## Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As MOS 界面特性に与える前処理の効果の In 組成依存性

In content dependence of Pre-treatment Effects for Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As MOS Interface Properties

<sup>0</sup>横山千晶<sup>1</sup>, 張志宇<sup>2,3</sup>, 竹中充<sup>1,2,3</sup>, 高木信一<sup>1,2,3</sup>

<sup>°</sup>C. Yokoyama<sup>1</sup>, C.-Y. Chang<sup>2, 3</sup>, M. Takenaka<sup>1, 2, 3</sup> and S. Takagi<sup>1, 2, 3</sup>

The University of Tokyo, Faculty of Engineering<sup>1</sup>, School of Engineering<sup>2</sup>, JST-CREST<sup>3</sup>

E-mail: cyokoyama@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As 上にゲート絶縁膜とし て ALD Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を堆積して MOS 界面を形成する際 には、(NH4)Sx 溶液による前処理が、一般によく 用いられている[1-3]。一方で、InAs 上に HfO<sub>2</sub>を 堆積させた場合[4]、また最近 InAs/GaSb 上に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を堆積した MOS 界面[5]では、(NH<sub>4</sub>)S<sub>x</sub>処理 より BHF 処理の方が、界面準位密度が低いこと が報告されている。これらのことは、MOS 界面 として最適な前処理方法が InGaAsの In 組成によ って異なることを示唆している。そこで本研究で は、三種類の In 組成を持つ In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As (x=0.53, 0.7, 1) 基板に対して、(NH<sub>4</sub>)S<sub>x</sub> 処理と BHF 処理を行 って、ALD Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>による MOS キャパシタを作製 し、MOS 界面準位密度(D<sub>it</sub>)と前処理との関係に In 組成の変化に対する系統だった関係性が存在 するかどうかを調べたので、その結果を報告する。 【実験結果】In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 基板の構造には x=0.53 では InP(001)に In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As を 500nm、x=0.7 で は In<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As を 300nm エピタキシャル成長させ たものを、x=1 では InAs のバルク基板を用いて いる。ドーピング濃度は順に 5×10<sup>15</sup>cm<sup>-3</sup>、3×  $10^{16}$  cm<sup>-3</sup>、 $1.93 \times 10^{16}$  cm<sup>-3</sup> である。またすべてのキ ャパシタに対して、ALD Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の成膜の際プリカ ーサーにはH<sub>2</sub>OとAl(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>を用い、温度は200℃、 サイクル数は 90 サイクル(~9nm)とした。ゲート 電極には厚さ約 40nm の Au を用い、電極形成後 に 350℃、1 分間の PMA を行った。

x=0.53 では室温、x=0.7,1 では 180K における Au/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As MOS キャパシタの C-V 特性 を図 1~図 3 に示す。x=0.7(図 2)において、(NH<sub>4</sub>)S<sub>x</sub> 処理と比べ BHF 処理の方が、蓄積領域において 溶量がより急峻に変化し、また反転領域において 周波数分散が小さくなることから、MOS 界面の D<sub>it</sub> がより小さいものと考えることができる。 x=1(図 3)においては、(NH<sub>4</sub>)S<sub>x</sub>処理では容量変化 が小さく反転領域が形成されておらず、BHF 処 理の方が、界面特性が良いことが分かる。

界面特性を定量的に調べるために、Terman 法 および Conductance 法を用いて  $D_{it}$ の値を求めた 結果を図 4 に示す。In 組成が大きくなるにつれ、 (NH<sub>4</sub>)S<sub>x</sub>処理と比べ BHF 処理のほうが  $D_{it}$ の値が より小さくなり、改善の大きさも大きくなってい くことが分かる。

【結論】Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As (x=0.53,0.7,1) MOS 界面 特性において、In 組成 x が増えるに従い、(NH<sub>4</sub>)S<sub>x</sub> 処理よりも BHF 処理を用いたほうがより低い D<sub>it</sub> が得られることが実験的に明らかとなった。

【参考文献】[1] Y. Xuam *et al.*, IEDM 637 (2007). [2] Y.Urabe *et al.*, IEDM 142 (2010). [3] R.Suzuki *et al.*, SSDM 941 (2011). [4] D. Wheeler *et al.*, Microelectron. Eng. 86, 1561 (2009). [5] K. Nishi *et al.*, APEX8, 061203(2015).



Fig. 1 C-V of  $Au/Al_2O_3/In_{0.53}Ga_{0.47}As$  MOS capacitor (x=0.53) at room temperature for (a) (NH<sub>4</sub>)S<sub>x</sub> treatment and (b) BHF treatment.



Fig. 2 C-V of Au/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/In<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As MOS capacitor (x=0.7) at 180K for (a) (NH<sub>4</sub>)S<sub>x</sub> treatment and (b) BHF treatment.





