GaN MOS キャパシタの C-V 特性における周波数分散の理解

Understanding of Frequency Dispersion in C-V Curves of GaN MOS Capacitor

産総研 GaN-OIL¹, 名工大² ^O田岡紀之¹, 久保俊晴², 山田寿一¹, 江川孝志², 清水三聡¹ AIST GaN-OIL.¹, Nagoya Institute of Tech.², ^oN. Taoka¹, T. Kubo², T. Yamada¹, T. Egawa², M. Shimizu¹ E-mail: taoka-nori@aist.go.jp

【背景】ワイドバンドギャップ半導体は次世代高 性能パワーデバイスや光デバイスの材料として 注目を集めている。ワイドバンドギャップ半導 体上への絶縁膜の形成は、それらのデバイス特 性を向上する上で、非常に重要な技術である。 それらの界面評価手法として、MOS キャパシ タを用いた *C-V* 法が簡便でかつ非常に有力で ある。しかしながら、ワイドバンドキャップ半 導体 MOS 界面には非常に時定数の長い準位や 高速で応答する準位が共存しており、その AC 特性の理解は十分ではない。これらの理解を深 めるため、本研究では、GaN MOS キャパシタ の*C-V*カーブの周波数分散を詳細に調べた。

【実験】サファイア基板上に MOCVD で n 型 GaN 層を形成後、TMA と H₂O を用いた原子層堆積法 (ALD)によって、20 nm の Al₂O₃層を 300℃で形成 した。その後、ゲート電極 Pd/Ni/Au を形成する ことによって、MOS キャパシタを作製した(作 製プロセスの詳細は、Ref. 1)に記載されている)。 これらのキャパシタの *C-V* カーブの周波数特性 を実験と計算によって調べた。

【結果】図1(a)に、GaN MOS キャパシタの C-V カーブ(測定周波数は1kHz~1MHz である)を示 す。-0.5V から-1.3V 付近において、明瞭な周波数 分散がみられる。一方、図 1(b)に示す様に、C-V ヒステリシスは1.8mV と非常に小さい。また、-0.5V から-1V 付近の C-F カーブから 1MHz 付近 では界面準位の応答はほとんど無視できること が確認された。これらのことは、1MHz の C-Vカ ーブから表面ポテンシャルとゲート電圧の関係 を求めることが可能であることを示している。そ の関係と界面準位の応答の時定数の式より²⁾、図 2の様な関係を求めることができる。ここで、グ レー領域は、C-V測定で用いた周波数の逆数より 求めた時間の領域を示している。界面準位の応答 は、-0.7V から-1.3V では、非常に長い時定数を持



Fig. 1: (a) C-V curves of the GaN MOS capacitor measured at various frequencies (b) C-V curves measured from different bias sweeping directions as shown by red and green arrows.



Fig. 2: Time constants as a function of the gate bias voltage for different capture cross-sections($\sigma_n)$





つことがわかる。このことは図1の結果と矛盾する。GaN MOS 界面は、Si MOS と比較して非常に大きな表面ポテンシャル揺らぎ(σ_s)を有することを前回報告した³)。この大きな σ_s が図1の周波数分散をもたらしている可能性が高い。そこで σ_s が界面準位の応答に与える影響について調べた。図3(a)に σ_s を変化させた場合の界面準位容量(C_{it})の変化を周波数の関数として示す。計算は、時定数のバラツキを考慮した等価回路モデルを用いて計算した²)。 σ_s =2,4の場合は、 C_{it} の変化は非常に小さい。一方で、 σ_s =8の場合は、低い周波数側で C_{it} の増加がみられる。同様な C_{it} の増加は、 σ_s =8の場合に、電子捕獲断面積(σ_n)を大きくすることによってもみられた。これらのことは、本来見えるはずのないゲート電圧において、確認される周波数分散は、GaN MOS 界面が非常に大きな σ_s を持つことに起因していることを示している。つまり、GaN MOS 界面特性をC-Vカーブの周波数分散から判断することは、誤った結果を導く可能性が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)T. Kubo *et al.*, Semicond. Sci. Technol. 29, 045004(2014).2) E. H. Nicollian *et al.*, Bell Syst. Tech. J. 46, 1055 (1967).3)田岡他 2016 秋季応物 16a-b1-8.