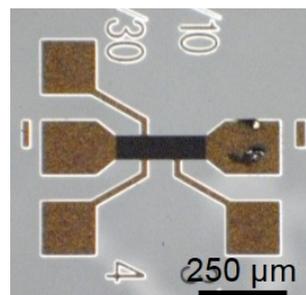


平成 26 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	大学院理工学研究科 応用化学専攻
研究者 (ふりがな)	大島 孝仁 (おおしま たかよし)
タイトル	酸化ガリウム系ヘテロ接合の開発
助 成 名	工系若手奨励賞
採択金額	120 万円
<p>研究の背景</p> <p>酸化ガリウム (Ga_2O_3) 系半導体は、現在ワイドバンドギャップ化合物半導体分野で大きな注目を集めている。この新しい半導体材料では、不純物ドーピングによる電気伝導制御、Al_2O_3 との混晶によるバンドギャップ制御が可能であることがすでに示されており、ホモ接合、ヘテロ接合デバイスへの応用が期待される。本研究では、世の中でまだ誰も取り組んでいないヘテロ接合デバイス開発を目標にした。</p>	
<p>結果と考察</p> <p>この新しいヘテロ接合系において、本年度我々は 2 つの研究課題に取り組んだ。ヘテロ接合界面におけるバンドオフセット解析と、ヘテロエピタキシャル薄膜へのドーピング (変調ドーブ) による界面へのキャリアの閉じ込めである。どちらの課題に対して酸素ラジカル支援パルスレーザー堆積法で作製したヘテロエピタキシャル薄膜を詳細に評価した。</p> <p>前者のバンドオフセット解析については、$\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (201)基板上に (i) $(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_2\text{O}_3$ (20 nm), (ii) Ga_2O_3 (5 nm), (iii) Ga_2O_3 (3 nm) / $(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_2\text{O}_3$ (20 nm)の薄膜構造を作製した。(i), (ii), (iii)に対する放射光 X 線光電子分光の内殻と価電子端スペクトルから価電子帯バンドオフセット (ΔE_V) を求めた。また、(i), (ii)に対する反射型電子エネルギー損失スペクトルからバンドギャップ (E_g) を測定した。E_g と ΔE_V から伝導帯バンドオフセット (ΔE_C) を求めた。得られたスペクトルを解析した結果、接合は type I であり、ΔE_C, ΔE_V はそれぞれ 0.17 eV, 0.09 eV であった。$\Delta E_C : \Delta E_V$ は 65 : 35 であり、この比率は他の化合物半導体ヘテロ接合 (70 : 30 @ AlGaN/GaN [1], 65 : 35 @ AlAs/GaAs [2]) と同等であった。今後は、さらに種々の Al 組成薄膜についても同様に評価し、バンドオフセットの組成依存性を明らかにする予定である。</p> <p>[1] S. Heikman, <i>et. al.</i>, J. Appl. Phys. 93, 10114 (2003). [2] I. Vurgaftman, <i>et. al.</i>, J. Appl. Phys. 89, 5815 (2001).</p> <p>後者のドーピングに対しては、ドーパントとして Si を選択し、絶縁性 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (010)基板上に $\beta\text{-}(\text{Al}_{0.06}\text{Ga}_{0.94})_2\text{O}_3\text{:Si}$ を作製した。X 線逆格子解析から $\beta\text{-}(\text{Al}_{0.06}\text{Ga}_{0.94})_2\text{O}_3\text{:Si}/\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ は、コヒーレント界面であることが分かった。また、対称面反射にラウエ振動が確認できたことから、良好な結晶性を持つことが示唆された。さらに原子間力顕微鏡を用いて評価した表面平坦性は、平均二乗荒さで 0.6 nm と小さかった。これらの結果は、良好な結晶性を持つヘテロ界面を実現できたことを示していた。電気特性については、フォトリソグラフィにより写真にあるように Hall bar を作製し、Hall 測定から評価した。結果、室温において、キャリア密度、移動度、抵抗率はそれぞれ、$1.6 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $21 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, $1.9 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ であった。へ</p>	

テロエピタキシャル膜で初めて電気伝導性発現に成功しただけでなく、高キャリア密度を実現した。このキャリアはエピタキシャル薄膜と界面両方に存在すると考えられる。今後は、ライトドープやデルタドープを行い、界面にだけキャリアが発現できるように薄膜構造を制御する予定である。



結論と今後の課題

酸化ガリウム系ヘテロ接合において、基礎物性解析・デバイス応用両方の観点から研究をすすめ、それぞれ、バンドオフセット解明手法の確立・ヘテロエピタキシャル薄膜に対する電気伝導性発現を達成し、今後の研究に対する見通しをつけた。

今後は、パルスレーザー堆積法だけでなく、半導体純度の基礎研究開発が可能な分子線エピタキシー法も用いて、本格的なヘテロ接合系の研究を進めていきたい。この系は、その重要性にもかかわらず、まだほとんど研究方向がなされていないので、意義深いテーマを次々に発掘できると考えている。なお、写真は現在立ち上げ中の分子線エピタキシー装置であるが、この購入に本助成を充てさせていただいた。感謝いたします。



使用内訳書

費目	内訳	金額
備品1	ロードロック搬送チャンバー 他	120 万円
備品2		
消耗品		
旅費		
その他		
合計		120 万円

記入上の注意：

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。