ミニマルイオン注入装置の開発（IV）

Development of Minimal Fab Ion Implantation Tool (IV)

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], (株)Hundred Semiconductors
○三浦 典子 [1], 橋本 直樹 [1,2], 北村 是尊 [1,2], 居村 史人 [3,4], 石田 夕起 [1,3], クンプアン ソマワン [1,3], 原 史朗 [1,3,4]

MINIMAL[1], FUJI IMVAC INC.[2], and AIST[3], Hundred[4]
Noriko Miura[1], Naoki Hashimoto[1,2], Yoshitaka Kitamura[1,2], Fumito Imura[3,4], Yuuki Ishida[1,3],
Sommawan Khumpuang[1,3], and Shiro Hara[1,3,4]
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方式によってデバイス開発を行っている。その一環として、イオン注入装置の開発も行っている。既に、リン注入装置では、イオン電流計による注入量の精密制御、スキャン方法の改善による注入ばらつきの低減などの改善により、デバイスプロセスに適用可能な注入特性を得ている[2]。本研究では、未報告のボロン注入装置について、そのプロセス性能を報告する。

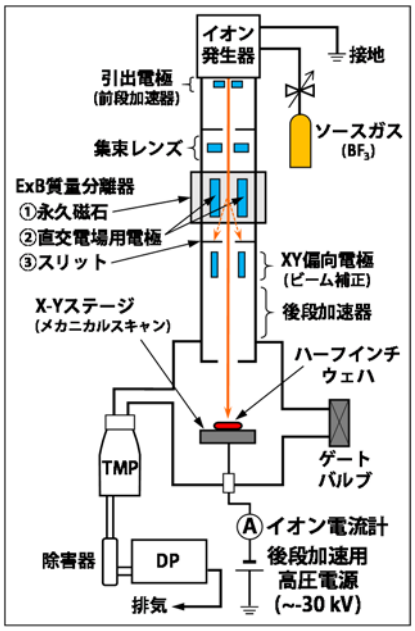

図 1 ミニマルイオン注入装置の構造

[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、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ている。さらに、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。ウェハ全面に均一にビームを照射するために XY 偏向電極によるビーム補正と XY ステージのメカニカルスキャンを併用している。

[注入実験]　n-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 B^+イオンで、BF_3 ガスをイオンソースに用いた。打込電圧は 5 kV と 10 kV で、注入量 1×10^{14} cm^{-2} および 1×10^{15} cm^{-2} 相当の注入処理を行った。注入時のイオン電流値は 130～140 nA 程度で、注入時間はイオン電流積算値で決定している。ウェハ全面にビーム照射するために、直径 15 mm 範囲をメカニカルにスキャンしている。活性化アニールにはミニマルレーザ加熱炉を用い、1000℃,10 sec で加熱処理を行っている。比較のために、スピンオン熱拡散法を用いたドーピング試料も作成した。

[結果と考察]　図 2 に (a)スピンオン熱拡散法、(b) イオン注入 5 kV, $1E^{15}$ cm^{-2} のウェハ面内のシート抵抗分布(平均値からのずれ量で表記)をそれぞれ示す。スピンオン熱拡散法におけるシート抵抗ばらつき(1σ/μ)は 8.3 %（平均値 2209 Ω/□）であるのに対し、イオン注入法では 7.4 %であり、ドーズ量の面内ばらつきは同等であることが判明した。表 1 に打込電圧 5 kV および 10 kV 時の積算イオン電流値換算の注入量とシート抵抗値から換算した注入量を示す。いずれの条件でもシート抵抗から換算した注入量は、イオン電流換算値に比べて低く、特に注入量が多い場合にその差異が広がる傾向が見られた。この原因としては、イオン電流計測が正確にできていない可能性、或いは、活性化アニール条件が適正でない可能性などが考えられる。

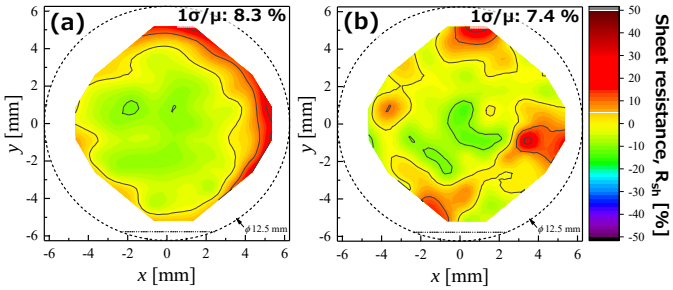

図 2 シート抵抗のウェハ面内分布(平均値からのずれ量)
(a) スピンオン熱拡散法, (b) イオン注入 5kV, $1E^{15}cm^{-2}$

表1積算イオン電流値から換算した注入量とシート抵抗から換算した注入量（打込電圧 5 kV 時の注入深さを 16 nm、10 kV 時を 33 nm として算出）

打込電圧 [kV]	注入量 [cm^{-2}] (積算電流換算値)	シート抵抗 測定値 [Ω/□]	注入量 [cm^{-2}] (シート抵抗換算値)
5	1E+14	1230	8.2E+13
5	1E+15	220	5.3E+14
10	1E+14	1013	9.2E+13
10	1E+15	185	5.6E+14

＜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。