Ce 添加による Si 上 Ge 三次元ドット成長プロセスの変化

The change of growth processes for Ge 3D dots by Ce doping

大阪府大院・工　°植野　和也、宮田　祐輔、吉村　武、芦田　淳、藤村　紀文

Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

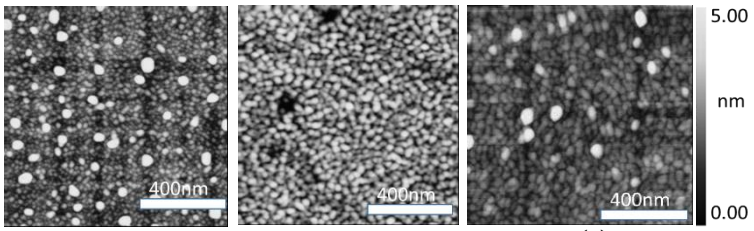
°K. Ueno, Y. Miyata, T. Yoshimura, A. Ashida and N. Fujimura

E-mail: fujim@pe.osakafu-u.ac.jp

【はじめに】　Si 系希薄磁性半導体材料として、Si に希土類元素である Ce を添加した Si:Ce の作製を進めてきた。しかしながら、Si 中への Ce の置換型固溶限は 0.4at%程度と極めて低いために、高濃度ドーピングが困難であるという問題が顕在化している。しかしながら、Si 中に Ce を固溶限以上（数 at%程度）添加する際、歪み緩和を駆動力とした Ce の表面偏析によって表面平坦性の高い三倍周期表面再構成構造が形成することを報告している[1]。また、Ge を母体半導体として利用した場合、Ge は Si よりも大きな共有結合半径を有していることから、さらなる Ce の固溶限の増加が期待される。特に表面積の大きな三次元ドット構造は有利であると考えられる。今回、Ce の高濃度ドーピングを目的として、Ce 添加による Ge 三次元ドット成長プロセスを観察し、Si:Ce 薄膜の表面形態との比較を行ったので報告する。

【実験方法】　Ge:Ce 結晶は固体ソース MBE 法を用いて SOI(001)基板上に作製した。成長レートは約 3nm/h、設計膜厚は 1.5 nm とした。成長レートおよび Ce 濃度は、knudsen-cell ヒーターの電力を用いて制御した。Ge 三次元ドット成長プロセスの変化は RHEED、DFM を用いて観察した。

【結果及び考察】DFM による 550 ºC 成長 Ge/Si の表面形態を Fig. 1(a)に示す。Si 表面においては、大きな格子不整合に起因して、Ge は三次元ドット状に成長している。三次元ドットの粒径は約 40-60nm、高さは約 6-10nm 程度である。Si:Ce/Si, Ge:Ce/Si の表面形態を Fig. 1(b), (c)に示す。Si:Ce/Si の表面では非常に小さな粒（0.6nm）が高密度に形成されているものの、Ge:Ce/Si の表面では Fig. 1(a)と同様三次元ドット構造が形成している。三次元 Ge:Ce ドットの粒径は約 30-40nm、高さは 4-6nm 程度であり、Ce を添加することで三次元 Ge ドットの粒径は微細化し、その密度は減少している。これは Ce を添加したことで Ge、Ce 原子のマイグレーションが抑制されたためと考えられる。発表では、Ce の IV 族半導体への固溶限における母体半導体の格子定数や三次元ドット化の影響について議論する。



(a)　(b)　(c)

Fig. 1 The surface morphologies of , (a) Ge/Si, (b)Si:Ce/Si, (c)Ge:Ce/Si measured by DFM

【参考文献】[1]D. Shindo, *et. al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **50**(2011)065701

© 2015年 応用物理学会