18p-A17-4

4H-SiC MOS 界面窒化処理における窒素ドーピングの ESR 定量

Nitrogen doping level in nitrided 4H-SiC MOS structures studied by electron spin resonance

筑波大数物 [1]，産総研 [2]　○梅田 享英 [1]，佐藤 嘉洋 [1]，佐久間 由貴 [2]，小杉 亮治 [2]

Univ. of Tsukuba [1], AIST [2],　○Takahide Umeda[1], Yoshihiro Sato[1], Yuuki Sakuma[2], Ryouji Kosugi[2]

E-mail: umeda@bk.tsukuba.ac.jp

【背景】界面窒化処理は Si 面 4H-SiC MOS 界面の効果的かつ標準的な改良法として知られている。界面への窒素導入によって界面準位密度が減少し、さらに「界面固定窒素」と称される化学的に安定な界面窒素が 10^{14} cm^{-2} 以上の高密度で発生して[1]、チャネル移動度（電界効果移動度）が 1～2 $cm^2/V{\cdot}s$ から 20 $cm^2/V{\cdot}s$ 以上に向上する。この移動度の向上にはチャネルへの窒素ドーピングも大きく関与していることが指摘され[2]、酸化後アニール（POA）による窒素やリンのドーピングが走査型容量顕微鏡（SCM）で定量されている[3]。それによれば標準的な POA によって窒素は 5×10^{17} cm^{-3}、リンは 5×10^{18} cm^{-3} でドーピングされる。このようなドーピングは移動度の見かけ上の向上とともに閾値電圧の低下という副作用ももたらすので、デバイス設計上、重要な現象である。本研究では電子スピン共鳴分光法（ESR）を用いて、窒素ドーピングを 800～1430℃の POA 温度範囲にわたって定量したので、その結果を報告する。

【実験および解析】窒素の定量なので、窒素含有量がなるべく低い高純度半絶縁性 4H-SiC 基板を用いて、標準的なクリーニングの後に Si 面を NO 雰囲気下、800～1430℃、5 分間で酸窒化した。その後、4 K、光励起下で ESR 測定を行って窒素ドナー信号強度を定量した。元々、基板には 10^{14} cm^{-3} 台で窒素が含まれていて、それが同濃度のボロンや結晶欠陥によって補償されている状態だった。基板の窒素量を差し引きすることで、酸窒化処理後の窒素量の増加を測定した（図）。その結果、窒素ドーピングは 1100℃付近で最大となり、そのピーク濃度は 1×10^{13} cm^{-2} であることが分かった。窒素は界面近傍に偏析（分布幅は 10 nm 未満）することが SIMS 分析などで分かっているので、窒素ドーピングの厚さを 10 nm と仮定すると、ドーピング濃度 1×10^{19} cm^{-3} が得られる。これは SCM による定量結果の 20 倍近い値である。当日は、ESR と SCM の差はどこから来るのか等について議論を行う。

[1] R. Kosugi et al., Appl. Phys. Lett. **99**, 182111 (2011). [2] T. Umeda et al., Appl. Phys. Lett. **99**, 142105 (2011). [3] P. Fiorenza et al., Appl. Phys. Lett. **103**, 153508 (2013).

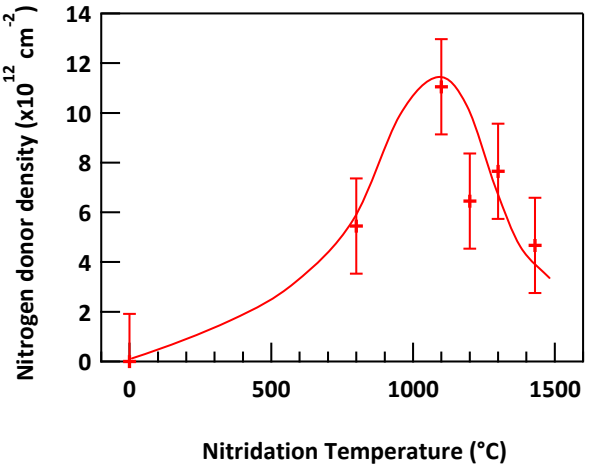

図 界面窒化処理による窒素ドーピングの定量結果（ESR 法による）。実線は目安。

© 2014 年　応用物理学会