

窒化した p 型 SiC MOS キャパシタにおける反転層の形成

Formation of inversion layer on p-type SiC MOS capacitors with NO-POA

筑波大¹, 産総研² ○(M1)唐本 祐樹¹, 岡本 大¹, 原田 信介², 染谷 満²,
畠山 哲夫², 小杉 亮治², 岩室 憲幸¹, 矢野 裕司¹U. Tsukuba¹, AIST², °Yuki Karamoto¹, Dai Okamoto¹, Shinsuke Harada², Mitsuru Sometani²,Tetsuo Hatakeyama², Ryoji Kosugi², Noriyuki Iwamuro¹, Hiroshi Yano¹E-mail: s1620337@u.tsukuba.ac.jp

【背景】SiC MOSFET は SiO₂/SiC 界面特性の改善が大きな課題の一つである。界面特性改善のため、NO ガスによる窒化处理(NO-POA)を行うのが一般的となっている。n チャネル MOSFET は p 型 SiC 上に形成されるため、p 型 MOS キャパシタの界面特性を詳細に調べることは重要であるが、報告例は少ない[1]。また、窒化により SiO₂/SiC 界面の SiC 表面に窒素がドーピングされることが報告されている[2]。そこで本研究では、窒化处理を行った p 型 SiC MOS キャパシタの高周波 C-V 特性を評価し、反転層の形成について調査した。

【実験および結果】実効アクセプタ濃度 $N_a - N_d = 1.1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の p 型 4H-SiC エピ層上に MOS キャパシタを作製した。ドライ酸化によりゲート酸化膜を形成し、続けて Ar 雰囲気中で 30 分の POA を行った。さらに、NO-POA を 1250 °C で 10、60、120 分と処理時間を変えて行った。酸化膜厚はおよそ 55 nm である。ゲート電極として直径 500 μm の Al 電極を形成した。NO-POA を 60 分行った試料について、ゲート電圧 V_g を負から正方向に掃引して得られた C-V 特性を図に示す。 $V_g = 2 \text{ V}$ 程度までは深い空乏状態を示したが、さらに V_g が大きくなると容量が増加し始め、1 MHz では $V_g = 8 \text{ V}$ 程度で容量は一定となった。これは、p 型 MOS キャパシタの界面に反転層が形成されたことを示している。また、1 kHz の周波数では $V_g = 10 \text{ V}$ 程度から容量がさらに増加し始め、より多くの少数キャリアが交流信号に応答していることが分かる。なお、NO-POA の時間によらず、全ての試料で反転層が観測された。SIMS 分析により、NO-POA によって $0.4 \sim 2.2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の窒素原子が界面に導入されたことを確認している。これらの窒素のうち一部が SiC 表面に導入され、ドナーとして働くことで界面に電子を供給し、それらが正の V_g によりゲート電極下に集まり反転層が形成されたと考えられる。

そこで、ゲート電極外周部からの電子の流入を防ぐため、p⁺ガードリング付の p 型 MOS キャパシタを作製した($N_a - N_d = 2.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 、60 分の NO-POA)。この素子の C-V 特性を測定したところ、図のように深い空乏特性となり反転層の形成は見られなかった。したがって、p 型 SiC MOS キャパシタにおける反転層は、窒化(NO-POA)により SiO₂/SiC 界面の SiC 表面に窒素がドーピングされ、窒素ドナーから供給された電子がゲート電極下に集まることで形成されたといえる。

【謝辞】本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代パワーエレクトロニクス」(管理法人: NEDO) によって実施されました。

[1] M. Noborio *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices **56**, 1953 (2009). [2] T. Umeda *et al.*, ECS Trans. **50**, 305 (2012).

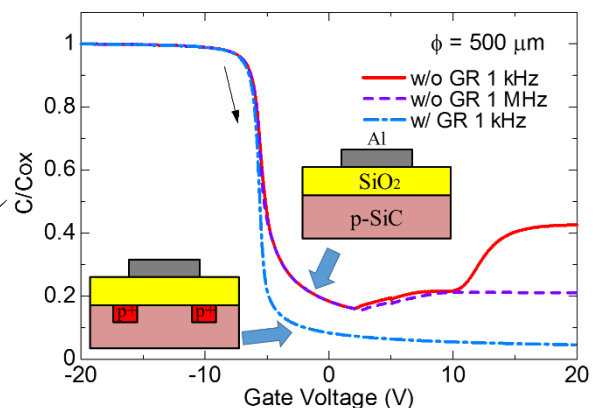


Fig. C-V characteristics of p-MOS capacitors with NO-POA for 60 min with/without a guard ring structure.