

イオン注入角制御による 4H-SiC 基板へのイオン注入高精度化

High-precision ion-implantation on 4H-SiC by ion-implantation angle control

○(B)岡田 智徳¹, 井上 純¹, 西山 文隆¹, 瀬崎 洋^{1,2}, 黒木 伸一郎¹

¹広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所, ²フェニテックセミコンダクター株式会社

○Okada Tomonori¹, Jun Inoue¹, Fumitaka Nishiyama¹, Hiroshi Sezaki^{1,2}, Shin-Ichiro Kuroki¹

¹Research Inst. for Nanodevice and Bio Systems, Hiroshima Univ., ²Phenittec Semiconductor Co.,Ltd

E-mail: {okada-tomo, skuroki}@hiroshima-u.ac.jp

【はじめに】 現代において、半導体デバイスは多くのものに使われており宇宙や原子力分野への半導体デバイスの応用もその中の一つである。本グループでは 4H-SiC デバイスの耐熱性と耐放射線性の高さに注目し、4H-SiC を用いた CMOS インバータを実現するためプレーナ構造の n 型と p 型の MOSFET を作製し、高温・高放射線環境下での動作を確認した。しかし、4H-SiC の MOSFET 作製の問題として、動作周波数向上のための短チャネル化に伴いオーバーラップ容量の影響が大きくなった。そこでトレンチ構造を用いて、オーバーラップ容量の削減を実現した。しかし、ソース・ドレイン形成の際、イオン注入による不純物分布深さがシミュレーション結果より深く、閾値電圧の変化などの問題を発生させている。この原因はイオン・チャネリング現象によるものと考え、イオン注入角を変えることで精度の改善を試みたので報告する。

【実験方法】 本研究では 4H-SiC のイオン注入の注入角依存性に注目し、それを評価するために RBS (ラザフォード後方散乱法) のチャネリング測定を行った。J.Wong-Leung et.al.は、イオン注入シミュレーションを用いて、イオン注入角を angle1 : {1100} に平行な方向、angle2 : {1210} に平行な方向、そして angle3 : {1100} と {1210} の中間の面に平行な方向の 3angle に回転させて計算を行っており、イオン注入精度の改善の可能性を報告している。今回の RBS チャネリング実験を、上記の 3angle で行った。この結果を基に、従来の angle1, 4° に加え、チャネリング現象が抑制されると考えられる angle1, 10° で高温イオン注入 (不純物: Al, 温度: 500°C) を行い、SIMS (二次イオン質量分析法) で注入イオンの深さ分布を測定した。

【結果】 各アングルの RBS 測定結果を図 1 に示す。縦軸は後方散乱イオン数で、横軸は 4H-SiC 基板に対するイオンビーム入射角である。各測定結果は 0° にイオン注入角が [0001] に平行になるように調整している。従来 angle1 のグラフ中の -4° でイオン注入を行っていたが実験結果より -4° 付近では、ディップ (後方散乱イオン数の急激な低下) が見られ、イオン注入角の精度が高くなければチャネリングを起こす可能性が高い。逆に angle1 では -10°、angle2 では -3°、angle3 では -4° の周りのディップがない角度においてチャネリングが抑制できると考えられ、イオン注入を高精度に行うのに適している。SIMS の結果は図 2 に示す。Angle1 の 10° の結果は深さ 150 nm において不純物濃度が従来の angle1, 4° に比べ 1/6 抑制され、この結果イオン注入精度が改善された。

【謝辞】 本研究の一部は、JSPS KAKENHI (B), Grant Numbers JP17H03253 の成果である。

[1] J.Wong-Leung, M.S.Janson, B.G.Svensson, et al., "Effect of crystal orientation on the implant profile of 60 keV Al into 4H-SiC crystals" Journal of Applied Physics 93, pp.8914-8917(2013).

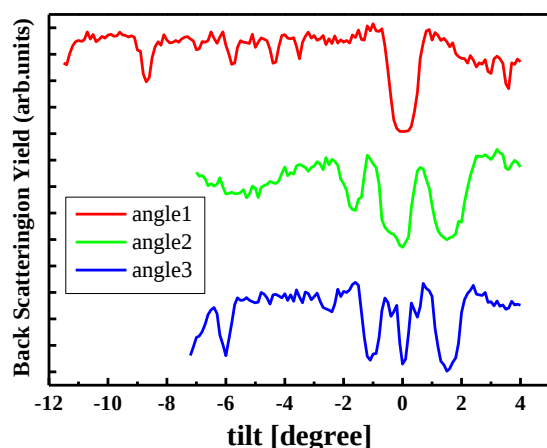


図 1. 4H-SiC 基板でのチャネリング効果(RBS 測定).

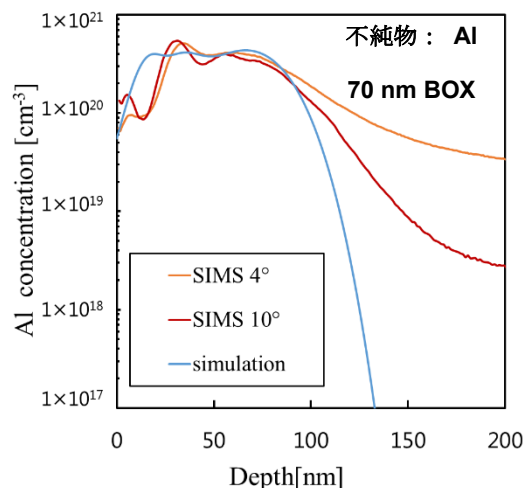


図 2. 4H-SiC 基板中の Al 不純物分布(SIMS 測定).