

Bi 原子細線をドーパント源とするSi 結晶中のBi δ ドーピング法 : アニール温度の再考

Delta doping of Bi in Si crystal with use of Bi nanoline as a dopant source: Reconsideration of anneal temperature

物材機構¹, 筑波大院数物² ○ 金澤 孝^{1,2}, 村田 晃一^{1,2}, 日塔 光一¹, 三木 一司^{1,2}

NIMS,¹ Univ. Tsukuba,² ○ T. Kanazawa^{1,2}, K. Murata^{1,2}, K. Nittoh¹, K. Miki^{1,2}

E-mail: miki.kazushi@nims.go.jp

Si 結晶へのBi 元素のドーピングは、深いドナー準位形成によるスピントロニクス機能に繋がると期待されている。その具体的なドーピング手法として、我々は (1) Bi 原子細線構造をドーパント源としてSi 結晶中に埋め込み、(2) 高温瞬時レーザーアニールにより活性化させる、二工程からなる高濃度 Bi δ ドーピング法を提案し、実証している[1]。このプロセスでは、不純物活性化のために1100°C以上の高温アニールを必要とする。しかし、イオン注入法によりドーパされたBi 原子は 600°C 程度のアニールにより活性化するため[2]、我々の手法が高温アニールを必要とする理由は不明である。この理由を探るために、EXAFS法を用いてBi原子周辺の局所構造を評価し、ドーピングの機構解明を行っている。その結果、Bi原子細線上にシリコンを堆積した際、Bi原子細線中の一部または全てのBi原子がイオン注入法で導入した状態に近い構造をとることが明らかとなった。これは、導入直後の試料中のBi原子がドーパント源として有効であることを示唆している。そこで、これらを検証するために、高温アニールなしで電氣的に活性化可能かを試みた。

Si (001) 表面にBi原子細線を形成し、室温にてシリコンキャップ層を100 nm堆積した後、400, 500, 600 °Cの基板温度でそれぞれ24時間アニールした(図2)。その後、試料をHall-bar 型のメサ構造に加工し、Hall測定によりキャリア密度を求めた。なお、不純物分布は一様であると仮定し、キャリア密度の計算における試料の厚さは150 nmとした。図1に測定結果を示す。

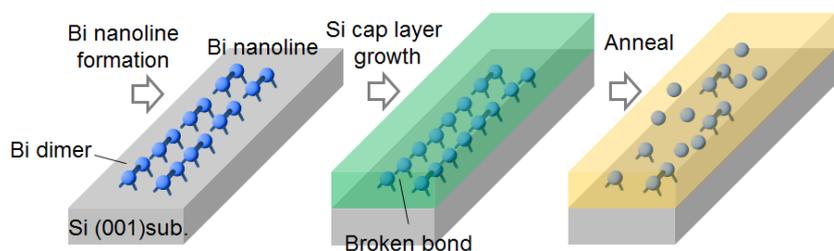


図 2 Bi 原子細線の埋め込み後のアニール

試料は全てn型キャリア伝導を示し、キャリア密度

は 10^{19} cm⁻³台の値を示し、1100°C以上の高温アニールなしでBiが電氣的に活性化したことを意味している。以上の結果は、Si中に埋め込んだBi原子細線構造中のBi原子は400°C程度の低温アニールで電氣的に活性化され、高濃度ドーピング層(10^{19} cm⁻³程度)を実現するために有効である。

なお、本研究は科研費及び、高輝度光科学研究センター萌芽的研究支援課題(課題番号: 2012B1664)の支援を受けたものである。

[1] K. Murata, Y. Yasutake, K. Nittoh, K. Sakamoto, S. Fukatsu, and K. Miki: Appl. Phys. Express **3** (2010) 061302

[2] J. P. de Souza and P. F. P. Fichtner: J. Appl. Phys **74** (1993) 119.

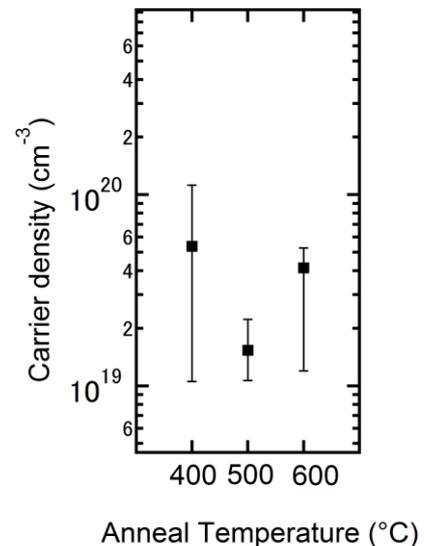


図 1 400, 500, 600 °Cでアニールした試料のキャリア密度