

ミニマルイオン注入装置のデバイスプロセスへの適用の検討

Study of Device Process Using Minimal Ion Implantation Tool

ミニマルファブ推進機構¹, フジ・インバック², 産業技術総合研究所³

○三浦 典子¹, 橋本 直樹^{1,2}, 北村 是尊^{1,2}, 居村 史人³, 古賀 和博¹, 佐藤 和重¹, 石田 夕起^{1,3},
クンブアン ソマワン^{1,3}, 原 史朗^{1,3}

MINIMAL¹, FUJI IMVAC INC.², and AIST³

Noriko Miura¹, Naoki Hashimoto^{1,2}, Yoshitaka Kitamura^{1,2}, Fumito Imura³, Kazuhiro Koga¹, Kazushige Sato¹,
Yuuki Ishida^{1,3}, Somawan Khumpuang^{1,3}, and Shiro Hara^{1,3}

E-mail: noriko-miura@minimalfab.com

【背景と研究目的】 ミニマルファブ^[1]では、すべてのプロセスにミニマル装置を用いて製造するフルミニマルプロセスにてデバイス開発を行っており、すでに熱拡散法を用いた TiN ゲート SOI CMOS をベースとした集積回路やオペアンプの試作にも成功している。今後、実用的なデバイスを作製するには、トランジスタの微細化による高集積化が必須であるが、現状のスパインオン熱拡散法による不純物ドーピングプロセスでは、熱拡散時に不純物の水平方向拡散でソース/ドレインが広がって実効チャネル長が設計値よりも縮小することや、ソース/ドレインとゲート電極とのアライメント精度などが微細化の課題となっている。一方、イオン注入法では、熱拡散が不要であり、ゲートファースト法によるセルフアライメント方式を用いることで、チャネル長のさらなる微細化が可能である。我々はミニマルファブ^[1]開発の一環として、イオン注入装置の開発も行っており、これまでの開発で、ウェハ全面の注入量の均一化、注入量制御精度の向上などを行ってきた^[2]。本研究では、現状のミニマルイオン注入装置のデバイスプロセスへの適用性について議論する。

【注入装置と実験】 図1にミニマルイオン注入装置の構造図を示す。本装置では、イオン発生器側を接地電位とし、ステージのみに負の加速電圧をかけることで、高電圧の絶縁をステージ周辺だけに極小化し、狭い筐体内に部品を密接して配置することを可能にした。注入量の制御には、ステージと後段加速用高圧電源の間に設置した微小イオン電流計を用いている。本研究では、ウェハ全面にビームを照射するためのXYステージのメカニカルなスキャンに加えて、XY偏向電極にオフセット電圧を加えることで、イオンビーム軸とステージの位置ずれの修正を行い、注入量のさらなる均一化を図った。

注入実験は、p-Si(100)ハーフインチウェハ上に99個の抵抗測定パターンを形成し、シート抵抗分布を評価した。注入イオン種はP⁺イオンで、PH₃ガスをイオンソースに用いた。打込み電圧は10 kVと5 kVで行い、注入量 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 相当の注入処理を行った。注入時間はイオン電流積算値で決定している。活性化アニールにはミニマルレーザ加熱炉を用い、900℃～1100℃で50℃刻みに温度を振って、アニール温度によるシート抵抗比較を行った。アニール時間は全て10 secである。

【結果と考察】 図2に打込み電圧5 kV時の活性化アニール温度とシート抵抗の関係を示す。アニール温度が高いほどシート抵抗値が低くなる傾向が認められた。また、アニール温度が高い方がシート抵抗ばらつきが若干減少することが判明した。1100℃、10 sec アニール時のシート抵抗ばらつきは14%程度であり、不純物濃度に換算すると、 $8 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ ions/cm}^3$ 程度となる。シート抵抗値から求めた活性化率とアニール温度の関係を図3に示す。アニール温度1100℃における活性化率は93%程度であり、殆どの注入イオンが活性化されていると考えられる。ミニマルレーザ加熱によるウェハの昇降温速度は1000℃/secと極めて速いため、1100℃、10 secのアニールによる不純物の拡散距離は、現状のデバイス構造では無視できる範囲である。当日は、注入特性とデバイスへの適用について詳細に議論する。

<参考文献>

[1] S. Khumpuang, et. al, IEEE Trans. Semi. Manufacturing, **28**(3), 551-556 (2015).

[2] 三浦他、第81回応用物理学会秋季学術講演、10a-Z10-3

この成果は、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す。

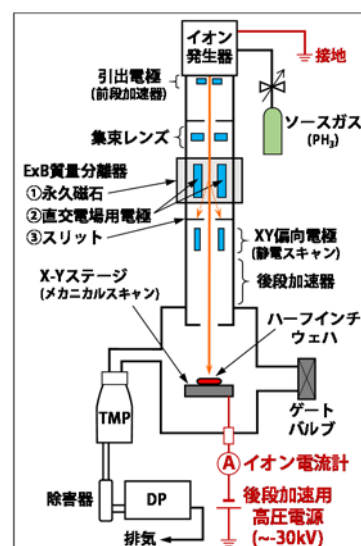


図1 ミニマルイオン注入装置の構造

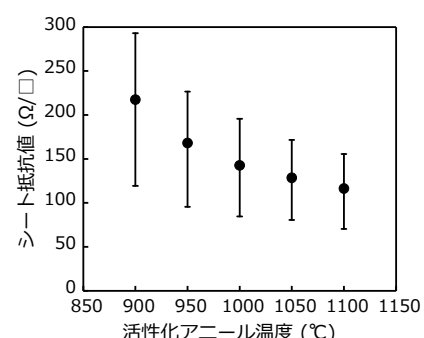


図2 活性化アニール温度とシート抵抗

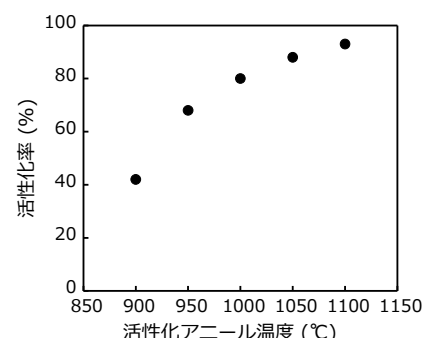


図3 活性化アニール温度と活性化率