

エピタキシャル基板を使用した 4H-SiC MOS 窒化界面の ESR 評価

Electron-spin-resonance study on nitrated MOS interfaces of epitaxial 4H-SiC substrates

筑波大数物¹, 京大², 産総研³ ◯梅田 享英¹, 鹿児山 陽平¹, 奥田 貴史²,

須田 淳², 木本 暢恒², 小杉 亮治³, 岡本 光央³, 原田 信介³

Univ. of Tsukuba¹, Kyoto Univ.², AIST³, ◯T. Umeda¹, Y. Kagoyama¹, T. Okuda², J. Suda²,

T. Kimoto², R. Kosugi³, M. Okamoto³, S. Harada³

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

【背景】4H-SiC/SiO₂ 界面の窒化処理は 4H-SiC MOS 型電界効果トランジスタの特性改善に標準的に用いられている。その要因としては界面準位の減少[1]、窒素ドーピング[2]が挙げられている。窒素ドーピングは私達の電流検出 ESR (電子スピン共鳴) [2]や走査型容量顕微鏡 (SCM) [3]によって確かめられており、SCM では標準的な窒化条件で $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア密度ピークが観測されている。窒素ドーピングの定量は窒化界面を記述する上で重要なので、私達も ESR 法によって窒素ドナーの直接定量に取り組んでいる。今回は残留窒素濃度の低いエピタキシャル基板を使用することで精度を 1 桁向上させた定量を行ったので報告する。

【実験および解析】 図は窒素ドーピング定量を行った 4H-SiC 試料の吸収形 ESR スペクトルである。(a)は前回用いた Cree 社の高純度半絶縁性 (HPSI) 基板で *k* サイト、*h* サイトの N ドナーが現れているが、そのほとんどは基板に元々含まれていた残留窒素 (濃度 $8 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ 、面密度 $15 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$) である。(b)は今回使用した p-型エピタキシャル自立基板 (Al 濃度 $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) で、HPSI 基板では見えていたバルク欠陥・不純物 (10^{15} cm^{-3} 台) が消失し、さらに *k* サイトの N ドナーも見えない。*h* サイトの N ドナーだけが見えるが、これは Si 面熱酸化 50nm+NO 窒化処理 (1250°C、60 分) 後に初めて出現した、つまり窒化処理でドーピングされた N ドナーである。N ドナーが *h* サイトのみに限定されるのは界面の特殊性だと考えられる。(b)の基板では、N ドナー信号を他の信号から分離したり、残留窒素の影響を受けずにドーピング定量が可能で、N ドナー面密度は $2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ であった。さらに窒化表面をエッチングしてドーピング分布を調べた結果や、窒化処理によって発生した欠陥について報告する。

[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).

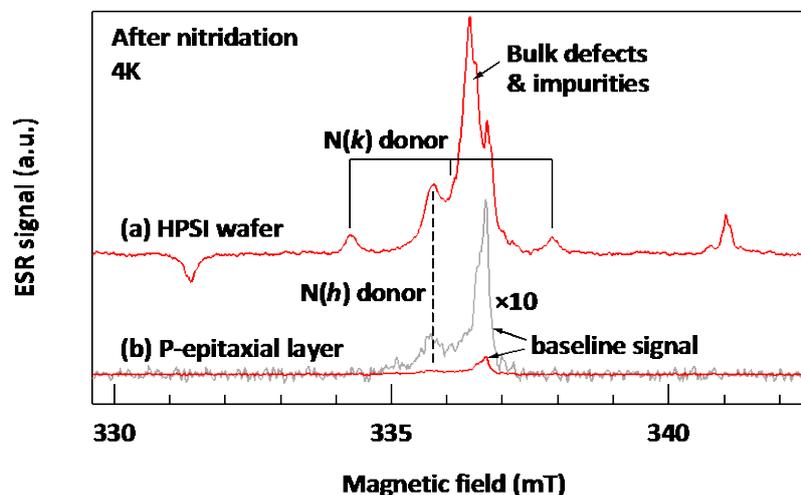


FIG. Absorption ESR spectra of (a) HPSI 4H-SiC wafer and (b) P-epitaxial layer after Si-face oxidation (50 nm-thick) + NO nitridation (1250°C, 60min.).