

## Bi 原子細線構造を利用した Si 中への Mn ドーピング Mn doping to Si with Bi nanoline

物材機構<sup>1</sup>, 筑波大院数物<sup>2</sup>,

○(M) 坪松 悟史<sup>1,2</sup>, 村田 晃一<sup>1,2</sup>, 古谷野 有<sup>2</sup>, 日塔 光一<sup>1</sup>, 三木 一司<sup>1,2</sup>

NIMS<sup>1</sup>, Univ. of Tsukuba<sup>2</sup>

○T. Satoshi<sup>1,2</sup>, K. Murata<sup>1,2</sup>, T. Koyano<sup>2</sup>, K. Nittoh<sup>1</sup>, K. Miki<sup>1,2</sup>

E-mail: TSUBOMATSU.Satoshi@nims.go.jp

近年、スピントロニクスデバイスへの応用に向け、半導体への遷移金属元素ドーピングにより実現される希薄磁性半導体の研究が多くなされている。報告例は GaMnAs 等の化合物半導体が主であるが、Si に代表される IV 族半導体で磁性半導体が実現されれば、半導体 LSI プロセスとの相性から応用が期待される。Si 結晶の Mn ドーピングが困難な点は、クラスターやシリサイドを容易に形成するためである。近年、室温にて Si(001) 表面上に Mn を堆積すると短い Mn 細線構造を形成すること、クラスターの形成が表面欠陥に起因することが報告された [1]。そこで、Si(001) 表面上の欠陥構造を低減することで高密度の Mn 細線構造の形成が可能であると考え、Bi 原子細線構造を用いた Mn ドーピングを試行した。Bi 原子細線構造は Si(001) 表面上に形成する Bi による表面ナノ構造の一つであるが [2]、細線構造の周辺に表面欠陥が全く無い領域を形成する。この領域の形成は、細線構造から生じる強い異方性歪みに起因すると考えられている [3]。

試料作製工程を図 1(a) に示す。Si(001) 基板の上に Bi 原子細線構造を形成後、室温にて Mn (0.5 ML) を堆積し Si キャップ層を 50 nm 堆積した (試料 A)。図 1(b) は試料 A の SIMS プロファイルを示している。参照試料として、室温にて Mn のみを堆積した試料 B、また Bi 原子細線構造形成後に基板温度 400 °C にて Mn を堆積し Si 結晶層を成長した試料 C を作製した。各々の試料は、温度 800, 900, 1000, 1100 °C にて窒素雰囲気下で 10 sec のアニールを施した。ホールバー形状 (70 μm × 600 μm × 150 nm) に加工し、室温にて Hall 測定を行った。各試料のキャリア濃度のアニール温度依存性を図 1(c) に示す。試料は全て p 型を示し、アニール温度が上昇するにつれて試料 A の正孔濃度が上昇した。これは、活性な Mn 高濃度ドープ層が形成されていることを示唆している。Bi 原子細線構造は 1/8 ML 相当の Bi 量に相当するが 1000 °C 以下のアニールでは活性化されず、キャリア補償の影響は少ない。一方で、試料 B と試料 C の正孔濃度はアニールに殆ど影響しないことから、シリサイドまたはクラスター形成等により活性な Mn 濃度が少ないためと考えられる。以上の結果から、表面ナノ構造を積極的に利用することで、これまでに実現が困難であった Mn ドーピング法確立の可能性が示された。

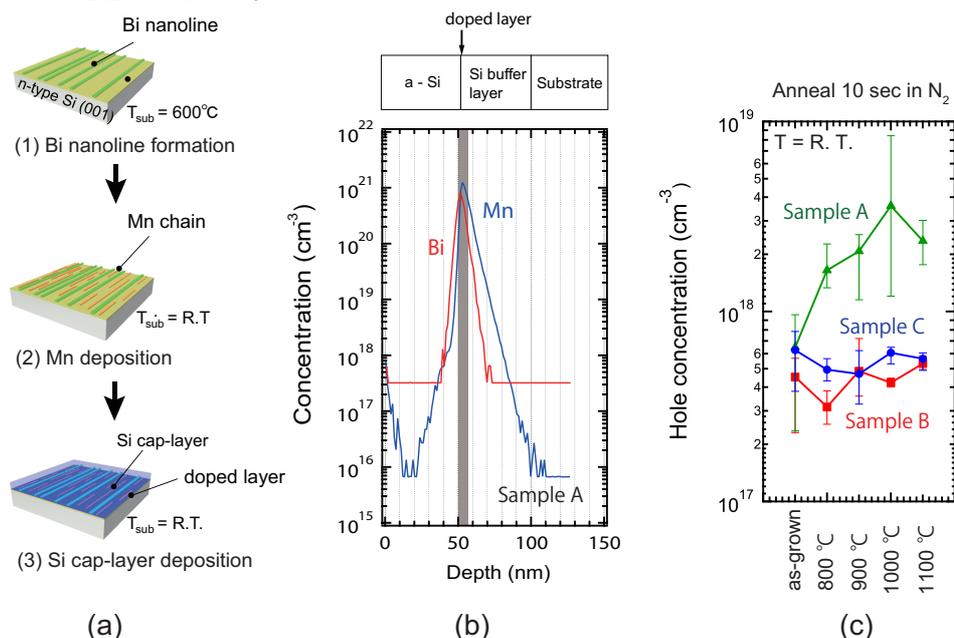


図 1: (a) 試料作製工程 (b) 試料 A の Bi と Mn の分布 (c) キャリア濃度のアニール温度依存性

[1] K. R. Simov, C. A. Nolph, and P. Reinke: *J. Phys. Chem. C* **116** (2012) 1670.

[2] K. Miki, J. H. G. Owen, D. R. Bowler, G. A. D. Briggs, and K. Sakamoto: *Surf. Sci.* **421** (1999) 397.

[3] J. H. G. Owen, K. Miki, and D.R. Bowler: *Materials Science and Technology* **20** (2004) 955.