

## SEM 級エネルギーの電子ビーム照射によるアモルファスゲルマニウム 薄膜の爆発的結晶化

### Explosive Crystallization of Amorphous Germanium Films by Irradiation with an Electron Beam of SEM-level Energies

大阪府立大学<sup>1</sup>, °仲村 龍介<sup>1</sup>, (M1)松元 惇<sup>1</sup>

Osaka Pref. Univ.<sup>1</sup>, °Ryusuke Nakamura<sup>1</sup>, Atsushi Matsumoto<sup>1</sup>

E-mail: nakamura@mtr.osakafu-u.ac.jp

【緒言】アモルファスゲルマニウム (a-Ge) およびその合金薄膜の低温結晶化技術が様々に研究されている。我々は、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて、室温に保持した a-Ge 薄膜に対して 100 keV 程度の電子ビームを照射すると、瞬時に広範に結晶成長する、いわゆる爆発的な結晶化が起こることを報告した [1]。これは、電子励起効果による原子結合の切断および原子変位に起因する現象である。励起効果は電子のエネルギーが低いほど効率的であることを踏まえると、走査型電子顕微鏡 (SEM) レベルの電子ビーム照射は爆発的結晶化に有効であると予想される。本稿では、1~20 keV の電子ビーム照射による a-Ge 薄膜の結晶化挙動を調べた結果を報告する。

【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。高周波電力を 50 W、基板温度を室温、Ar 圧力を 0.7~0.8 Pa とした。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。蒸留水中で基板から分離した薄膜を銅グリッドにすくい、試料とした。成膜後 2 週以内の試料 (試料 A) と 2 年経過した試料 (試料 B) に対して、電子プローブマイクロアナライザーを用いて、1~20 keV の電子ビームを照射した。照射領域のマイクロ組織および構造を SEM および TEM で観察した。

【実験方法】Fig. 1 は試料 A に対して 3 keV の電子ビームを照射した後の SEM 像である。電子フラックスは  $3.0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  である。点線の囲いが  $8 \times 8 \mu\text{m}^2$  の照射領域 (電子ビームの走査域) である。その近傍の直径 20  $\mu\text{m}$  付近では放射状の様相が、その周囲の直径 100  $\mu\text{m}$  の範囲までは渦巻状の様相が見られる。多数報告される爆発的結晶化の形態的な特徴と一致する。2~20 keV の電子ビームの照射により爆発的結晶化は起きた。爆発的結晶化に要する電子フラックスの閾値は  $10^{15} \sim 10^{16} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  の範囲であり、3 keV で最低となった。これらの値は、100 keV での閾値よりも 5 桁ほど低く、SEM 級の電子ビームにより効率的に電子励起が起きている。

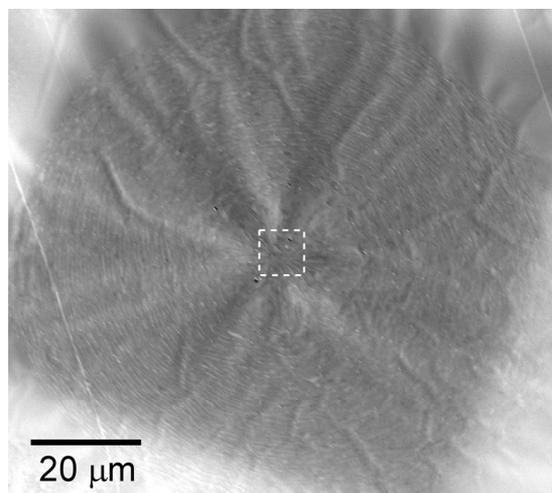


Fig. 1. 3 keV の電子ビームを照射した後の a-Ge 薄膜の SEM 像。電子フラックスは  $3.0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。点線の囲いは照射領域 ( $8 \times 8 \mu\text{m}^2$ ) を示す。

[1] M. Okugawa et al., Jpn. J. Appl. Phys., 58, 045501 (2019).