

課題番号 : F-17-NU-0127
 利用形態 : 技術代行
 利用課題名(日本語) : ビスマスドーピングシリコンにおけるスピンドラ-電流変換現象の解明
 Program Title(English) : Investigation of spin-charge conversion in bismuth-doped silicon
 利用者名(日本語) : ロルテ ファビアン, 安藤裕一郎, 白石誠司
 Username(English) : F. Rortais, Y. Ando, M. Shiraiishi
 所属名(日本語) : 京都大学大学院工学研究科
 Affiliation(English) : Graduate school of Electronic Science and Engineering, Kyoto University
 キーワード/Keyword : スピントロニクス、シリコン、イオン注入装置、急速加熱処理装置、合成、熱処理、ドーピング

1. 概要(Summary)

シリコンは結晶の空間反転対称性が高く、比較的軽元素であることから、スピンドラ相互作用が小さく、長距離スピンドラ輸送に適していると考えられている。一方、スピンドラ情報を操作するにはスピンドラ相互作用が大きい材料が適しており、シリコンは不適といえる。本研究では長距離輸送が可能なシリコンチャンネルにおいてもスピンドラ操作を可能とするため、シリコン中に強いスピンドラ相互作用を有するビスマスをドーピングしたチャンネルの形成を行った。また作製したシリコンチャンネルをスピンドラ相互作用の一つの指標である弱(反)局在効果を用いて評価した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 イオン注入装置、急速加熱処理装置

【実験方法】

ビスマスを 10^{19}cm^{-3} 程度イオン注入した Si on insulator 基板を使用した。上部 Si 層の厚さは 100 nm であり、高抵抗 ($1000\Omega\text{cm}$ 以上) である。リンイオンの注入条件は下記の通りである：

- ・使用ガス: PF_3 ,
 - ・注入種: P^+
 - ・基板サイズ $20\text{mm}\square$
 - ・ドーピング量: $8 \times 10^{13}\text{cm}^{-2}$ (8 keV), $1.3 \times 10^{14}\text{cm}^{-2}$ (15 keV), $5 \times 10^{13}\text{cm}^{-2}$ (35 keV) の多段注入
- イオン注入後に急速加熱処理装置を用い、リンの活性化アニールを行った。条件は下記の通りである：
- ・熱処理前窒素パージ: 300 秒間
 - ・ 500°C 、10 秒間 \rightarrow 900°C 、1 秒間、
 - ・高純度窒素 (G3) 雰囲気中 (流量 $1.5\text{L}/\text{min}$)

3. 結果と考察(Results and Discussion)

活性化後のシリコンチャンネルでは金アンチモン ($\text{Sb}2\%$)

薄膜によりオーミック電極を容易に形成することができ、低温下 (2 K) でも線形的な 2 端子電流-電圧特性が得られた。シリコンチャンネルの抵抗率およびキャリア濃度の温度依存性を Fig. 1 に示す。概ね設計通りのキャリア濃度を実現することができた。またリンをドーピングする前後でのキャリア濃度の変化から、生成したキャリアはビスマスではなく、リンがドナーとして働いていることに起因していることが分かった。また低温において磁気抵抗効果を測定したところ、ビスマスなしの試料では弱いスピンドラ相互作用を示唆する弱局在効果、ビスマスありの試料では強いスピンドラ相互作用を示唆する弱反局在効果が得られ、シリコンチャンネル中のスピンドラ相互作用が制御できている可能性が示唆された。

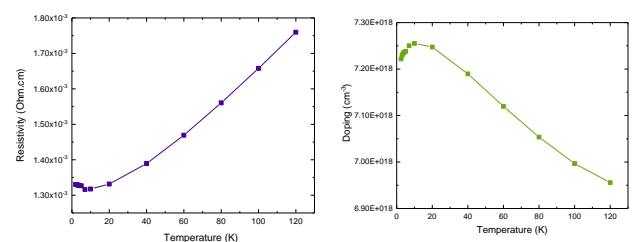


Fig. 1 Temperature dependences of resistivity and carrier concentration of the Si channel.

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。