

ミニマルイオン注入装置の開発

Development of 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^{1,3}, 佐藤 和重¹, 古賀 和博¹, 石田 夕起^{1,3},
大平 俊行^{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 Imura^{1,3}, Kazushige Sato¹, Kazuhiro Koga¹,
Yuuki Ishida^{1,3}, Toshiyuki Oodaira^{1,3}, Sommawan Khumpuang^{1,3}, and Shiro Hara^{1,3}

E-mail: noriko-miura@minimalfab.com

【背景と研究目的】 我々は規格化された超小型の製造装置とそのシステムであるミニマルファブの開発を行っており、主要前工程装置の殆どは実用商品のレベルに到達している。ただし、イオン注入装置は、イオンビームの発生やその制御に高電圧や高い磁場が必要となるため、装置が大型になってしまい、ミニマル装置に格納できるサイズにすることは、極めて困難とされてきた。我々は、イオンソースを1装置につき1種類に限定し、低エネルギー領域でイオンビームを制御することで装置の超小型化を図った。本研究では、その概要とイオン注入の基本性能について報告する。

【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。本装置は、以下の点で既存のイオン注入装置と大きく異なる。(1)巨大化の主要原因である電磁石を使わず、超小型の永久磁石を搭載したExB質量分離器を使用している、(2)装置毎に単一のソースガスに限定することで、質量分離器を小型化した、(3)イオン発生器側を設置電位とし、ウェハ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ウェハ周辺だけに極小化にでき、また、狭い筐体内に部品を密接して配置することが可能になった。既に本装置を用いてウェハに不純物を打ち込むことができるようになっている。

【注入実験】 注入量のウェハ面内分布を評価するため、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配置したサンプルを作製し、シート抵抗分布を評価した。注入イオン種はP⁺イオンで、イオンソースにはPH₃ガスを用いた。打ち込みエネルギーは30 keVであり、打ち込み深さは40 nm程度と見積もられる。イオン電流量は70~90 nAで、注入量 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 相当の注入を行った。注入時間は28 minである。ウェハ全面に均一に注入するため、ビームスポットを均一な円形にするための静電スキャンとハーフインチウェハ全面に注入するためのXYステージのメカニカルスキャンを行っている。注入マスクのレジスト膜厚は1 μm である。活性化アニールには、急速昇降温の可能なミニマルレーザ加熱炉を用い、大気圧N₂雰囲気で900 $^{\circ}\text{C}$, 10 secの加熱処理を行った。シート抵抗測定には、ミニマルデバイススタを使用した。

図2に(a)イオン注入サンプル、(b)熱拡散サンプルにおけるウェハX軸方向のシート抵抗分布をそれぞれ示す。イオン注入サンプルでは外周部でシート抵抗が高くなる傾向があり、シート抵抗ばらつき(1 σ)は17%程度で、現行のミニマルP熱拡散プロセス使用時(図2(b))の約3倍のばらつきがある。注入サンプルのシート抵抗平均値は119 $\Omega/\square$ で、不純物濃度に換算すると、およそ $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ に相当する。これは、nMOSトランジスタのソース/ドレイン部の形成プロセスに使用できるレベルといえる。当日は、イオン注入特性の詳細について議論する。

<参考文献>

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

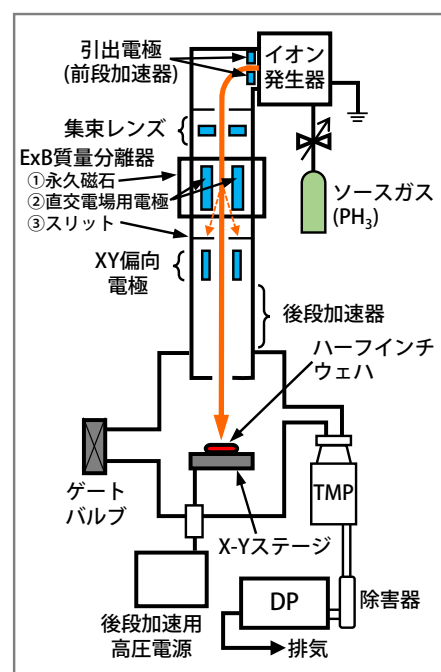


図1 ミニマルイオン注入装置の構造

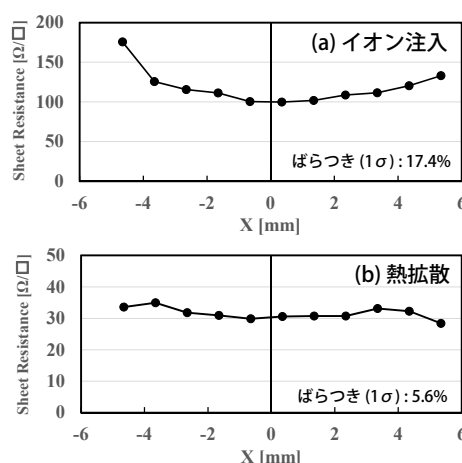


図2 ウェハX軸方向のシート抵抗分布
(a) イオン注入, (b) 熱拡散