17p-F8-9

多元化合物磁性半導体の展開

Progress and Prospect of Multinary Magnetic Semiconductors

内富　直隆

長岡技術科学大学工学部

Nagaoka University of Technology

E-mail: uchitomi@nagaokaut.ac.jp

電子の電荷とスピンの自由度を積極的に利用した新しい半導体分野が半導体スピントロニクスである。半導体スピントロニクスで利用される強磁性半導体には、デバイス応用の観点から室温でキュリー温度を示し従来の半導体プロセスとの整合性が求められる。GaAs基板に格子整合する磁性半導体としてGaMnAsやInMnAsを用いた半導体スピントロニクスの研究が進められ、強磁性発現の理論的研究やデバイス応用の観点から多くの研究成果が報告されている。一方、室温強磁性半導体の研究も精力的に行われ、そのような磁性半導体の一つとしてII-IV-V_2型多元化合物強磁性半導体がある。この磁性半導体はV族原子としてAsあるいはPから成るカルコパイライト型あるいはスファレライト型結晶構造を示し、Mnを磁性原子としてカチオンサイトに置換した磁性半導体である。$CdGeP_2$バルク結晶にMnを蒸着添加したCdGeP2:Mnで室温強磁性を示すことが報告され[1]、その後，$ZnGeAs_2$:Mn[2]等などのバルク結晶で300Kを越える室温強磁性が報告されている。一方、多元化合物磁性半導体のデバイス応用には、室温強磁性の発現とあわせて、エピタキシャル薄膜結晶成長と既存の半導体プロセスとの整合性が求められる。

本講演では、上記の条件を満たす磁性半導体として多元化合物磁性半導体$ZnSnAs_2$:Mn についてそのInP基板へのエピタキシャル成長とその磁気的性質、電気的特性などを示し半導体スピントロニクスデバイス応用への可能性について述べる。$ZnSnAs_2$ 薄膜はInP 基板にほぼ格子整合（0.03%）することが特長で、分子線エピタキシー法によりInP基板上に結晶成長させることができる[3-4]。磁性原子Mn を5％添加した$ZnSnAs_2$ 薄膜は室温334K のキュリー温度を示す強磁性半導体である。III-V 族磁性半導体と異なり、磁性原子$Mn^{2+}(d^5)$イオンは、II 族とIV 族原子の両方を置換する可能性があることから、室温強磁性の発現にはII族ZnサイトへのMn^{2+}磁性イオンの導入とIV族Snサイトへの Mnイオンの置換によるホールの導入が関係していると考えられる。デバイス応用面からは、$ZnSnAs_2$：Mn 薄膜がInP 半導体プロセスと整合性があることから、これらと格子整合する$Al_{0.48}In_{0.52}As$や$Ga_{0.47}In_{0.53}As$などの半導体薄膜とのヘテロ構造について作製することが可能である。今後、InPをベースとした室温半導体トンネル磁気抵抗素子やスピンFET の検証に向けた室温強磁性半導体を含む量子ナノ構造の作製により、多元化合物磁性半導体スピントロニクス分野への展開が期待できる。

[1]G.A.Medvedkin, *et al.* Jpn.J.Appl.Phys. 39 (2000) L949.

[2]V.M.Novotortsev, *et al.* Russ. J. Inorg. Chem, 53 (2008) 22.

[3]J.T.Asubar, *et al.* J.Cryst. Growth 311 (2009) 929.

[4]N.Uchitomi, *et al.* Jpn.J.Appl.Phys. 50 (2011) 05FB02.

© 2014 年　応用物理学会