

SiO<sub>2</sub>/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001)のバンドダイアグラムの成膜後アニールによる変化の検討Effects of post-deposition annealing on SiO<sub>2</sub>/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001) band diagram

東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻 ○武田大樹, 喜多浩之

Dept. of Materials Engineering, The Univ. of Tokyo, °Daiki Takeda and Koji Kita

E-mail: takeda@scio.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】我々は既に SiO<sub>2</sub>/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)MOS キャパシタにおいて、成膜後に~1000°Cの O<sub>2</sub> アニールを加えることで界面欠陥が抑制され、良好な特性を示すことを確認している [1]。その一方で酸素アニールにより β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は導電性が大きく変化するなど表面物性の大きな変化が報告されており[2]、それによりバンドダイアグラムが大きく変化する懸念がある。それに加えて、リーク電流を抑制する重要な指標となる絶縁膜/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 界面のバンドオフセットに関する既報の値[3]は、ばらつきが非常に大きく不明瞭という課題がある。そこで本研究では、光電子分光を用いてアニール条件を変えた時の β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)の MOS 構造のバンドダイアグラムの違いを評価した。

【実験方法】n 型の β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)エピウェハを希釈 HF 中で洗浄後、O<sub>2</sub> 中 1000°C、N<sub>2</sub> 中 400°C、1% H<sub>2</sub>(+He)中 400°C、の各アニールの後、He I線(hν=21.22eV)を線源として UPS 測定を行った。また SiO<sub>2</sub> 絶縁膜を<10<sup>-2</sup>Pa の O<sub>2</sub> 雰囲気中で Si を蒸着源とした電子線蒸着によって成膜後に O<sub>2</sub> 中 600°Cまたは 1000°Cのアニールを行い、XPS により価電子帯スペクトルを評価した。

【結果および考察】Fig 1.に希釈 HF 中で洗浄後、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> 雰囲気中でアニールを行った β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)の UPS スペクトルから、既報 [1]と同様の手法で求めたイオン化ポテンシャル(I<sub>p</sub>)を示す。各アニール後の I<sub>p</sub> は 8.2eV~8.4eV となった。この結果から、各アニール条件によって β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の表面物性が変化するはずだが、その β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)の I<sub>p</sub> への影響はたかだか±0.1eV 程度であることがわかる。次に膜厚< 4nm の SiO<sub>2</sub>/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)に対して、O<sub>2</sub> アニール条件を 600°C 3hr または 1000°C 1hr と変化した時の価電子帯オフセットへの影響を XPS の価電子帯スペクトル(Fig.2 に 600°Cの場合を示す)の変化によって評価した結果を Fig 3.に示す。得られた価電子帯スペクトルを、標準サンプルとなる SiO<sub>2</sub>(>15nm) および β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)基板のスペクトルに基づいて 2 成分にピーク分離して求めた価電子帯オフセットの大きさ ΔE<sub>v</sub> は、600°Cの場合は~0.9eV、1000°Cの場合は~0.6eV であり、アニールを高温化することによって ΔE<sub>v</sub> は 0.3eV 程度小さくなった。アニールによる β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)の I<sub>p</sub> の変化量(~0.1eV)よりも大きく価電子帯オフセットが変化したことから、アニールによる SiO<sub>2</sub>/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001)バンドアライメントの変化は、β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の表面物性が変わる効果ではなく、界面近傍の構造変化が界面ダイポールの大きさを変える効果である可能性が考えられる。尚、本研究の一部は、JST 低炭素社会戦略センター (LCS) との共同研究により実施された。参考文献: [1]武田大樹ら, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 16a-Z16-11(2021). [2] A. Kuramata et al., Jpn. J. Appl. Phys. 55, 1202A2 (2016). [3] P. H. Carey IV et al., Jpn. J. Appl. Phys. 56, 071101 (2017).

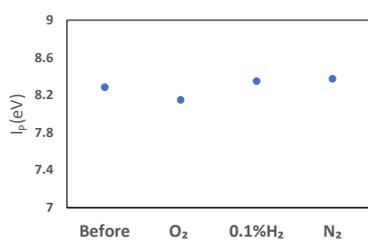


Fig 1. Ionization potential(I<sub>p</sub>) of β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001) after annealing with various conditions evaluated by UPS.

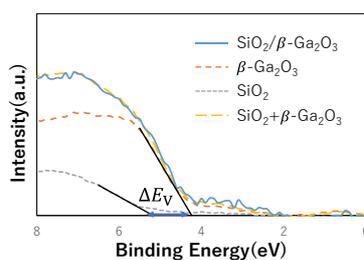


Fig 2. Deconvolution of valence band spectrum of SiO<sub>2</sub>/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001) stack (solid line) after O<sub>2</sub> annealing at 600°C for 3hr into two components : β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (broken line) and SiO<sub>2</sub> (dotted line). The long broken line is the sum of them.

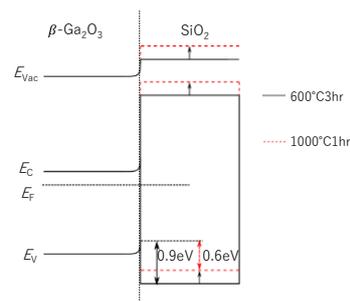


Fig 3. Band diagram of SiO<sub>2</sub>/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(001) after O<sub>2</sub> annealing at 600°C for 3hr (solid line) and at 1000°C for 1hr (broken line).