

## マスクレス超低損傷加工を実現する バイオテンプレート形成装置の開発

### Development of bio-template arrangement equipment for realizing mask-less defect-free fabrication

リソテックジャパン<sup>1</sup>, 長瀬産業<sup>2</sup>, 東北大流体研<sup>3</sup>, 産総研<sup>4</sup>, SPP テクノロジーズ<sup>5</sup>,  
 ◯門井 幹夫<sup>1</sup>, 石田 昌久<sup>2</sup>, 田中 麻美<sup>2</sup>, 曾田 匡洋<sup>2</sup>, 大堀 大介<sup>3</sup>, 野田 周一<sup>4</sup>, 野沢 善幸<sup>5</sup>,  
 リャオ ブライアン<sup>5</sup>, 藤井 竜介<sup>5</sup>, 速水 利泰<sup>5</sup>, 遠藤 和彦<sup>3,4</sup>, 寒川 誠二<sup>3,4</sup>

LTJ Corp.<sup>1</sup>, NAGASE & CO., LTD.<sup>2</sup>, IFS, Tohoku Univ.<sup>3</sup>, AIST<sup>4</sup>, SPT Co., Ltd.<sup>5</sup>,

◯M. Kadoi<sup>1</sup>, T. Ishida<sup>2</sup>, M. Tanaka<sup>2</sup>, M. Sota<sup>2</sup>, D. Ohori<sup>3</sup>, S. Noda<sup>4</sup>, Y. Nozawa<sup>5</sup>, B. Liao<sup>5</sup>, R. Fujii<sup>5</sup>,  
 T. Hayami<sup>5</sup>, K. Endo<sup>3,4</sup>, and S. Samukawa<sup>3,4</sup>

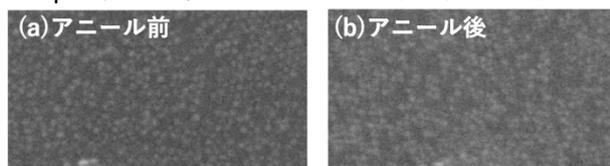
E-mail: kadoi@LTJ.co.jp, samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

**<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、新たな半導体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きく貢献する。しかしながら、微細加工に用いられるレジストマスクを用いたフォトリソグラフィー法では近年の加工寸法の微細化に伴い、照射する光の短波長化が進み、ArF等エキシマレーザやEUV光を必要とし、一台数十億円もする様な高価な装置を導入が必須となっている。さらに、光の干渉の影響でパターン寸法の揺らぎが10%以上となり、サブ10 nmのナノ構造による量子効果を実現するためには無視できない揺らぎとなる。従ってこれらの高価でバラツキの大きなリソグラフィー装置に頼ることなく、量子ドット等の微細パターンを形成することのできる新たな手法の開発が望まれている。そこで本研究開発では、高価なフォトリソグラフィーを用いることなく、低コスト・マスクレスでナノ構造が形成できるエッチングマスクとなるナノサイズの鉄コアを包含するフェリチンたんぱく質の自己配向性を利用したバイオテンプレート形成装置を開発した。

**<結果>** まず、フェリチン溶液合成の収率を向上し、更にミニマル装置向けに最適化を行った上で、スピニング法を用いて基板上に均一に塗布する必要がある。さらに、他のプロセスとの汚染を防ぐため、ウェハのエッジにはフェリチンが塗布されない必要があり、ウェハエッジを洗浄するエッジリンス技術、フェリチンから鉄のコアを効率的に形成し、2次元に周期的に配列させるためのベーキング技術を開発した。図1に長瀬産業により合成された最密充填フェリチンをフェリチンコーターで塗布したSiウェハ(a)及びアニール後(b)の上面SEM像を示す。図1(a)より、粒子密度は $5.9 \times 10^{11}$  個/cm<sup>2</sup>であり、高密度でフェリチンを塗布できたことが分かる。図1(a)および(b)より、アニール後に鉄コアが凝集することなく形成されていることが確認できた。さらにウェハエッジ部に対してエッジリンスを行い、XPS測定結果からエッジ部0.5 mm以内の幅で酸化鉄コアの残留がないことが確認された。以上のことより、高精細なマスク形成技術をミニマルファブへ採用することが可能となり、生産対象を0.1 μm以下の微細デバイスへ対応することができると示唆された。従って、バイオテンプレートをLSI生産へ適用するために不可欠な装置開発に成功したと考えられる。

**<参考文献>**

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



**Fig. 1. Top-view SEM results of ferritin arrangement (a) as-arrangement and (b) after annealing.**