

平成23年5月11日現在

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2008～2010

課題番号：20686023

研究課題名（和文） シリコン中でのキャリアスピン物理の解明とスピndeデバイスへの応用

研究課題名（英文） Investigation of carrier spin related phenomena in Si and its application to spin-functional devices

研究代表者

中根 了昌（NAKANE RYOSHO）

東京大学・大学院工学系研究科・講師

研究者番号 50422332

研究成果の概要（和文）：

本研究で実現を目指すスピン MOSFET は、ソースドレイン電極に強磁性体金属を用いる。この時、スピン依存伝導効果と高出力特性を両立するためにシリコンチャンネルとの実効的なショットキー障壁高さを低減する必要がある。これを実現するために、(1)イオンインプラによる方法、と(2)結晶成長中のオートドーピング効果による方法、の二つについて試行した。前者は As を 15keV で注入した後に Fe を堆積してシリサイド化の方法により強磁性 FeSi を作製した。インプラの条件とシリサイド化温度の最適化により、低い反応温度で障壁高さを低減と高出力特性を得られる作製条件を見出した。後者は、エピタキシャル強磁性 MnAs の結晶成長をおこない、デバイスの試作とスピン依存伝導効果の測定をおこなった。結果として、50K 以下の低温では、スピン依存伝導効果と考えられるヒステリシスが得られた。また、このヒステリシスが得られるバイアス範囲をプロットして、シリコン二次元電子チャンネルにおけるスピン拡散長について考察を行った。

研究成果の概要（英文）：

The final goal of this study is to realize spin metal-oxide-semiconductor field-effect transistors (spin MOSFETs), which utilize carrier charge as well as carrier spin degrees of freedom. Since the operation principal of a spin MOSFET is spin dependent transport in a MOS inversion Si channel, ferromagnetic materials with a low Schottky barrier height are strongly needed. In this study, two different methods were used: (method 1) ion implantation, (method 2) auto-doping effect during the crystal growth of a ferromagnetic material. In method 1, ferromagnetic FeSi was fabricated through silicidation on a Si(001) substrate. To reduce the silicidation temperature, ion implantation of As atoms with a energy of 15 eV were performed. As a result, we demonstrated that FeSi/Si junctions formed with a low temperature have a low Schottky barrier height for electrons. In method 2, MnAs grown on Si(001) was found to have a low Schottky barrier height for electrons, which is due to the auto-doping of As during the initial stage of molecular beam epitaxy. We fabricated spin MOSFETs with MnAs, and found that the spin MOSFETs exhibit hysteretic behavior below 50 K, which probably originates from spin-dependent transport.

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	15,900,000	4,770,000	20,670,000
2009年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	20,100,000	6,030,000	26,130,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電子デバイス・電子機器

キーワード：量子デバイス・スピンドバイス

1. 研究開始当初の背景

シリコン集積回路の高性能化をさらに持続させるためには、これまでのスケーリング則とは異なる材料、構造、自由度を用いた新規デバイスの開発が必要であり、キャリアスピン自由度を用いたスピンドバイスが非常に有望である。

2. 研究の目的

スピンドバイスとして、特に本研究ではスピン電界効果型トランジスタ（スピンMOSFET）に注目し、これを実現することを最終目的としている。従来のデバイスとシリコンプラットホーム上で融合可能な、高性能シリコンベーススピンMOSFETを実現するためのシリコン中でのキャリアスピン物理の解明をおこなうことを目的としている。

3. 研究の方法

シリコンを介してキャリアスピンを注入・検出するために、強磁性材料、ショットキー接合を最適化し、その後、キャリアスピン伝導に起因したシグナルを取得可能なデバイスの作製と測定により研究を進める。

4. 研究成果

強磁性FeSiをSi(001)基板上にシリサイド化の方法で作製した。ショットキー障壁高さの低減とシリサイド温度低減を行うために、Si(001)基板にあらかじめAs原子を15keVにてイオンインプラした基板を用いた。結果として、低ショットキー障壁高さとしりサイド化温度の低減を両立する作製法を見出した。

強磁性MnAsはMBEによる結晶成長中のAsのオートドーピング効果で、Si(001)に対するショットキー障壁高さが低い特徴を持つ。これを用いて、バックゲート構造のスピンMOSFETを作製して、磁気抵抗効果の測定を行った。結果として50K以下の温度領域において、スピン依存伝導が原因と考えられるヒステリシス特性を観察した。また、このヒステリシスを発現するバイアス領域をプロットして、スピン拡散長について考察を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

R. Nakane, T. Harada, K. Suigura, and M. Tanaka, Magnetoresistance of a Spin Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor (spin MOSFET) with Ferromagnetic MnAs Source and Drain Contacts, Jpn. J. Appl. Phys. 49 (2010) pp. 1130001-4.

[学会発表] (計2件)

- 1) 中根了昌, 原田智之, 杉浦邦晃, 菅原 聡, 田中雅明, “シリコン MOS 反転層へのスピン注入とスピン MOSFET への応用”, 第 69 回応用物理学会学術講演会, 中部大学, 春日井, 2008 年 9 月, 3p-CA-3, 予稿集 p52.
- 2) R. Nakane, T. Harada, K. Sugiura, S. Sugahara and M. Tanaka, “Magnetoresistance in MOSFETs with ferromagnetic MnAs source and drain contacts: Spin injection and transport in Si MOS channels”, The 66th Device Research Conference (66th DRC), Santa Barbara, CA, USA, June 23-25, 2008, V.A-7, Conference Digest p227.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者
中根了昌

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし