

ミニマルイオン注入装置のデバイスプロセスへの適用検討 (II)

Study of Device Process Using Minimal Fab Ion Implantation Tool (II)

産業技術総合研究所¹, ミニマルファブ推進機構², フジ・インバック³, (株)Hundred Semiconductors⁴

○三浦 典子¹, 浜本 毅司², 佐藤 和重², 橋本 直樹³, 北村 是尊³, 原 史朗^{1,2,4}

AIST¹, MINIMAL², FUJI IMVAC INC.³ and Hundred⁴

Noriko Miura¹, Takeshi Hamamoto², Kazushige Sato², Naoki Hashimoto³, Yoshitaka Kitamura³,
and Shiro Hara^{1,2,4}

E-mail: noriko-miura@aist.go.jp

【背景と研究目的】 ミニマルファブ^[1]では、現在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いる。すでに熱拡散法を用いた TiN ゲート SOI CMOS をベースとしたロジック回路やオペアンプを試作し、実用レベルの歩留まりを得ている。今後、さらなる実用化を目指して、トランジスタの微細化による高集積化を検討中である。ここで、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実効チャン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今後微細化をさらに進める上で課題となっている。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、チャン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、P イオン、B イオン共に実プロセスに適用可能な注入量や面内均一性を得ている^{[2],[3]}。本研究では、ミニマルイオン注入装置の CMOS デバイスプロセスへの適用の可能性と課題について議論する。

【注入装置概要】 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、イオンソースを 1 装置につき 1 種類に限定し、質量分離に電磁石を使わず、超小型の永久磁石を搭載した ExB 質量分離器を使用することで装置を小型化した。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。

【ミニマル CMOS デバイスプロセスとイオン注入特性】 図 2 にフルミニマル TiN ゲート SOI-CMOS トランジスタの構造を示す。現行の SOI-CMOS トランジスタは、活性層が 100 nm と薄いため、イオン注入の加速電圧が現行の 20 kV でも、活性化アニールを併用することで Full-depletion 構造のトランジスタが作製可能である^[4]。表 1 にミニマルイオン注入装置のプロセス性能を示す。現行の熱拡散プロセスと同等の不純物濃度となる注入量は、P イオンが $1E+15/cm^2$ 、B イオンが $1E+14/cm^2$ 程度で、イオン電流値から算出される注入時間は 2~10 min 程度と見積られる。これは、プロセス制御が可能でかつ、実用的なプロセス時間であるといえる。注入量の面内均一性およびウェハ間ばらつきは、10~13%程度であり、現行の熱拡散プロセスよりはやばらつきが多いものの、実使用に耐え得るレベルに収まっている。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。

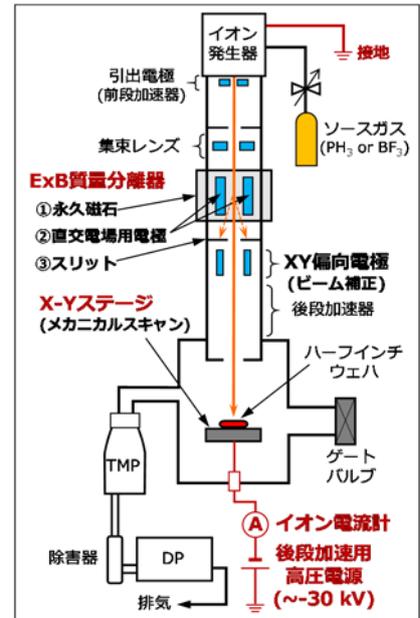


図 1 ミニマルイオン注入装置の構造

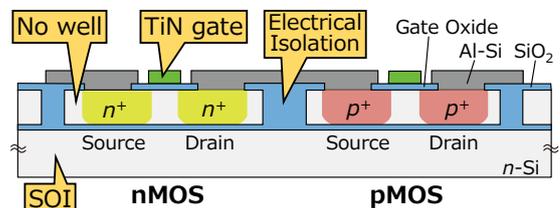


図 2 ミニマル SOI-CMOS トランジスタの構造

表 1 ミニマルイオン注入装置のプロセス特性

	P ⁺ 注入	B ⁺ 注入
加速電圧 (kV)	~20	~20
イオン電流値 (nA)	300	140
注入時間 (sec)*	600	120
注入量の面内均一性(1σ)	13%	10%
注入量のウェハ間ばらつき	10%	未評価

* P⁺注入量 $1E+15/cm^2$, B⁺注入量 $1E+14/cm^2$ の場合の概算注入時間

<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

[3] 三浦他、第 70 回応用物理学会春季学術講演、15a-B410-9

[4] 三浦他、第 68 回応用物理学会春季学術講演、19a-Z24-9

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。