

課題番号 : F-20-UT-0162
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : スピンバルブ素子の作製及び特性評価
Program Title (English) : Manufacturing and characterization of spin-valve device
利用者名(日本語) : 鶴岡駿、田中雅明
Username (English) : Tsuruoka Shun, Masaaki Tanaka
所属名(日本語) : 東京大学大学院工学系研究科
Affiliation (English) : School of Engineering, The University of Tokyo
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、スピントロニクス、GaMnAs、spin MOSFET

1. 概要(Summary)

スピントロニクスの分野では、電子の持つ電荷の自由度を利用してきた従来のエレクトロニクスに加えて、電子のスピンを自由度を活用した新たな機能性を有するデバイスの実現が期待されている。従来の半導体デバイスは揮発性であり、電源を切ると情報が失われてしまうことが大きな問題である。情報を維持するためだけに大量の電力が必要である。一方、スピン自由度を取り込むことにより、不揮発的な記憶機能を実現することができるようになるため、情報処理技術に必要な電力の大幅な削減が可能であると期待される。スピントロニクス分野において研究が進められているデバイスの一つとしてスピン MOSFET が挙げられる。スピン MOSFET は基本的に MOSFET のソースとドレインを強磁性体電極とする構造をとっており、MOSFET 同様のゲート電圧による電流増幅機能に加え、二つの強磁性体の磁化状態による素子抵抗の操作も可能となる。すなわち強磁性体層の磁化の向きにより、不揮発に情報を保存できる MOSFET となり、低消費電力化への期待が持たれている。しかし、一般的に、強磁性金属と半導体は結晶学的な相性が良くなく、原子レベルで平坦な強磁性金属/半導体界面を実現することは容易ではない。スピンは、界面の結晶性に非常に敏感なため、界面に格子の不整合が存在すると、容易に散乱されてしまい、実用上必要な磁気抵抗比(MR 比)を得ることが難しい。

本研究はスピン MOSFET の実現に向けて、GaAs 上に成長した強磁性半導体 GaMnAs を用いたオールエピタキシャル横型スピンバルブデバイスの微細加工による性能向上及び、微細加工の安定化を図り、ナノスケール領域におけるチャンネル長の制御を行うことで、チャンネル長と MR 比の相関関係を実験的に明ら

かにし、デバイス中でのスピンの伝導機構の解明を行うことを目的とする。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

超高速大面積電子線描画装置 (ADVANTEST F7000S-VD02)

【実験方法】

低温分子線エピタキシー法を用いて、GaAs(001)基板上に GaAs バッファ層を介して、強磁性半導体 GaMnAs ヘテロ接合を成長した。バッファ層はノンドープとして、平行伝導が起こらないように工夫した。成長したサンプルに電子線リソグラフィ装置 (ADVANTEST F7000S-VD02)を用いてレジストにパターンを描画し、更にアルゴンイオンミリング装置等を用いることで、100 nm 以下程度のチャンネル長の横型スピンバルブデバイス(Fig.1)を作製し、走査型電子顕微鏡を用いてチャンネルの長さを測定し、また電気伝導測定によってデバイスの特性評価を行った。

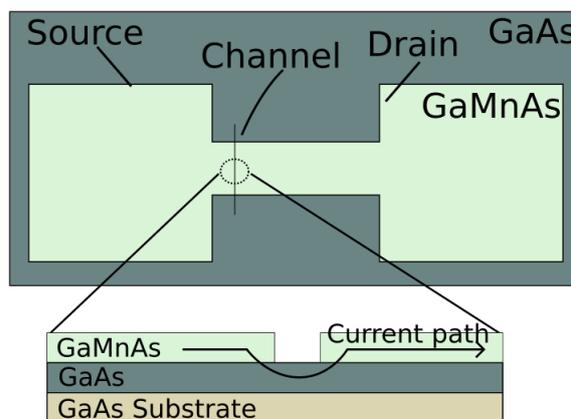


Fig.1 Schematic view of the device

3. 結果と考察(Results and Discussion)

最短で 22 nm のチャンネル長のデバイスの作製に成功した。50,70,100 nm のチャンネル長のデバイスについて電気伝導測定を行い、最大 2%の MR 比を確認し

た。ここで観測された磁気抵抗効果が GaMnAs の異方性磁気抵抗に起因するものなのか、スピバルブ効果に因るものなのかについては未だ判別できておらず、今後の研究の課題となっている。

4. その他・特記事項 (Others)

なし

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし

6. 関連特許 (Patent)

なし