

マスクレス超低損傷加工を実現する 小型中性粒子ビームエッチング装置の開発

Development of neutral beam etching equipment

for realizing mask-less defect-free fabrication

SPP テクノロジーズ¹, 東北大流体研², 産総研³, リソテックジャパン⁴, 長瀬産業⁵

○野沢 善幸¹, リャオ ブライアン¹, 藤井 竜介¹, 速水 利泰¹, 大堀 大介², 野田 周一³,

門井 幹夫⁴, 石田 昌久⁵, 田中 麻美⁵, 曾田 匡洋⁵, 遠藤 和彦^{2,3}, 寒川 誠二^{2,3}

SPT Co., Ltd.¹, IFS, Tohoku Univ.², AIST³, LTJ Corp.⁴, NAGASE & CO., LTD.⁵,

○Y. Nozawa¹, B. Liao¹, R. Fujii¹, T. Hayami¹, D. Ohori², S. Noda³, M. Kadoi⁴, T. Ishida⁵, M. Tanaka⁵,

M. Sota⁵, K. Endo^{2,3}, and S. Samukawa^{2,3}

E-mail: yoshiyuki.nozawa@spp-technologies.co.jp, samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

<緒言> ミニマルファブは、従来の大規模工場では生産できないほど少量の半導体チップを低コストかつ短期間で製造することを目的とした半導体製造システムである。これにより数千億円ほどの設備投資額を1000分の1程度に抑えることが可能となる。したがって、少量多品種の半導体微細デバイスの研究開発や製品化への貢献が期待されている[1]。ナノサイズ量子ドットのマスクレス加工方法が実現すると、太陽電池や熱電変換素子等を安価に製造することが可能となり、環境電源として高効率の発電機能をもつIoT用途の素子の実現に大いに近づく。しかし、従来の反応性プラズマによる微細加工では、被加工物表面に対してプラズマ中の荷電粒子や紫外線による欠陥がSi表面から10 nm以上の深さにわたり形成され、電子の移動度が劣化することが東北大学・寒川等によって報告されている[2]。従って、素子に欠陥を形成することのない微細加工技術の開発が必要である。本研究開発では、ナノ構造素子やCMOS回路のさらなる微細化・高性能化に必須となる無欠陥加工を可能とした、少量多品種用小型中性粒子ビーム加工装置を開発した。

<結果> 中性粒子ビーム源となるICPチャンバにおいて、安定なCl₂パルス変調プラズマの生成を確認した。エッチングチャンバにおいてカロリメーターを用いた中性化率測定を実施し、0.6 Pa条件ではパルスON時間を変えることで中性化率を82%~90%となることがわかった。さらに、中性化率のウェハ室圧力依存性評価では、高压ほど中性化率は増加することが判明し、0.6 Pa以上の領域では中性化率は90%以上と推定された。次に、本開発装置を用いてパターン付きSiウェハに対して異方性エッチングを行った結果を図1に示す。図1より、エッチング残渣を確認されず、異方性エッチングされていることが確認された。この時、エッチングレートはおよそ3.8 nm/minで安定していた。さらに、本研究開発の目的であるサブ10 nmの微細加工の実現を確認するために、フェリチンをミニマルコーターによりSi基板上に塗布・アニールを行い、酸化鉄コアのドットパターンマスクを形成した試料を準備した。その試料に対し、6分および12分でCl₂中性粒子ビームエッチングを行った。図2にドットパターンマスクを用いたエッチング結果を示す。図2より、両エッチング条件共にナノピラー構造が作製されていることが確認された。エッチング深さはそれぞれ、30nmおよび55nmとなり、エッチングレートはおよそ4.8 nm/minとなった。この結果、今回開発した小型中性粒子ビームエッチング装置において、サブ10 nmのSiナノピラー構造が作製できた。以上のことより、サブ10nmサイズの高精細なエッチングを小型中性粒子ビームでエッチングすることが可能となった。

<参考文献>

[1] 原 史朗、クンプアン ソマワシ、応用物理, **83**, 380 (2014).

[2] S. Samukawa, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **45**, 2395 (2006).

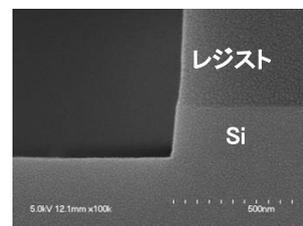


Fig. 1. Etching result for line and space patterned Si wafer.

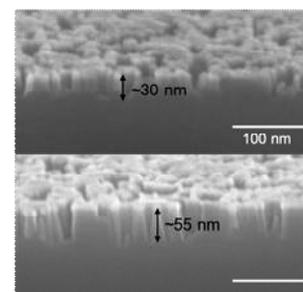


Fig. 2. Cross-sectional SEM image of Si nanopillar etching (a) for 6min or (b) for 12 min.