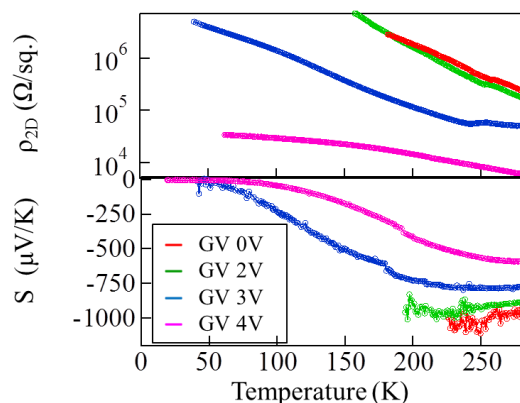
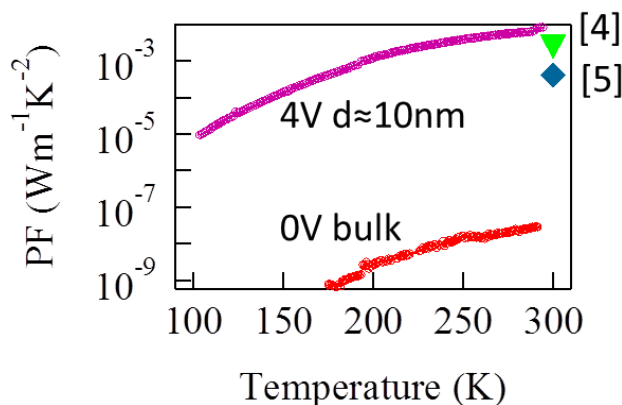
図 1: 電界効果による ZnO 焼結体の ρ_{2D} , S の変化

図 2: 2DEG 層の PowerFactor