

軟 X 線照射による非晶質 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ 薄膜の低温結晶化Low-temperature crystallization of a- $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ film by soft x-ray irradiation兵庫県立大院工¹, 大阪大接合科研², 兵庫県立大高度研³○松尾 直人¹, 部家 彰¹, 伊藤 和博², 高橋 誠², 神田 一浩³, 望月 孝晏³, 宮本 修治³Dept. Mat. Sci. & Chem. Univ. Hyogo¹, Join. & Weld. Res. Inst. Osaka Univ.², LASTI Univ. Hyogo³N. Matsuo¹, A. Heya¹, K. Itoh², M. Takahashi², K. Kanda³, T. Mochizuki³, S. Miyamoto³

E-mail: nmatsuo@eng.u-hyogo.ac.jp

【背景】レーザ結晶化は薄膜トランジスタや薄膜太陽電池の作製方法として研究されている。しかし、熔融・結晶化を伴う過程は下地を劣化させる。我々は放射光施設ニューズバルにおいて、SR 軟 X 線を用いた結晶化を試みた(1)。しかし、輝度が小さく十分な結晶化は不可能であった。アンジュレータ光源により輝度を上昇させて a- $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ に照射を行うと結晶化を確認できた(2, 3)。本報告においては SR 軟 X 線照射により作製された $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ 膜の結晶性について紹介する。

【実験方法】結晶化に用いた試料は石英ガラス基板に、MBD 法により蒸着した a- $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ ($X=0.2-0.8$) と、その多層膜である。電子蓄積エネルギーは 1GeV, 蓄積電流は 100mA である。軟 X 線の光子エネルギーは、内殻軌道エネルギーに対応させており、50eV, 115eV, 130eV である。各々、Ge3d 軌道 29.8eV, Si2p 軌道 99.8eV, Ge3p 軌道 128.9eV に近づけている。軟 X 線照射量は一定値 50mA・時に設定した。

【結果】図 1 (a) より、軟 X 線結晶化による結晶化温度は赤外線による結晶化よりも 100 数十°C 低くなる。(b) より、光子エネルギー 50eV では $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ の結晶化率は 60-70% になるが、130eV では結晶化しない。Ge3d 内殻電子の励起、原子移動が結晶化を支配する。(c) より、Ge 変調濃度を多層膜では接合界面から 3 層目 ($\text{Si}_{0.6}\text{Ge}_{0.4}$) のほぼ中間まで結晶化する。軟 X 線では表面層からの結晶化が期待されるのであるが、Ge 原子移動が結晶成長を支配する為、接合界面からの結晶化を生じる。

【参考文献】(1) N. Matsuo et al, Dig. Tech. Paper AM-LCD, pp. 293-294, 2005. (2) 松尾, 部家, 応用物理, 第 82 巻, 第 5 号, pp. 390-396, 2013. (3) A. Heya, N. Matsuo, M. Takahashi, K. Ito and K. Kanda, APEX, Vol. 6, pp. 065501-1-4, 2013.

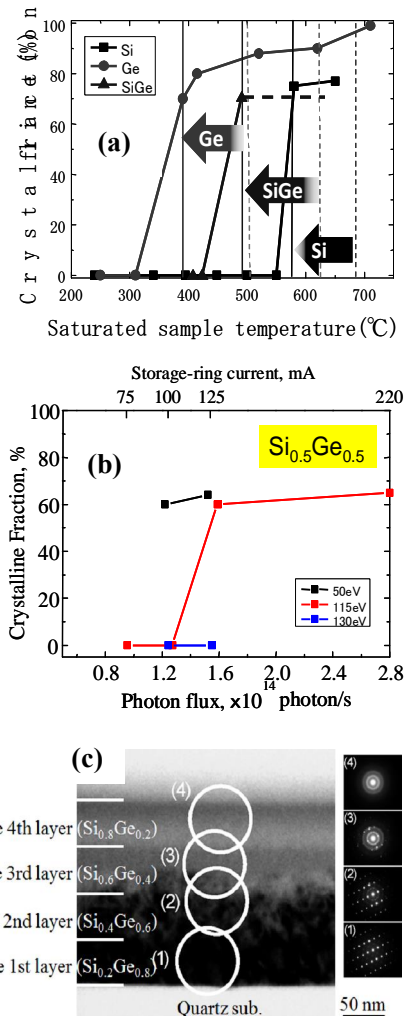


図 1. 結晶化率と温度の関係(a), 各光子エネルギーにおける結晶化率と光子密度の関係(b), 及び SiGe 多層膜の断面 TEM 写真(c).