界面ナノ構造を利用したⅣ族半導体へのMnδドーピング：機構解明

Mn δ doping into IV-group semiconductors with the Mn chain as a doping source

物材機構 [1], 筑波大数物 [2], JASRI [3]
村田晃一 [1,2], ○三木一司 [1,2], 新田清文 [3], 金澤 孝 [1,2], 坪松 悟史 [1,2],
日塔光一 [1], 坂田修身 [1], 寺田靖子 [3], 宇留賀朋哉 [3]
NIMS,[1] Univ. of Tsukuba,[2] JASRI[3]
K. Murata,[1,2] ○K. Mik,i[1,2] K. Nitta,[3] T. Kanazawa,[1,2] S. Tsubomatsu,[1,2]
K. Nittoh,[1] O. Sakata,[1] Y. Terada,[3] T. Uruga[3]
E-mail: miki.kazushi@nims.go.jp

エレクトロニクス分野で圧倒的に優勢であったSi結晶への遷移元素または希土類元素のドーピングは、新奇機能発現の可能性を秘めている。その中で、代表的な磁性不純物であるMn原子のSi結晶へのドーピングにおいて、Mnδドーピング層が強磁性を示すことが理論的に予見され、IV族系磁性半導体の実現が期待されている。一方で、実験的にはクラスター化や高次シリサイド形成を回避できないことが課題となり、結晶格子位置にMnが置換するのかさえ、明らかとされていないのが現状である。我々は、解決策として表面ナノ構造をドーパント源として利用することを模索している。Si(001)表面上にMn原子を室温にて堆積して1次元鎖構造を形成すると、電気的に活性化した状態でSi中にドーパントとして導入できる事まで分かってきた。しかし、ドーピング機構、埋め込まれた局所構造は明らかになっていない。

そこで本研究では、IV族半導体中に埋め込まれたMn δドーピング層の形成過程を理解するために、図(a)に示すように偏光X線吸収微細構造法を用いてMn原子周辺の局所構造評価を行った。シングルドメイン基板を使用してMn鎖の形成方向を揃え、またSiとGeの２種のキャップ層の試料を準備した。Mn K端近傍の吸収スペクトルを図(b)に、抽出したEXAFS関数をフーリエ変換することで得られた動径分布関数を図(c)にそれぞれ示す。図(b)と(c)のどちらにおいても、Geキャップ層を用いた試料では、面内でX線をMn鎖に対して垂直(Vertical)・平行(Parallel)に入射した場合で大きな差が現れている。これは、Ge/Si界面にて異方的な構造を形成していることを示している。発表では、測定結果をもとに局所構造モデルについて議論する。なお、本研究は科研費及び、高輝度光科学研究センター一般課題(課題番号:2013A1274, 2014B1097)の支援を受けたものである。

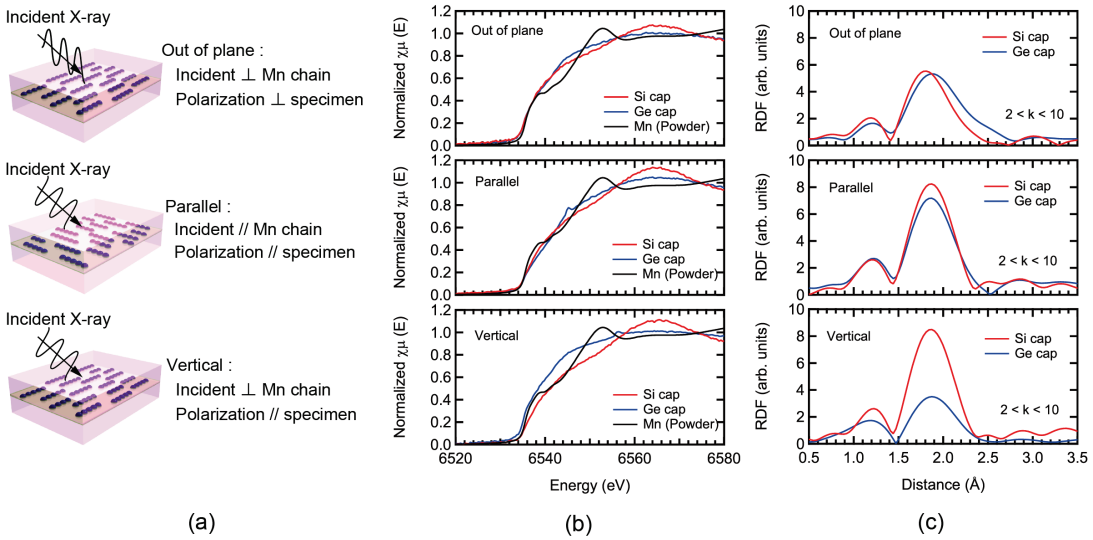

図１ ：Mn δ ドーピング層の偏光 XAFS 測定 (a) 測定系 (b) Mn K 吸収端近傍の吸収スペクトル (b) Mn 原子周辺の動径分布関数

© 2015年 応用物理学会