レーザー三次元アトムプローブを用いた Mn 添加 ZnSnAs₂ 薄膜の原子分布評価 Evaluation of Atomic Distribution in Mn-doped ZnSnAs₂



Thin Films By Using Laser-assisted Three-Dimensional Atom Probe

○ 日高 志郎^{†1}, 井上 寛明¹, 豊田 英之¹, 内田 博², 内富 直隆^{†1}
¹ 長岡技術科学大学, ² 東芝ナノアナリシス株式会社

[○]S. Hidaka¹, H. Inoue¹, H. Toyota¹, H. Uchida², N. Uchitomi¹ ¹Nagaoka University of Technology, ²Toshiba Nanoanalysis Corporation

E-mail: [†]shidaka@vos.nagaokaut.ac.jp, ^{††}uchitomi@nagaokaut.ac.jp

[序論] これまで最もよく研究されてきた強磁性半導体 (FMS) が GaMnAs[1] であるが,応用のためには Curie 温度が最低でも室温 (RT) 以上の FMS が要求される. RT-FMS の中でも, Mn 添加 ZnSnAs₂(ZSA:Mn)[2] は InP と格子整合することから, 1.55 μ m 帯光通信用アイソレータや InP 格子整合系二次元電子ガスへのスピン注入源への応用が期待される. しかしながら,これまでに ZSA:Mn における室温強磁性の起源について詳細な知見は得られていない. そこで本研究では,三 次元アトムプローブ (3DAP) により, ZSA:Mn の原子分布の評価を行った.

[実験] 評価に用いた試料の層構造を図 1(a) に示す.結晶成長には標準的な分子線エピタキシーを用いた.カチオンサイトを占める Mn の割合は ~ 7.2 %である.この試料についての 3DAP (CAMECA 社製, LEAP4000XSi) 測定を,紫外レーザー (λ_{UV} =355 nm, E_{UV} = 0.1 pJ)を用いて行った.図1(b)に3DAP 測定用に加工した針状試料の SEM 像を示す.試料温度は20 K である. [結果および考察] 図1(c)に3DAP トモグラフィー像を示す.ZSA:Mn 薄膜における構成元素別の原子分布およびそれらの重ね合わせである.Zn, Sn, As では均一に原子が分布しているのに対し, Mn 原子では最大で~10 nm 領域に集中的に分布していることがわかった.各構成元素について, 200 個の原子を含むブロックの度数分布の χ^2 検定を行った結果,Zn,Sn,As,Mn 各構成元素の相関係数はそれぞれ,0.081,0.237,0.102,0.691 であった.Mn 原子はSn 原子と置換する可能性が高いため,Mn に次いで相関係数が大きくなったと考えられ,Mn 原子の不均一性が確認された.これらの結果は、スピノーダル分解[3]による Mn クラスターの存在を強く示唆している.

[結論] 室温強磁性半導体 ZSA:Mn について, 3DAP による原子分布評価を行った結果, 各構成元素の中で, Mn 原子の不均一性が著しく高く, スピノーダル分解による Mn クラスターの存在が強く示唆された.



図 1 (a) 評価試料の層構造. (b) 3DAP 用に加工された針状試料. (c) 3DAP トモグラフィー像.

[1] H. Ohno et al., Appl. Phys. Lett. 69 (1996) 363.

- [2] J. T. Asubar et al., J. Cryst. Growth **311** (2009) 929.
- [3] K. Sato et al., Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) L948.