

ドライアイス処理によるリフトオフを用いた磁気抵抗素子の加工

三宅耕作、角田匡清、佐橋政司

(東北大学大学院工学研究科電子工学専攻)

MR element fabrication with lift-off process by dry ice blaster

Kousaku Miyake, Masakiyo Tsunoda, Masashi Sahashi

(Department of Electronic Engineering, Tohoku University)

目的

スピントロニクスの研究分野において、微細な膜面垂直通電型素子が多く用いられている。記録密度の向上に伴い、ヘッドの微細化や MRAM 素子の微細化が要求され、100 nm 以下の微細なデバイスによる研究が要求されている。CPP 素子のピラーは通常、レジストパターンをマスクとするミリング、絶縁層によるコーティング、超音波洗浄による剥離という工程が用いられることが多く、特にリフトオフの工程に確実性が無いため歩留りを悪化させる。大学等の小規模な研究機関では大規模に加工条件を突き詰めることが困難であり、容易に研究を進めることができない状況である。

断熱膨張によりノズルから生成した微細なドライアイス粒子をピラー型レジストに当てると、柔らかく、微細なレジストピラーは破碎され選択的に剥離される。この工程でリフトオフは容易に達成されるが、素子に対してドライアイス粒子との摩擦による静電気や機械的なダメージなどが懸念される。これらの点について調べるため素子加工を行い、評価を行った。

実験方法

試料は MgO-MTJ からなるスピンバルブである。上下電極はフォトリソグラフィと Ar イオンミリングによって加工した。ネガレジストを用いた電子線リソグラフィとパターンに対するアッシングを用いたスリミング工程によって 100nm 程度のピラーパターンを形成した。ミリングによってピラー加工を行い、RF スパッタによって SiO₂(35nm) をコーティングしたのち、除電用の Cu 6nm を続けて成膜した。この試料に対して、試料表面とホルダ間の導通(50Ω程度)を確保したうえで、ドライアイス粒子(全協化成 ドライアイス処理装置)で処理を行った。処理中は X 線イオナイザーで除電し、雰囲気はイオン化効率の良いドライエアーを用いた。露点は-25°C以下で、処理後に結露などは見られなかった。試料は、処理後に残留レジストを剥離するためリムーバーで洗浄した。また、比較のために、リムーバーを用いて 1 h 程度超音波洗浄のみを行った試料も作成した。

実験結果

図 1 にドライアイス処理工程 A を行って作成した試料と、従来の超音波洗浄のみによるリフトオフ工程 B で作成した試料の磁気抵抗効果の測定結果を示す。両試料を比較して、素子特性に大きな違いは見られず素子に対するダメージは見られなかった。また図 2 に工程 A の剥離後の試料の SEM 像を示す。工程 B では 1 h 程度の超音波洗浄で確率的にリフトオフが行えるが、加工中に熱などのダメージが加わるなどすると剥離が困難となり、実験の再現性が悪い。一方、工程 A では、処理のみで 250nm 以下の素子はほぼ全て剥離できた。しかし、400nm 以上の大きな素子ではほとんど剥離されなかったため、体積の大きなレジストは機械的強度が強くドライアイス粒子が微小な場合は剥離できないことが分かった。ドライアイス処理は、照射する粒子のサイズの制御が重要であると考えられる。しかしながら、微細な素子を作る目的には適しており、有効であることが分かった。

謝辞 本研究の一部は、経済産業省の産学連携イノベーション促進事業により助成されたものです。

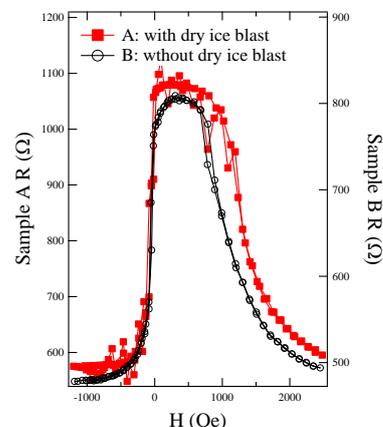


図 1. 作製した素子の MR 曲線 A:ドライアイス処理、B:超音波洗浄のみ。

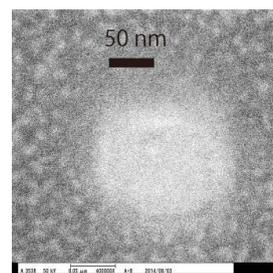


図 2 剥離後の試料の SEM 像