

アモルファス酸化ガリウムへの水素ドーピング効果とキャリア輸送特性

Hydrogen doping and carrier transport properties of amorphous Ga-O

東工大フロ研¹, 東工大元素² ○笠井悠莉華¹, 井手啓介¹, 片瀬貴義¹,
平松 秀典^{1,2}, 細野 秀雄^{1,2}, 神谷 利夫^{1,2}

MSL, Tokyo Tech¹, MCES, Tokyo Tech², Yurika Kasai¹, Keisuke Ide¹, Takayoshi Katase¹,
Hidenori Hiramatsu^{1,2}, Hideo Hosono^{1,2} and Toshio Kamiya^{1,2}

E-mail: y-kasai@mc.es.titech.ac.jp

【はじめに】a-In-Ga-Zn-O (a-IGZO) に代表されるアモルファス酸化物半導体 (AOS) は、室温で作製しても $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を超える高い移動度の薄膜トランジスタ (TFT) を作製でき、大型有機 EL ディスプレイや高精細液晶ディスプレイ等に広く用いられている[1]。我々は近年、AOS の中でも a-Ga-O (a-GO) が 4.12 eV の超ワイドギャップでありながら $7 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の Hall 移動度をもつ半導体であることを報告してきた[2]。しかし 10^{15} cm^{-3} 以下しか電子ドーピングができないという問題があった。a-IGZO のキャリア濃度を増加させる方法として、真空中での熱処理や水素注入が効果的であることが知られている[3]が、以前の我々グループで試した範囲では a-GO 薄膜では水素ドーピングによるキャリア密度増加は実現できなかった。本研究では、パルスレーザー堆積法 (PLD) によって作製した半導性の a-GO 薄膜に対して、真空アニールや水素プラズマ処理を行いキャリア濃度の向上を試みた。さらに、高温ホール測定を行い a-IGZO との比較を行うことでキャリア輸送特性について議論したので報告する。

【実験方法】PLD 法を用いて a-GO の室温成膜を行った。PLD ターゲットには 1550°C で焼結した高密度の $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 焼結体 (焼結密度 96.7%) を用いた。製膜時にはレーザーパワーと周波数をそれぞれ 110 mJ と 10 Hz とし、酸素分圧を 3 から 6 Pa まで変えた。すべての膜について真空中 300°C の熱処理を行い、その後圧力 8 Pa 、RF パワー 50 W として 30 秒間水素プラズマ処理を行った。電気特性は van der Pauw 法を用いて AC ホール測定により評価を行った。

【結果】Fig. 1 に Hall 効果測定の結果を示す。水素プラズマ処理前は、すべての酸素分圧条件で電気伝導度に大きな違いが見られなかったが、酸素分圧が大きいほど移動度が大きく 1.5 倍の違いがあることが分かった。これらの膜に水素プラズマ処理を行った所、 $P_{\text{O}_2} = 6 \text{ Pa}$ の薄膜ではキャリア濃度が 2 桁ほど上昇することが分かった。膜表面の AFM 像を確認した所 RMS の値は、測定前と測定後でそれぞれ 0.88 と 0.98 nm であったことから、プラズマ処理によるエッチングの影響はほとんど無く、水素を膜中に導入することでドーピング効果が得られたものと考えられる。当日は高温 Hall 効果の結果を併せて議論する。

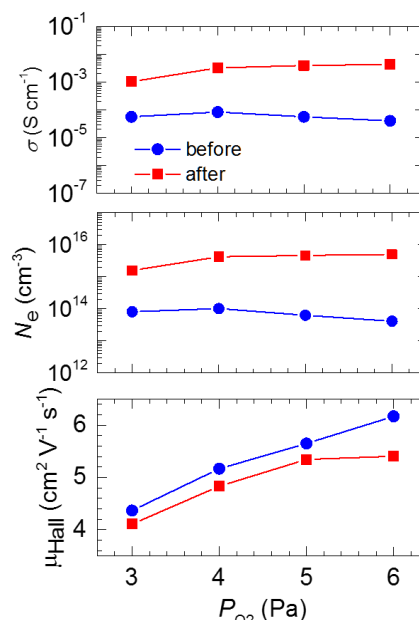


Fig. 1 Effect of H-plasma treatment on conductivity (σ), carrier density (N_e) and electron mobility (μ_{Hall}) for a-GO thin films. Blue and red symbols show the a-GO films before and after the H-plasma treatment, respectively.

[1] K. Nomura et al., Nature 432, 488 (2004).

[2] J. Kim et al., NPG Asia Mater. 9, e359 (2017).

[3] H. Tang et al., ECS J. Solid State Sci. Technol. 6, 365 (2017).