

平成27年3月31日

プログラム名：無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現

PM名：佐橋 政司

プロジェクト名：単結晶化・高集積化・3次元化プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成26年度

研究開発課題名：

単結晶素子の作製と高性能化および3次元積層技術の開発

研究開発機関名：

独立行政法人産業技術総合研究所

研究開発責任者

湯浅 新治

当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

生産タイプの大型スパッタ装置を用いて200 mm径のSi(001)ウェーハ上にエピタキシャル磁気抵抗多層膜を成長し、さらにウェーハ接合・3次元化プロセスを確立してCMOSウェーハ上にエピタキシャル磁気抵抗素子を作製することを最終目標としており、H26年度はその準備段階として以下の手順で研究開発を進める。

- i) H27年度にRHEED観察チャンバを導入して大型スパッタ装置に接続するために、H26年度中に設計・仕様を確定して導入手続きを行う。
- ii) 200 mm径のSiウェーハ上に作製した多結晶MTJ薄膜を用いて、ウェーハ接合およびSi除去などの3次元積層の基本プロセスを開発する。具体的には、研究の第1段階として、多結晶の面内磁化MTJ薄膜を用いて、ウェーハ接合、Si除去、表面クリーニングなどの3次元積層の基本プロセスを確立する。ウェーハ接合には現有の常温ウェーハ接合装置を用い、ウェーハ接合に適した条件（MTJ素子のキャップ層材料と平坦制、接合側基板の表面金属層材料、ウェーハ接合時の表面処理や加圧の条件など）の最適化を行い、ウェーハ接合の基本プロセスを確立する。ウェーハ接合後のSi除去の手法として、機械研磨、CMP、ドライエッチング、ウェットエッチングなどを適宜組み合わせ、最適な手法を確立する。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

i) RHEED観察チャンバ導入について

大型ウェーハへの高品位エピタキシャル磁気抵抗素子を形成するためには、RHEEDによる超高真空中での薄膜表面観察が不可欠である。今年度は、大型スパッタ装置へのRHEEDチャンバ増設の詳細検討を行った。検討および設計に際して留意したのは以下の点である。(1) RHEED観察には外部磁場揺動が無いことが求められることから、RHEED観察中には全スパッタ源を含めた磁場揺動の自動一時停止措置を講じる。(2) RHEED観察チャンバの振動を排除しつつ超高真空とするために真空排気システムを適性化。(3) ウェーハのロボット搬送とRHEED観察チャンバステージの適性化。(4) 高解像RHEEDパターン像を得るためのRHEEDモジュールおよびCCDカメラの導入。以上を踏まえた準備を行い、2015年度下半期より大型スパッタ装置に接続されたRHEEDチャンバが稼働開始の見込みである。

ii) 3次元積層プロセスの開発について

本開発には、成膜プロセス・接合プロセス・Si除去プロセスの3つの異なるプロセスを連携させることが求められる。本年度は、第1次ロットとして金属多層膜サンプルを用いて全てのプロセスを実行し、個々のプロセスおよびプロセス連携における問題点の洗い出しを行った。まず、用いるウェーハの規格、金属多層膜スタック構成について決定し、成膜プロセス、接合プロセス、Si除去プロセスの順で各プロセスにおける条件探索を行った。結果として、金属多層膜サンプル付きウェーハ同士の接合に成功するとともに、接合後のウェーハ対について片方のSiウェーハを完全に除去しながら、接合した金属多層膜を残存させることにも成功した。この第1次ロットにおける首尾

一貫のプロセスを完遂したことで、磁気抵抗素子の3次元積層を行う際の基礎的知見を得ることができた。同時にいくつかの問題点も浮上し、解決策について検討を行った。

2-2 成果

・3次元積層プロセスの開発について

φ200mm-Si ウェーハ上に金属多層膜（厚さ約70nm）を積層したサンプルAと、φ200mm-熱酸化Si ウェーハ上に金属多層膜（厚さ約30nm）を積層したサンプルBについて接合を行った。両サンプルのキャップをRuとすることで、広範囲に十分に接合されることを超音波顕微鏡像にて確認した。次いでこの接合ウェーハ対について、サンプルA側のウェーハ裏面からSi除去を行った。Siウェーハ厚さが残り2ミクロン厚程度になるまで機械研削し、その後、機械研磨(CMP)、ウェットエッチングの手順で残存Siの薄化处理を行った。薄化处理により完全にSiウェーハを除去した後のサンプル写真を図に示す。得られた最終サンプルは、基板をサンプルBの熱酸化シリコンウェーハとし、その上にサンプルBの金属多層膜と倒立したサンプルAの金属多層膜が接合して積層されているものである。ウェーハ面内部では、おおそ接合薄膜が残存しており、今回ロットでのプロセスが成功したことが示されている。しかしながら、ウェーハ面外周部および内部の一部では、膜付きが無かった部分を起点として接合膜剥がれが生じており、その解決が次ロットでの課題として浮き彫りとなった。以上より、厚さ数十nm程度の金属膜同士の接合およびSi除去は、今回の、成膜・接合・除去のプロセスが連携することで、基本的に問題無く実現出来ることが明らかとなるとともに、磁気抵抗素子の3次元積層化の基礎となる知見を得ることができた。

2-3 新たな課題など

今回のプロセスにて、3次元積層プロセスに向けた薄膜接合の知見を得ることができたが、図にも示したとおり、ウェーハ外周部と内部に部分的な未接合由来の剥離箇所が散見された。ウェーハ外周部については、成膜時の抑えマスクによる傷および未成膜箇所、内部についてはパーティクルが起点となっていると考えられ、これらを解決・回避することでさらに広範囲の薄膜接合が可能になると考えられる。また、接合完了ウェーハ対の厚さに数ミクロンの不均一性が観測された。これはSi除去プロセスでの研削研磨の不均一性をもたらす可能性があり、その原因の特定と解決が必要である。

3. アウトリーチ活動報告

該当なし