

クロージングリマーク：Ⅳ族半導体薄膜の低温固相結晶化

Closing Remark: Low-Temperature Solid-Phase Crystallization of Group-IV Semiconductor Thin Film

兵庫県立大学大学院¹ ○松尾 直人¹

Dept. Materials and Synchrotron Radiation Engineering, Univ. Hyogo¹

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

薄膜結晶化法（過程）の支配因子は成長温度（固相では融点以下）、成長膜と基板との界面状態、雰囲気（圧力、ガス）、が挙げられ、結晶化した薄膜特性因子として、粒径、格子欠陥密度、膜剥がれ頻度、が挙げられる。固相に絞ると位置制御性も重要支配因子になる。結晶化法と結晶化薄膜を有機的に繋げる根底にあるものが結晶化ダイナミクス（又は、機構）である。

本シンポジウムで御高説戴く、CVD-Si 薄膜結晶化法^{1,2)}は成長温度、基板界面、雰囲気が重要因子、位置制御 SPC³⁾、金属ナノ触媒⁴⁾、金属触媒⁵⁾を用いた結晶化は成長温度、位置制御性、が重要因子と考えられる。結晶核形成の動力学と位置制御⁶⁾、安定相と準安定相の競合⁷⁾、は結晶化機構の議論である。他の固相結晶化法に関しても言及する。

低エネルギー密度、多パルスのエキシマ・レーザ照射法⁷⁾においても界面状態は重要因子であり、更に、a-Si 薄膜中にH原子を変調ドーピングする事により結晶成長温度を大幅に低温化(Si:1415℃→900℃)した⁸⁾。近年、青色レーザを用いた固相結晶化も注目されている⁹⁾。軟X線照射法は熱エネルギーの一部を内殻軌道電子励起、及び、クーロン斥力による原子拡散に変換する^{10,11)}。光子エネルギーを Si2p, Ge3d の軌道エネルギーに選択すると Fermi 黄金則により内殻電子が効果的に励起され、固相結晶化温度が 100-150℃低温化する。キセノン・フラッシュランプ照射法は、ランプ印加電圧を下げる事により固相結晶化が可能である。結晶化と点欠陥の関係が検討されており、Si、Ge 共に固相結晶化は原子空孔との位置交換により進行する事が明らかにされている¹²⁾。更に、Ge では凝集による粒形成を行う為、表面に光学的禁制帯を局所的に作り、電磁波の侵入を妨げ、結晶化を阻害する現象も見出されている¹³⁾。

参考文献) 1)水島, 2)斉藤, 3)浅野, 4)浦岡, 5)佐道, 6)雲見, 7)仲村, 当該シンポジウム, 2017. 7) N. Matsuo, et al. "Study of Crystal Growth Mechanism for Poly-Si Film Prepared by ELA," Jpn. J. Appl. Phys., 39, p.351, 2000. 8) A. Heya, N. Matsuo, et al. "Excimer Laser Annealing of Hydrogen Modulation Doped a-Si Film," Jpn. J. Appl. Phys., 48, p.975, 2007. 9) T. Noguchi and T. Okada, "Low-resistance phosphorus-doped Si films through blue laser diode annealing", J. Information Display, 15, p.47, 2014. 10) A. Heya, N. Matsuo, et al. "Crystallization of SixGe_{1-x} Multilayer by Soft X-ray Irradiation," Appl. Phys. Express, 6, p.065501, 2013. 11) 松尾, 他 "軟X線照射によるSi系半導体の表面ナノ改質と低温結晶化," 応用物理, 第82巻, p.390, 2013. 12) N. Matsuo, et al. "Dynamics of interstitial atoms and vacancies during the crystallization of amorphous Si and Ge Films by flash lamp annealing," Jpn. J. Appl. Phys., 2017. [in press] 13) 吉岡, 松尾, 部家, "光学バンドギャップが a-Ge 薄膜のフラッシュランプ結晶化に与える効果," 当該シンポジウム。