

ボロンシリサイドの低温酸化によるボロン拡散制御

Boron Diffusion Control using Low Temperature Oxidation of Boron silicide

ミニマルファブ技術研究組合¹, 産総研²○古賀 和博¹, 梅山 規男^{1,2}, 居村 史人¹, 浅野 均¹, 遠江 栄希¹, クンプアン ソマワン^{1,2}, 原 史朗^{1,2}MINIMAL¹ and AIST²○Kazuhiro Koga¹, Norio Umeyama^{1,2}, Fumito Imura¹, Hitoshi Asano¹, Haruki Toonoe¹, Sommwawan Khumpuang^{1,2}, and Shiro Hara^{1,2}

E-mail: kazuhiro.koga@minimalfab.com

【背景】ミニマルファブでは規格化された超小型の製造装置を開発し、局所クリーン化技術により製造ラインの運転コストを従来の 1/1000 に低減することを目標に掲げている[1]。我々は、ミニマル装置を用いたプロセス技術を開発しながら、プロトタイプから実用機に向け装置開発を進めている。昨年、液体のボロン(B)不純物を用いた熱拡散により MOSFET を作成し良好なトランジスタ特性を得た。しかしながら、拡散時に B 拡散の妨げとなる B シリサイドの形成を防ぐために酸化雰囲気が必要であり、拡散時の窒素中酸素濃度を 50%まで上げる必要があった[2]。その為、拡散層表面の B 濃度は 10^{17} atoms/cm³ がドーピングの上限濃度であった。今回、液体拡散の制御濃度範囲を広げて、高濃度ドーピングを可能にするために、低酸素濃度でのボロン拡散プロセスを検討した。

【実験方法】ウエーハは n 型 Si (抵抗率 5~20Ω-cm) を使い、B 塗布溶剤は東京応化 (株) 製の PBF (B 化合物 7wt%) を使用した。塗布前にはミニマル洗浄装置にて硫酸過水洗浄と RCA 洗浄を実施し、ミニマル塗布装置にて PBF 溶剤を 4000rpm, 30sec で塗布後、装置内のベークユニットにて乾燥ベーク (200°C, 5min, 大気雰囲気) を行った。その後、ミニマル抵抗加熱炉装置にて、ハードベーク (600°C, 30min, O₂ 雰囲気) とプリデポ拡散 (B 仕込み量制御: 950°C, 30min, 0~50%O₂/N₂) を一貫処理した。低酸素濃度でのプリデポ拡散のため B シリサイドが拡散層表面に形成される。一旦、B 塗布膜を BHF エッチングにて除去した後、酸素雰囲気にて 850°C、5min の酸化処理 (LTO: Low Temperature Oxidation 処理) を行い B シリサイドを酸化した。その後、再度 BHF エッチングにて B シリサイド酸化膜を除去した後、1150°C、15min のドライブイン拡散 (ゲート酸化を兼ねる) を行った。

【結果と考察】図 1 にプリデポ酸素濃度が 5%、10%、そして 50% の場合における B 拡散プロファイルについて SIMS 分析結果を示す。酸素濃度が 5% の場合の B 濃度は 10^{19} atoms/cm³ であるが、酸素濃度を 50%に増やすと 10^{17} atoms/cm³ に低下する。一方、図 2 には MOSFET のサブスレッショルド特性におけるオフリーク電流のプリデポ酸素濃度依存性を示す。リーク電流は酸素濃度が 50%と高い場合は 1pA 程度であるが、酸素濃度を下げるとリーク電流は上昇する傾向があり 3%では 0.1mA に達する。しかし、850°C低温酸化の LTO 処理を追加すると 酸素濃度が 3%と低い場合でもオフ電流は 10pA まで低下した。LTO 処理によるオフ電流の低減と B 拡散濃度の詳細については当日報告する。

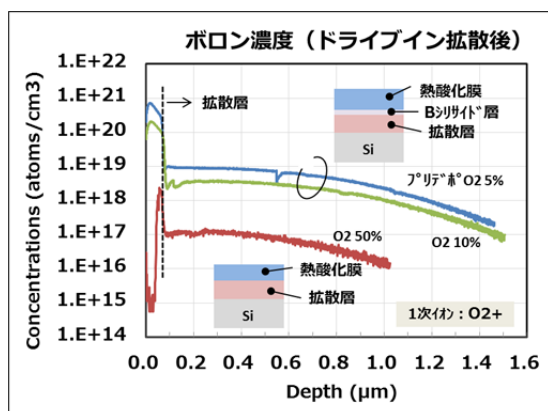


図 1 ボロン拡散プロファイルの酸素濃度依存性

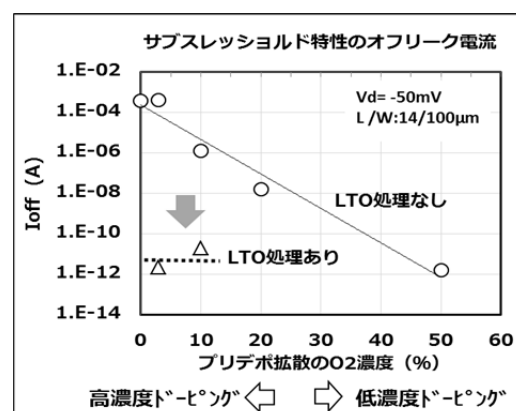


図 2 オフリーク電流のプリデポ酸素濃度依存性

【参考文献】 [1] 原 史朗, クンプアン ソマワン: 「ミニマルファブの開発とそのデバイスプロセス」, 応用物理学会誌 83(5), p. 380 (2014) .

[2] Pignatelli, G and Queirolo, G. " AES Study of Boron Diffusion in Silicon from Boron Nitride Source with Hydrogen Injection" , J Electrochem Soc. Vol. 126, No. 10 (1979) pp1805-1810.