

Sn ドープ m 面 α -Ga₂O₃ の抵抗値温度依存性

Temperature dependence of resistivity in m-face α -Ga₂O₃ grown by mist CVD

立命館大学¹, FLOSFIA², [○]山下 修平¹, 城川 潤二郎¹, 柳生 慎悟², 四戸 孝², 荒木 努¹

Ritsumeikan Univ¹, FLOSFIA Inc², [°]S. Yamashita¹, J. Kikawa¹, S. Yagyu,² T. Shinohe², T. Araki¹

E-mail: re0133ve@ed.ritsumei.ac.jp

α 酸化ガリウム (α -Ga₂O₃) は、パワーデバイスへの応用が期待されている新しい半導体材料である。我々のグループは、ミスト CVD 法で成長した m 面 Sapphire 基板上 α -Ga₂O₃ の抵抗率測定を Aligned Pauw 法により行い、J. Kleiza 等による解析法で抵抗率テンソルを計算し報告した^[1]。抵抗率テンソルは明らかな抵抗率の面内異方性を示していた。今回、同じサンプルで温度測定を行い、異方性を解析した。

図 1 に測定したサンプルの電極配置を示す。I-V 測定はこのサンプルの 0° 方向、90° 方向のそれぞれに沿った方向で行った。測定した I-V データは純粋なオーミック電流ではなく複数の電流機構から構成されている。ここでは第一次近似としてオーミック電流として解析した。そのため、印加電圧の最大値(5V)近辺の平均値で抵抗値を計算した。今回は Sn 濃度が $5.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $2.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ サンプルにおいて温度変化測定を行った。図 1 に、Sn 濃度が $5.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の 0° 方向、90° 方向の抵抗値温度依存性を示す。この Sn 濃度は Mott 遷移^[2]以下の濃度である。図 1 から、0° 方向では 50K あたりを境界にして抵抗値の温度依存性の傾向が変化している。これは 2 バンドモデルで説明が可能である。この傾向は Sn 濃度が $2.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ サンプルにおいても同様に確認される。また、この境界は Sn 濃度が小さくなると低温側へ移動することが確認された。一方で 90° 方向では、そのような境界は見られなかった。

次に、Sn 濃度 $1.0 \times 10^{17} \sim 5.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の試料に対して、アレニウスプロットから活性化エネルギーを計算したものを図 2 に示す。活性化エネルギーは Sn 濃度とともに小さくなることがわかる。ここでも 0° 方向と 90° 方向の違いが見られ、活性化エネルギーは 0° 方向の方が小さくなった。一般にドナーの活性化エネルギーはドナー濃度とともに低下する^[3]ため、この結果は 90° 方向に比べて 0° 方向は Sn の影響を大きく受けていることを示している。以上の結果から、Sn 原子が特定の方向に沿って偏析していることが示唆された。その要因として転位線が a 面の上を伝播している^[4]ことが考えられる。

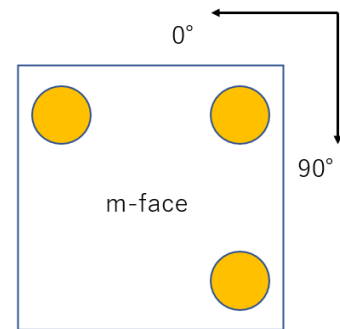


Fig. 1 electrode configuration

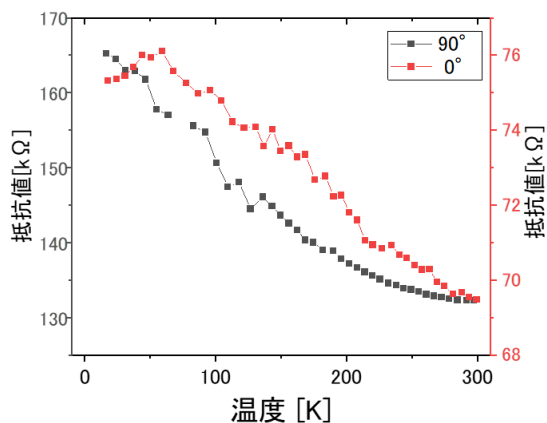


Fig. 2 temperature dependence of resistivity of m-plane α -Ga₂O₃ in the a-axis and c-axis directions

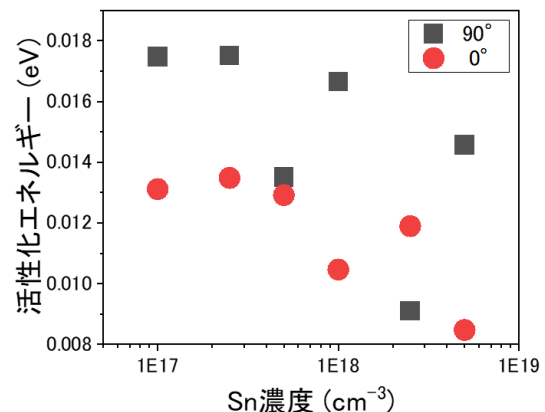


Fig. 3 activation energy of Sn in m-plane α -Ga₂O₃ in the a-axis and c-axis directions

[1] 青山昇平、守屋亮、城川潤二郎、四戸孝、高橋勲、荒木努、日本材料学会 2019 年度第 4 回半導体エレクトロニクス部門委員会第 1 回講演会 P9

[2] N. F. Mott, J. Phys. Colloq. 37, C4-301 (1976)

[3] E. F. Schubert, Doping in 3-5 Semiconductors, Cambridge Univ. Press (1983)

[4] 早川紘生、城川潤二郎、高橋勲、四戸孝、荒木努、2020 年秋季第 81 回応用物理学会学術講演会、9p-Z20-2