$HfO_2/Al_2O_3/In_{0.53}Ga_{0.47}As$ 界面に対する窒素プラズマクリーニング後の水素アニール効果に関する研究

Study for hydrogen annealing effect after nitrogen plasma cleaning on interface of $HfO_2/Al_2O_3/In_{0.53}Ga_{0.47}As$

○祢津 誠晃 [1]、金澤 徹 [1] 、宮本 恭幸 (1. 東京工業大学)

°Seiko Netsu[1], Toru Kanazawa[1], Yasuyuki Miyamoto (1.Tokyo Tech)

E-mail: seikou.n.aa@m.titech.ac.jp

1 はじめに

III-V 族化合物半導体は，Si よりも高い電子移動度を持つことから次世代 MOSFET 材料として注目されている．しかし実現に向けてはゲート絶縁膜材料と半導体界面において多数存在する界面準位を低減することが重要な課題である[1]．この課題に対して，絶縁膜堆積前に窒素プラズマとトリメチルアルミニウム（TMA）を交互に作用させるクリーニング手法により，酸化物由来の界面準位密度（D_{it}）を $HfO_2/Al_2O_3/In_{0.53}Ga_{0.47}As$ ゲートスタック構造において 2.5×10^{12} $eV^{-1}cm^{-2}$ まで低減できると報告されているが[2]，日本国内においてまだ再現性は確認されていない．本稿では[2]と同様の構造に対し，窒素プラズマクリーニングを実施した場合における酸化物の除去効果，および水素アニールによる D_{it} 低減効果について述べる．

2 界面特性評価用サンプルの作成

窒素プラズマクリーニングの有効性を確認するため，原子層堆積装置を用いた窒素プラズマ，TMA の供給を 1 サイクルとするクリーニングを 10 サイクル実施した $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ 表面に対し，Al_2O_3 を 1 nm 堆積させたサンプルを作成した．その後 X 線電子分光装置 (XPS) を用いて InGaAs 界面の酸化状態を分析した．また D_{it} 評価のために，$HfO_2/Al_2O_3/In_{0.53}Ga_{0.47}As$ ゲートスタック構造に対して窒素プラズマクリーニングを実施した MOS キャパシタを作成し，ゲート金属堆積後に窒素および水素アニールしたものを測定した．

3 界面特性の評価

Fig. 1 より界面準位を生ずる原因となる As_2O_3, As_2O_5 が低減されていることが分かる．このことにより窒素プラズマクリーニングが酸化物除去の手法として有効であることが確認された．しかし Fig. 2 に示したように，窒素アニールを施したサンプル (HfO_2/Al_2O_3: 35/2 cycles) ではミッドギャップ付近の D_{it} は約 2×10^{13} $eV^{-1}cm^{-2}$ であり，大幅な低減には至らなかった．一方で，水素アニールを施したサンプル(HfO_2/Al_2O_3: 50/5 cycles)では，ミッドギャップ付近において D_{it} は約 1×10^{12} $eV^{-1}cm^{-2}$ であり，[2] によって報告されている値 2.5×10^{12} $eV^{-1}cm^{-2}$ より低い値を得た．これは水素アニールによってダングリングボンドが終端されたことによる効果が現れていると考えられる．

4 むすび

本稿では，窒素プラズマによる $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ 表面へのクリーニングを実施し，界面特性の評価を行った．その結果，As 由来の酸化物がクリーニングにより減少していることが，XPS を用いた分析より明らかになった．水素アニールを実施することで D_{it} を 1×10^{12} $eV^{-1}cm^{-2}$ まで低減できることを確認した．

参考文献

[1] J. del Alamo, Nature **479**, 317, 17 2011.
[2] S. Stemmer *et al*, Appl. Phys. Lett., **102**, 022907, 2013.

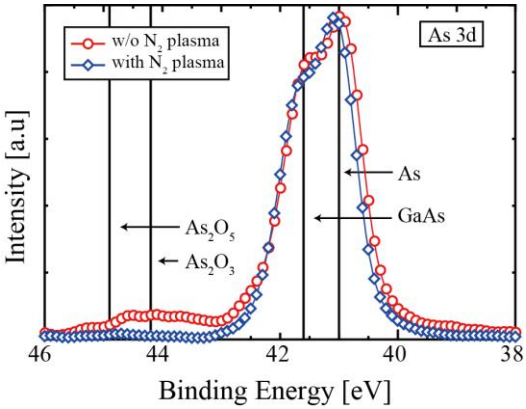

Fig. 1. XPS spectra of As 3*d* at the $Al_2O_3/In_{0.43}Ga_{0.57}As$interfac

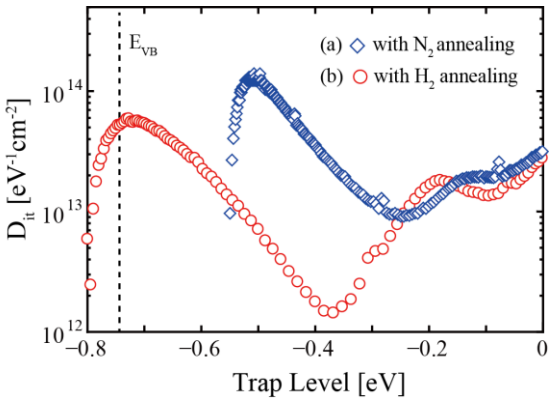

Fig. 2. Dit distribution of $HfO_2/Al_2O_3/In_{0.47}Ga_{0.53}As$ MOSCAPs with (a) N_2 annealing (b) H_2 annealing

© 2015年 応用物理学会