

スパッタリング法によって作製したアモルファス Si-Ge 薄膜の結晶化

Crystallization of sputter-deposited amorphous Si-Ge films

阪府大工¹, 九工大工², 阪大工³, [○](D)奥川将行¹, 仲村龍介¹, 沼倉 宏¹, 石丸 学², 保田英洋³

Osaka Pref. Univ.¹, Kyushu Inst. Univ.², Osaka Univ., [○](D)Masayuki Okugawa¹,
Ryusuke Nakamura¹, Hiroshi Numakura¹, Manabu Ishimaru², Hidehiro Yasuda³

E-mail: su110008@edu.osakafu-u.ac.jp

【背景】 三次元集積回路トランジスタなどに用いられる多結晶 Si, Ge および Si-Ge 薄膜は, アモルファス薄膜の結晶化により作製される. アモルファスから結晶への構造遷移過程に関する知見はその基礎として重要である. これまでの我々の研究から, スパッタリングで作製したアモルファス Ge (a-Ge) には 1~2 nm の非平衡な結晶クラスター (MRO クラスター) が含まれることがわかった[1]. MRO クラスターを含む a-Ge を等速加熱すると, Fig. 1 (a)に示すように 500°C で 100 nm 程度の不均一な粗大粒子が形成する[2]. 一方, 半年以上時効して MRO クラスターが消失し安定化した a-Ge の場合, 600°C で均一で微細なナノ結晶となる. アモルファスの構造および構造遷移過程に応じて結晶化マイクロ組織や結晶化温度が異なる. この知見を踏まえて, 本研究では, a-Si-Ge 合金および a-Si における加熱結晶化挙動を調べた.

【実験方法】 高周波スパッタリング装置を用いて, NaCl 結晶基板に厚さ 40 nm のアモルファス $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 薄膜 ($x=0, 0.2, 0.5, 0.7, 0.9$) を堆積させた. 直径 101.6 mm の Si ターゲットに 10×10 mm の Ge チップを置いて組成を調節した. 高周波電力を 50 W, 基板温度を室温, Ar 圧力を 0.7 Pa として成膜した. 基板を蒸留水に溶かして薄膜を分離し, Mo メッシュで掬い, これを透過型電子顕微鏡中でその場加熱した. なお, 試料は成膜後 1 週間以内の時効期間が短いものとした.

【結果】 a- $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ を室温から 20 K min^{-1} で加熱すると, 600°C でアモルファス母相中に部分的に 200 nm 程度の粗大粒子が出現した (Fig. 1 (b1)). そして, 750°C で母相が 10 nm 程度の均一なナノ結晶相となった (Fig. 1 (b2)). Ge が 50 at. %以上では, a- $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ と同様に粗大粒子とナノ結晶の混合組織となり, 前者の出現温度は 400~600°C, 後者は 600~750°C であった. 一方, a- $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ および a-Si 薄膜では粗大粒子は生成せず, それぞれ 750°C および 800°C で均一で微細なナノ結晶相のみが出現した (Fig. 1 (c)).

[1] M. Okugawa et al., J. Appl. Phys., **119**, 214309 (2016).

[2] M. Okugawa et al., AIP Advances, **6** (12), 125035-1 (2016).

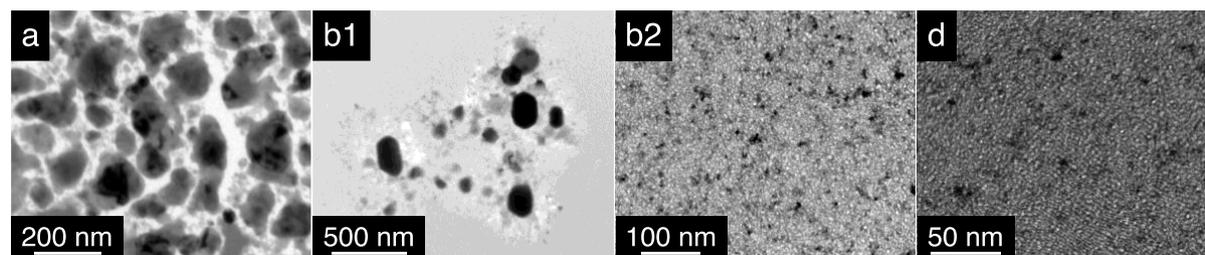


Figure 1. TEM images of crystallization microstructure of (a) a-Ge, (b1, b2) a- $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$, and (c) a-Si films, which appear at (a) 500°C, (b1) 600°C, (b2) 750°C, and (c) 800°C, respectively, at a heating rate of 20 K min^{-1} .