

ミニマル液体ドーパント・プロセスを用いた MOSFET のシート抵抗のばらつき評価

Evaluation of Variation in Sheet Resistance of MOSFET using Minimal-Fab Spin-on Dopant Process

1 ミニマルファブ推進機構、2 産業技術総合研究所、3 (株) Hundred Semiconductors

○中道 修平¹、本郷 仁啓¹、三浦 典子¹、居村 史人^{2,3}、クンプアン ソマワン^{1,2}、原 史朗^{1,2,3}

MINIMAL¹, AIST² and Hundred³

Shuhei Nakamichi¹, Hiroyoshi Hongoh¹, Noriko Miura¹, Fumito Imura², Sommwawan Khumpuang^{1,2}, and Shiro Hara^{1,2,3}

E-mail: shuhei-nakamichi@minimalfab.com

【背景・目的】産総研とミニマルファブ推進機構では、 $\phi 12.5\text{mm}$ のハーフィンチウェハを用いた生産システムであるミニマルファブの開発を進めてきた[1]。MOSFET 構造のデバイス試作に必要な不純物拡散は、SOD(Spin On Dielectric)材料を用いたドーピング方法を採用している。このプロセスを用いて、これまで CMOS を中心としたデバイス及びそれらを用いた集積回路の試作等に成功している。さらに、より高集積で安定したデバイスを製造するために、ドーパント・プロセスの安定性を向上させたプロセスの開発を進めてきた[2]。実際に、SOD プロセスを集積回路などの実用用途に用いる場合、溶質として不純物原子が入ったガラス微粒子を用いる SOD 材料では、溶媒中で溶質を均一にウェハコーティングしようとする観点で、以下の問題が顕在化する。(1)コーティングの面内均一性、(2)ウェハエッジ部に発生するエッジビード、(3)裏面への塗布薬剤の回り込みである。これらの課題を克服する塗布プロセスを開発した[3]。前回[3]は、直径方向に不均一な塗布分布を、均一になるように改良するプロセスについて報告した。しかし、ドーピングの面内均一性は、逆に悪化した結果になった。今回は、この塗布の不均一性改善が実際に、ドーピングの不均一性とどのような関係にあるのかについて、報告する。

【プロセス改良と検証】前回の実験では、プロセス改良前のプロセス条件(5,000rpm での吐出)を使って塗布薬剤をコートしたサンプルと、前回報告した塗布の均一化改良プロセス条件(100rpm での吐出)で塗布薬剤をコートしたサンプルを用いた。上記の 2 つのプロセス条件で塗布薬剤のスピコートを実施して nMOSFET を作製した。図 1 の写真(a),(b)のように、ウェハ上にトランジスタと抵抗器を含む TEG を 99 セル、レイアウトした配置になっている。ゲートにはアルミニウムを用いており、酸化膜の膜厚は 60nm である。設計上の Al ゲート長は 14 μm である。

図 1 の写真(b)のように、ウェハ上にトランジスタと抵抗器を含む TEG のリン拡散シート抵抗の測定を、上記の 2 つの評価サンプルに対して行った。今回の検証では、図 2 (a)にプロセス改善前の条件から作製した nMOSFET サンプルのウェハ径方向に対するシート抵抗値の分布を示す。この検証では、TEG の位置をウェハ中心からの距離として表している。ウェハ面内でのシート抵抗のばらつきは、 $\pm 18.2\%$ ($1\sigma = 6.7\Omega/\square$)であった。ただし、ウェハ径方向のデータを 3.5mm を境にしてばらつきを見ると、 $\pm 3.6\%$ ($1\sigma = 1.3\Omega/\square$)、 $\pm 23.1\%$ ($1\sigma = 9.0\Omega/\square$)となりウェハエッジ側のばらつきが大きかった。同様に、プロセス改善後のデータを図 2 (b)に示す。プロセス改善後の条件で作製したサンプルのウェハ面内でのシート抵抗のばらつきは、 $\pm 11.6\%$ ($1\sigma = 2.8\Omega/\square$)であり、比較的良好な分布を示した。同様にウェハ径方向のデータを 3.5mm を境にしてばらつきを見ると、 $\pm 11.3\%$ ($1\sigma = 2.6\Omega/\square$)、 $\pm 11.6\%$ ($1\sigma = 2.8\Omega/\square$)となりほぼ均一な分布となっていた。以上の結果をまとめると、プロセス改善によって、SOD の塗布は大変綺麗にウェハ面内で均一化され、そのドーピングの面内均一性は、ウェハ面内でばらつきが無く均一であった。

次に図 1 (a)と全く同じレイアウトの pMOSFET のサンプルを今回作製した。このサンプルは不純物としてボロンが入った SOD 材料をスピコートしている。図 3 に pMOSFET サンプルのウェハ径方向に対するシート抵抗値の分布を示す。ウェハ面内でのシート抵抗のばらつきは、 $\pm 8.3\%$ ($1\sigma = 182.6\Omega/\square$)であり良好な分布である。ただし、ウェハ径方向のデータを 3.5mm を境にしてばらつきを見ると、 $\pm 2.9\%$ ($1\sigma = 60.7\Omega/\square$)、 $\pm 7.7\%$ ($1\sigma = 179.0\Omega/\square$)となりウェハエッジ側のばらつきが大きかった。今後は、リンの拡散サンプルと同様にプロセスの改善を進めて行く予定である。

〈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] 中道 修平ら、第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 12p-N323-7(2021)。
- [3] 中道 修平ら、第 83 回応用物理学会秋季学術講演会 20a-A406-7(2022)。

本成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業(JPNP12004)の結果得られたものである。

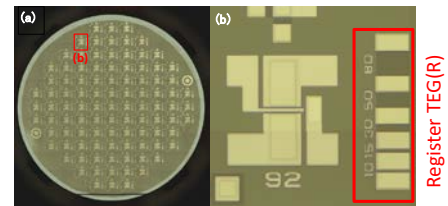


図 1. シート抵抗測定用サンプル
(a)ハーフィンチウェハ上に99セルを配置した nMOSFET
(b)セル内のリン拡散抵抗部の拡大

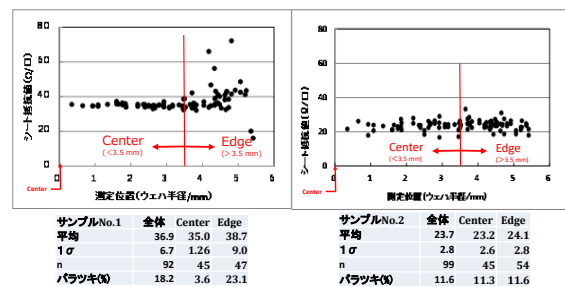


図 2. 改善プロセス前後のシート抵抗分布

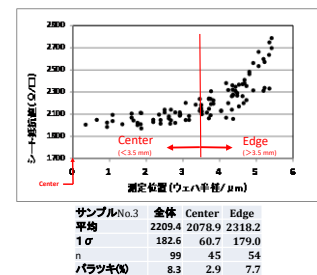


図 3. SOD ボロン塗布のシート抵抗分布