

ミニマルイオン注入装置の開発 (III)

Development of Minimal Ion Implantation Tool (III)

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, 佐藤 和重¹, 古賀 和博¹, 石田 夕起^{1,3},
 太平 俊行³, クンプアン 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, Kazushige Sato¹, Kazuhiro Koga¹,
 Yuuki Ishida^{1,3}, Toshiyuki Oodaira³, Sommawan Khumpuang^{1,3}, and Shiro Hara^{1,3}

E-mail: noriko-miura@minimalfab.com

【背景と研究目的】 半導体デバイスにおいて、不純物のドーズ量はトランジスタの閾値電圧等のデバイス特性を決定する重要なファクターであり、ドーズ量の精密な制御と面内均一化が必須となる。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いる。これまでの開発で、ウェハの外周部で注入量が著しく減少すること^[2]、積算イオン電流値から求めた注入量に対してシート抵抗値が高くなること^[3]、などの課題が判明した。本研究では、これらの課題を克服すべく、原因の究明を行ったのでその結果について報告する。

【開発装置】 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。ステージ電流を測定するイオン電流計は、ステージと後段加速用高圧電源の間に設置した。ウェハ全面にビームを照射するため、XY 偏向電極による静電スキャンと XY ステージのメカニカルなスキャンを併用している。

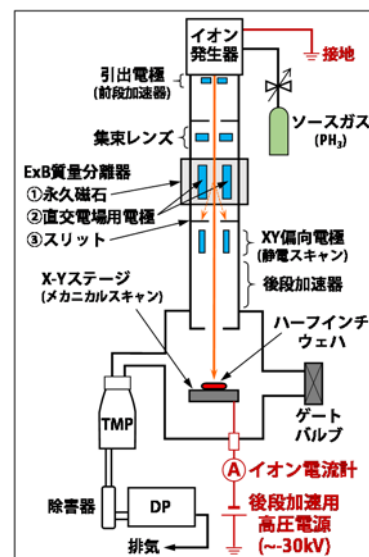


図1 ミニマルイオン注入装置の構造

【注入実験】 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 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ から $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 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。ウェハ上のビームスキャンは、メカニカルスキャン単体および静電スキャンとメカニカルスキャンの併用でそれぞれのシート抵抗分布を比較した。活性化アニールにはミニマルレーザ加熱炉を用い、900 °C, 10 sec と 1000 °C, 10 sec でそれぞれ加熱処理した場合のシート抵抗を比較した。

図2に 5 kV, $1 \text{E}^{15} \text{ cm}^{-2}$ 注入時の(a)メカニカルスキャン単体、(b)静電スキャン、メカニカルスキャン併用の場合のウェハ面内のシート抵抗分布を示す。メカニカルスキャン単体(a)では、半径 4 mm 以内はシート抵抗が低く外周部で著しく増加するのに対し、静電スキャン併用(b)では、ウェハ中央部から外周部にかけてシート抵抗値が徐々に増加する。これは、静電スキャンにより、ビームがブロードになったためと考えられるが、外周部まで均一にイオンを注入するには、静電スキャンなしでステージスキャン幅を広げる方が効果的であると考えられる。図3に打ち込み電圧 5 kV 時の活性化アニール温度による不純物濃度の比較を示す。アニール温度 900 °C では、高濃度側でシート抵抗換算値が積算電力換算値に比べて低くなる傾向があるが、1000 °C では両者が概ね一致することから、900 °C ではアニール温度が不十分であると考えられる。当日は、注入特性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 79 回応用物理学会秋季学術講演、21p-233-2

[3] 三浦他、第 67 回応用物理学会春季学術講演、14a-A305-10

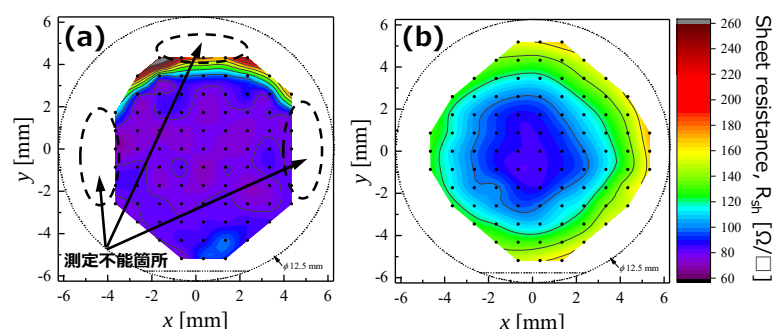


図2 シート抵抗のウェハ面内分布 (5kV, $1 \text{E}^{15} \text{ cm}^{-2}$)
 (a)メカニカルスキャン単体, (b)静電+メカニカルスキャン併用

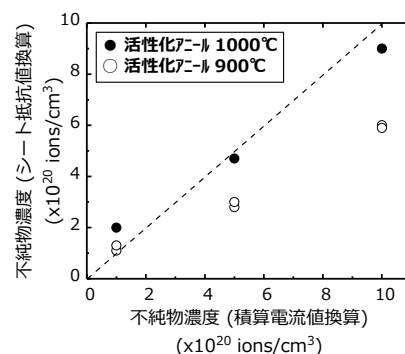


図3 活性化アニール温度による不純物濃度の比較