

ナノホールマスク注入ドーパントイオン分布の3次元アトムプローブ計測 —シングルイオン注入法の照準位置精度の向上—

Evaluation of dopant ion distribution implanted through nanohole mask using 3D atom probe

—Enhancing the aiming precision of single-ion implantation—

早大理工¹, 東北大金研², 東北大 CIES³

○矢野真麻¹, 千葉悠貴¹, 清水康雄², 井上耕治², 永井康介², 谷井孝至¹, 品田高宏³

Waseda Univ.¹, IMR Tohoku Univ.², CIES Tohoku Univ.³

°Maasa Yano¹, Yuki Chiba¹, Yasuo Shimizu², Koji Inoue², Yasuyoshi Nagai², Takashi Tanii¹, Takahiro Shinada³

E-mail: yano@tanii.nano.waseda.ac.jp

【背景】 CMOS スケーリングが物理的限界に近づく中、量子力学的な電子輸送を含む新素子特性の発現方法の1つとして「決定的ドーピング法」に注目が集まっている[1]。私たちはこれまで、MOSFETのチャネル領域にP, As, Ge, Erといった不純物原子を1個ずつ計数しながら注入できるシングルイオン注入(SII)技術を開発し、不純物準位を介した電子輸送を基本とする新デバイスの作製・評価を行ってきた[2,3]。SII技術は、集束イオンビーム(FIB)装置に、①微細アパーチャから単一イオンを抽出するチョッピング機構、および、②放出2次電子検出等により試料へのイオン入射を検出し、イオン照射を停止する機構を付加することで実現している。これまでにほぼ100%の個数制御性が達成されているものの、FIBの分解能に伴うイオン光学系の制限により、照射位置精度は60 nm程度に留まっていた。一方、不純物同士の量子力学的カップリングには~10 nmの注入位置精度が求められる。そこで私たちは、直径10 nmのナノホールレジストマスクを介してイオン注入することで照準精度がどの程度改善できるか、3次元アトムプローブ(3DAP)法を用いて評価した[4]。

【実験】 電子線リソグラフィとドライエッチングにより、10 nmの酸化膜を成長させたSi(111)基板表面に格子状のSiレリーフを作製した。電子線リソグラフィを用いて格子の中心に直径~10 nmのナノホールレジストマスク(図1)を作製し、PまたはGeを30 keVまたは60 keVの加速エネルギーで注入した。3DAPでは保護膜蒸着後に試料を針状(図2)に加工する必要があるが、保護膜蒸着前に除去されるレジスト中のナノホールに位置合わせして針加工する方法を考案した。これにより、{111}格子面間隔を基準に注入イオンの横方向分散および深さ方向分散を定量的に評価できる手法を確立した。発表ではSRIMによるシミュレーション結果と合わせて、注入イオン分布の3DAP測定結果を報告する予定である。なお、本研究は文科省科研費 基盤研究S(23226009)および基盤研究B(25289109)の助成を受けて進められた。

【参考文献】 [1] ITRS, 2013Ed., *ERD Summary*.

[3] E. Prati, *et al: Nat. Nano.* **7** (2012) 443.

[2] T. Shinada, *et al: Nature* **437** (2005) 1128.

[4] Y. Shimizu, *et al: J. Vac. Soc. Jpn* **56** (2013) 340.

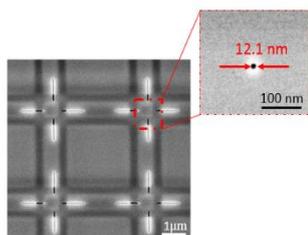


図1 ナノホールレジストマスク

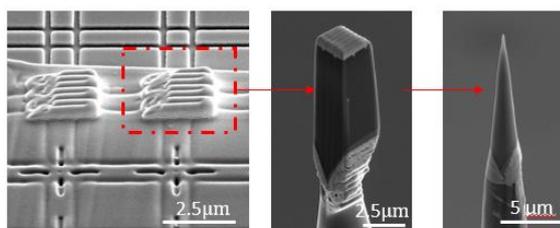


図2 サンプル針加工