

SSRM を用いた極浅接合の活性化不純物分布評価 (Ⅱ)

Active dopant profiling of ultra shallow junction in Si substrate using SSRM (Ⅱ)

阪大極限センター¹, ルネサスエレクトロニクス²○押秀徳¹, 阿保智¹, 若家富士男¹, 岩松俊明², 尾田秀一², 高井幹夫¹CQSTEC, Osaka Univ.¹, Renesas Electronics Corp²,○Hidenori Osae¹, Satoshi Abo¹, Fujio Wakaya¹, Toshiaki Iwamatsu², Hidekazu Oda², Mikio Takai¹

E-mail: osae@nano.cqst.osaka-u.ac.jp

国際半導体技術ロードマップ 2012 では半導体素子微細化に伴い 2015 年までにソースとドレインのエクステンション深さ (X_j) が 7.3 nm にまで縮小されるとされている。極浅で低抵抗なエクステンションの形成には、短時間の熱処理による不純物の活性化と結晶欠陥の回復が必要である。秒台で加熱冷却を行うスパイクアニールは結晶欠陥回復の点で、また、サブミリ秒台で加熱冷却を行うレーザアニールは熱拡散を抑制し不純物を活性化する点で、それぞれ利点がある。これら二種類のアニールを続けて行うことで、極浅で低抵抗なエクステンションが作製される。スパイクアニールとレーザアニールの順序を入れ替えることでシート抵抗が変化するという報告もあり[1]、ロードマップで要求される極浅で低抵抗なエクステンションの形成にはこれら二種類のアニールの組み合わせが注入不純物に与える影響を明らかにする必要がある。我々の研究グループでは、注入エネルギー、アニールの順序、CO₂ レーザアニールのパワー密度を変化させて作製した試料断面の拡がり抵抗を走査型拡がり抵抗顕微鏡 (Scanning Spreading Resistance Microscope: SSRM) で評価しており、これまでは、4 keV、 1.0×10^{15} /cm² で As 注入後、レーザアニール (パワー密度: 0.39 kW/mm², 0.36 kW/mm²) と スパイクアニール (1050 °C、昇温 200 °C/sec. 降温 80 °C/sec) を組み合わせて活性化を行った試料では、レーザ first プロセス (レーザアニール後にスパイクアニールを行うプロセス) を行ったシリコン試料はスパイク first プロセス (スパイクアニール後にレーザアニールを行うプロセス) を行ったシリコン試料と比較し、活性化不純物による低抵抗領域の拡がり抵抗が約 2/3 減少することを報告した[2]。

本研究ではさらに浅いエクステンションの活性化不純物の評価のため 3 keV で As 注入後、レーザパワー密度 0.352 kW/mm²でのレーザ first プロセスおよびスパイク first プロセスにより活性化をしたシリコン試料の拡がり抵抗分布計測を行った。SSRM は導電性ダイヤモンドを成膜した探針を用いた Scanning Probe Microscope (SPM) で、接触点の拡がり抵抗の計測が可能である。しかし、試料表面からでは、拡がり抵抗の深さ分布計測が出来ないため、劈開により断面を露出させ、劈開面を窒素雰囲気中で SSRM により評価した。また、試料表面からの探針の脱落を防止するため試料表面にはシリコン酸化膜を堆積させている。図 1 に典型的な SSRM 測定結果として 3 keV で As 注入後、レーザ first プロセス (レーザパワー密度: 0.352 kW/mm²) により不純物の活性化を行ったシリコン試料の SSRM 像を示す。図の左側より拡がり抵抗が約 $10^9 \Omega$ のシリコン基板、高抵抗の pn 接合、低抵抗の活性化領域、高抵抗の脱落防止表面酸化膜がそれぞれ計測されている。試料表面が直線とならない原因としては、試料駆動用のピエゾ素子のドリフトの影響が考えられる。アニールの順序のみを逆転し、作製したシリコン試料についても同様の SSRM 計測を行った。以降では、これらの SSRM 計測結果より拡がり抵抗の深さ分布を抽出し比較検討する。レーザ first プロセスを行ったシリコン試料の低抵抗領域の拡がり抵抗はスパイク first プロセスを行った試料と比較し約 1/2 に減少し、不純物の深さ方向への拡散は約 4 nm 抑えられていた。この結果からレーザ first プロセスはスパイク first プロセスと比較しエクステンションの低抵抗化と拡散の抑制に有効と考えられる。

[1] IEICE Technical Report SDM2007-191 (2007-10) pp.61-64

[2] 押秀徳 他, 第 73 回応用物理学会学術講演会 13a-F5-2

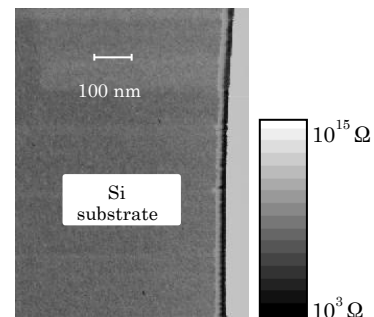


Fig. 1 SSRM image of Si substrate with 3 keV and 1.0×10^{15} /cm² As implantation activated by laser first process with a laser power density of 0.352 kW/mm².