リモートプラズマによる表面洗浄と SiO_2/GaN 構造の *in-situ* 形成

GaN Surface Cleaning and *In-situ* formation of SiO_2/GaN structure using Remote Plasma

産総研-名大 GaN-OIL[1], 名大院工[2], 名大 IMaSS[3], °田岡紀之[1], グェンスァン チュン[1,2],
山本泰史[1,2], 大田晃生[2], 山田永[1], 高橋言緒[1], 池田弥央[2], 牧原克典[2], 宮崎誠一[1,2,3], 清水三聡[1,3]
AIST-NU GaN-OIL[1], Nagoya Univ.[2], IMaSS[3], °N. Taoka[1], N. X. Truyen[1,2], T. Yamamoto[1,2],
A. Ohta[2], H. Yamada[1], T. Takahashi[1], M. Ikeda[2], K. Makihara[2], S. Miyazaki[1,2,3] and M. Shimizu[1,3]
E-mail: taoka-nori@aist.go.jp

【背景】これまで、我々はリモート酸素プラズマ支援(ROPE)CVD によって SiO_2(ROPE-SiO_2)を GaN 上に形成し、その界面構造や電気特性について報告してきた[1,2]。その界面には、明瞭な Ga 酸化層が存在せず、組成急峻な SiO_2/GaN 界面が形成されている。更に、この界面は、良好な電気的特性を示した。一方で、プラズマ CVD を用いて形成した SiO_2/GaN 界面には、明瞭な Ga 酸化層の存在が報告されている[3]。これらの違いは、成膜条件の違いから生じると考えられるが、その形成メカニズムの理解は十分ではない。そこで本研究では、意図的に Ga 酸化層を形成し、その酸化層が ROPE-SiO_2 形成によってどの様に変化するか調べた。

【実験方法】n 型 GaN(0001)表面(不純物濃度 ~$3\times10^{16}cm^{-3}$) を 4.5%HF 溶液により洗浄し、その後、Ar 希釈酸素を用いた ROP により表面を酸化した(膜厚:~2 nm)。その後、ROPE-CVD によって、SiO_2 を形成した。この際、励起出力(P_{ex})を 10, 50, 100W と変更した。また、標準試料として Si 基板上にも同様に SiO_2 を形成した。これらの試料に対して、光電子分光法(XPS)を用いて化学結合状態を調べた。また、MOS キャパシタを作製し、*C-V* 特性から界面特性を調べた。

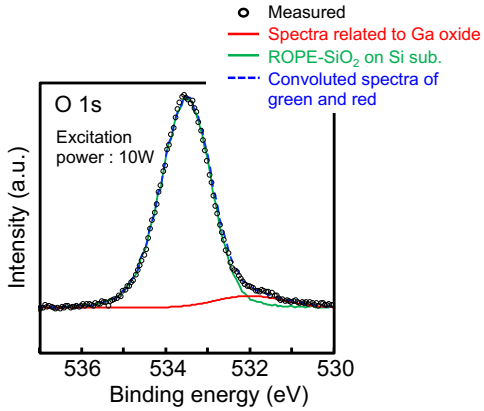

Fig. 1: O 1s spectra for SiO_2/Ga_2O_3/GaN (black circles), SiO_2/Si(Green) and spectra related to Ga-oxide (Red).

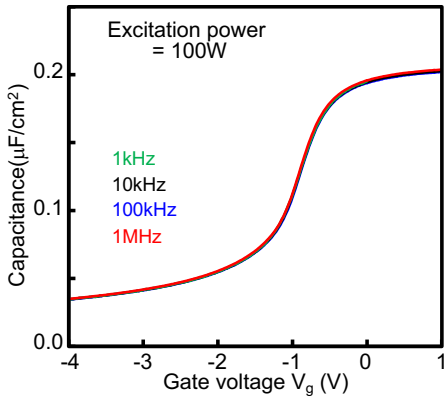

Fig. 2: *C-V* curves of the GaN MOS capacitors with the SiO_2 layer using the excitation power of 100W.

【結果および考察】図 1 に Ga 酸化層上に SiO_2 を 10W で形成した場合の O1s XPS スペクトルを示す。Si 上に形成した場合の O1s スペクトルと比較して、532 eV 付近の信号強度が高いことがわかる。この差に対応するスペクトル（赤線）のピーク位置と SiO_2 を形成していない Ga_2O_3/GaN 界面から得られる O1s のピーク位置は、ほぼ一致した。このことから信号強度の増加は、Ga_2O_3 界面層に起因した信号であることがわかる。更に、この信号強度は、P_{ex} の増加と共に減少することが明らかとなった。このことは、Ga 酸化物量が SiO_2 形成時に減少していることを示している。すなわち、意図的に形成された Ga 酸化層が無い場合には、GaN 表面の自然酸化物が ROPE-SiO_2 形成時に除去され、*in-situ* で SiO_2 が形成されていることを示している。

図 2 は、ROPE-SiO_2 を有する GaN MOS キャパシタの *C-V* 特性である。ここでは、Ga 酸化層を形成せず、P_{ex} = 100W で ROPE-SiO_2 を形成した。周波数分散がほとんど見られない良好な MOS 特性が得られていることがわかる。更に、10W, 50W の場合においても同様の MOS 特性が得られたことから、リモートプラズマによる表面洗浄は、MOS 界面に大きなダメージを与えること無く、良好な界面を形成可能であることを示している。

【謝辞】この成果の一部は、NEDO より委託を受け実施した。
参考文献：1) N. X. Truyen, *et, al.*, 2017 JSAP Autumm meeting. 2) N. X. Truyen, *et, al.*, 2018 JSAP Spring meeting. 3) T. Hashizume *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. B 21, 1828 (2003).

© 2018年 応用物理学会