

電子照射によるアモルファス Ge の爆発的結晶化

Explosive crystallization of amorphous Ge induced by electron irradiation.

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 および Ge 薄膜は、アモルファス薄膜の結晶化により作製されるため、構造遷移過程に関する知見が重要となる。最近の我々の研究により、スパッタリングで作製したアモルファス Ge (a-Ge) 薄膜は室温での時効によって構造がより不規則になること、そして、それに応じて結晶化組織が変化することがわかった[1]。作製して1週間程度の a-Ge 薄膜に電子線を照射して結晶化させると 100 nm 程度の粒径・形状ともに不均一な粗大粒子が現れる。一方、数ヶ月時効した試料を結晶化させると 10 nm 程度の均一なナノ結晶組織となる。いっぽう、a-Ge[2]および a-Si[3]をレーザーアニールなどの極限条件で結晶化させると、爆発的結晶化と呼ばれる急速な結晶成長が起こることが知られている。我々の実験においても、作製直後の a-Ge 薄膜に電子線を照射し続けるとこれと同様な結晶成長が観察された。本発表では、その結果を報告し、アモルファス構造との関連性を議論する。

【実験方法】高周波スパッタリング装置を用いて a-Ge 薄膜を作製した。純度 99.99% の Ge をターゲットとし、へき開した NaCl 結晶基板の清浄面に厚さ 40 nm の薄膜を堆積させた。高周波電力を 50W、基板温度を室温、Ar 圧力を 0.7 Pa とした。基板を蒸留水に溶かして薄膜を分離し、Mo メッシュで掬った。成膜後 4 日(試料 A)と 6 ヶ月(試料 B)の a-Ge に 125 keV の電子線を照射し、結晶化をその場観察した。照射ビーム径とフラックスは、それぞれ 1.2 μm と $1.2 \times 10^{23} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ である。

【結果】試料 A に 1 秒間電子線を照射すると直径 1 μm の領域が結晶化し、Fig. 1(a)に示すような 100 nm 程度の粗大粒子(暗い部分)が形成した。同じ試料 A に 30 秒間照射すると(Fig. 1(b)), 直径 5 μm の領域が結晶化した。図中の点線の囲いは照射領域に相当し、膜は破れた。そこを起点にして周辺領域は針状の結晶が渦を巻くように結晶化が進展した。一方、試料 B に電子線を 30 秒間照射すると、照射領域が上述のようなナノ結晶組織となるのみで結晶化領域は拡大しない。このように、爆発的結晶化は成膜直後の室温時効時間が短い、すなわち規則性の高いアモルファス構造の薄膜において起こる。

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

[2] T. Takamori et al., Appl. Phys. Lett. **20**, 201 (1972).

[3] H.-D. Geiler et al., J. Appl. Phys. **59**, 3091 (1986).

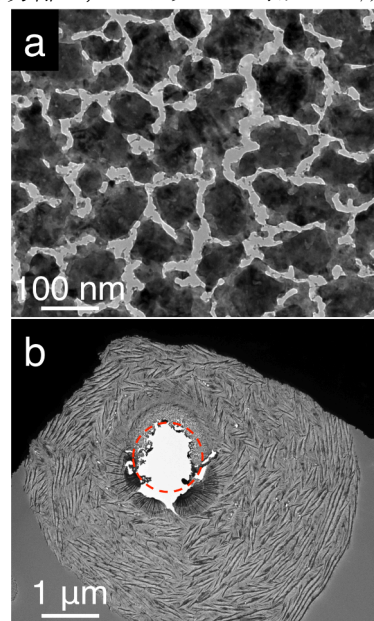


Figure 1. TEM images of crystallized regions in a-Ge film aged for 4 days. Subjected to electron irradiation at 125 kV for (a) 1 s and (b) 30 s.