

3次元アトムプローブ評価法による多元系磁性半導体の物性解明

長岡技術科学大学 内富直隆

E-mail: uchitomi@nagaokaut.ac.jp

電子の電荷を利用するエレクトロニクスに電子のスピン性質を付加することで新しい機能を有するデバイスを目指すスピントロニクスへの期待が高まっている。半導体スピントロニクスでは、III-V 族半導体を中心に精力的な磁性半導体の研究が進められているが、II-IV-V₂ 多元系磁性半導体である CdGeP₂:Mn¹ や ZnSnAs₂:Mn² 結晶で室温強磁性を示すことが報告され、多元系磁性半導体についても継続的に研究が行われている。ZnSnAs₂:Mn 薄膜は InP 基板と格子整合(～0.3%)することから、分子線エピタキシーで高品質な薄膜結晶を作製することができ室温で強磁性を示す磁性半導体である³。III-V 族半導体と異なり、Mn 磁性原子が II 族と IV 族サイトを置換することから、その強磁性の発現機構についてはまだ十分理解されていない。このような強磁性発現機構の手がかりを得るために、ZnSnAs₂:Mn 薄膜の微小領域の原子分布を高感度で検出できる 3次元アトムプローブ法(3DAP)を用いて研究を行った⁴。3DAP は薄膜結晶の 100nm 程度の微小領域で原子レベルの非常に高い空間分解能と検出感度を有する測定手法として注目され半導体中の不純物分布を調べる手段として優れている⁵。

3DAP の測定を行うために Fig.1 に示すような InP/ZnSnAs₂/ZnSnAs₂:Mn 構造の先端直径が 100nm 程度の針状試料を作製し、AMETEK 社製 LEAP 4000XSi 装置*を用いて測定を行った。Fig.2 は 3DAP の測定結果である。原子分布のマッピングから Zn,Sn,As は均一な原子分布を示すが、Mn については不均一なスピノーダル分解を示し強磁性発現に関係していると考えられる。

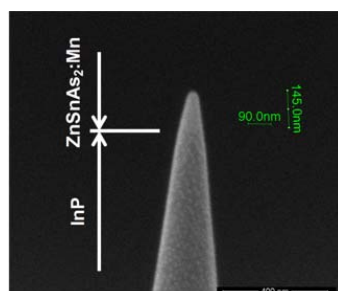


Fig.1 Needle-like specimen

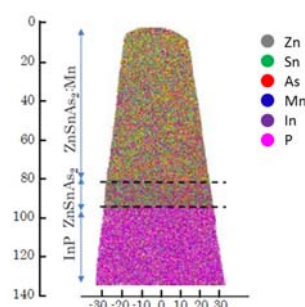


Fig.2 Atom probe dataset

*本研究は東芝ナノアナリシス株式会社との共同研究で行われた。

¹G. A. Medvedkin, T. Ishibashi, T. Nishi, K. Hayata, H. Hasegawa, K. Sato, Jpn. J. App. Phys. 10A, L949 (2000).

²S. Choi, G. B. Cha, S. C. Hong, S. Cho, Y. Kim, J. B. Ketterson, S. Y. Jeong, G. C. Yi, Solid State Commun. 122, 165 (2002).

³J. T. Asubar, Y. Jinbo, N. Uchitomi, J. Cryst. Growth 311, 929 (2009).

⁴N. Uchitomi, H. Inoue, T. Kato, H. Toyota, H. Uchida, J. Appl. Phys. 117, 17B905 (2015).

⁵D. Blavette, S. Duguay, J. Appl. Phys. 119, 181502 (2016).