

# 大気圧マイクロ熱プラズマジェット照射による a-Ge 膜の Leading Wave Crystallization

## Leading Wave Crystallization of Amorphous Germanium Film

### Induced by Atmospheric Pressure Micro-Thermal-Plasma-Jet Irradiation

広大院先端研 °上倉 敬弘, 林 将平, 森崎 誠司, 藤田 悠二, 赤澤 宗樹, 東 清一郎

Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University

°T. Kamikura, S. Hayashi, S. Morisaki, Y. Fujita, M. Akazawa, and S. Higashi

E-mail: semicon@hiroshima-u.ac.jp

序>我々は、大気圧マイクロ熱プラズマジェット( $\mu$ -TPJ)照射による石英基板上アモルファスシリコン(a-Si)膜の結晶化において、固相結晶化(SPC)、Leading Wave Crystallization(LWC)、高速横方向結晶化(HSLC)の3種類の結晶化が誘起されることを報告した[1]。更に、同じIV族半導体であるアモルファスゲルマニウム(a-Ge)膜へ $\mu$ -TPJ照射によりLWCを誘起し、結晶化率 $\sim$ 100%の高結晶性Ge膜が得られた[2]。本研究では、 $\mu$ -TPJ照射によるa-Ge膜のLWCについてa-Si膜のLWCと比較することで詳しく調査した。

実験>石英基板上にプラズマ化学気相堆積法により100 nmのa-Ge膜を堆積した。大気圧下においてArガス流量1.0 L/min、投入電力0.98 kW、噴出孔径600  $\mu$ mより発生した $\mu$ -TPJ前面2.0 mmにおいて基板を速度( $v$ )1500 ~ 2400 mm/sで掃引することで結晶化を行った。この時、光学系及び高速度カメラをリニアステージ上に設置し、試料と一体で走査することで $\mu$ -TPJ照射中のGe膜を撮影速度( $R_f$ )8850 ~ 165000 フレーム/秒(fps)において直接観察した。結晶化後のGe膜は走査型電子顕微鏡(SEM)、電子後方散乱回折(EBSD)法及び顕微ラマン散乱分光法により評価した。

結果及び考察> $\mu$ -TPJ照射後のGe膜の光学顕微鏡像(透過)をFig. 1に示す。間欠的に誘起されるLWCの特徴である約150  $\mu$ m間隔の波状の模様が見られる。a-Si膜のLWCにおいてはアモルファスから直接誘起される場合とSPC後に誘起される2種類のLWCが存在する。一方、高速度カメラによる直接観察及び結晶化後の顕微ラマン散乱分光スペクトルの測定結果からGeにおいてはアモルファス相から直接誘起されるLWCのみが誘起されることが分かった。融点の低いGeの急速熱処理においては固相での結晶核形成よりも先に融液層が形成され潜熱の放出を駆動力とするLWCが優勢になるためと考えられる。LWC後のGe膜にSeccoエッチングを行いSEMにより観察したところ、1つの波の中にも結晶粒径の大きく異なる2つの領域があることが分かった(Fig. 2)。SEM像及びEBSDパターンから、LWC起点付近で(Fig. 2左側)は微結晶領域が形成され、LWC進行に伴い結晶粒径は大きくなり(Fig. 2右側)、幅1  $\mu$ m x 長さ20  $\mu$ m程度の結晶が形成されていることが分かった。同様の現象はSiの場合にも観察されることから同様のメカニズムでLWCが進行していると考えられるが、結晶成長方向における結晶面方位を調べるとSiでは(110)面に優先配向しているのに対して、Ge膜においては(100)面へ優先配向する顕著な差異が認められた。高速度カメラによる観察結果からSiのLWCにおける結晶成長速度は12 m/s程度であるのに対して、Geではフレームレートの制限から見積もられる14 m/sを越えるものと推測された。Siと同様にGeにおいて成長速度は(100) > (110) > (111)であるため[3,4]結晶成長速度の違いにより異なる面方位選択性が発現したと示唆される。

結論>a-Ge膜のLWCはアモルファスから直接誘起されることで14 m/s以上の高速で進行し、成長方向において(100)面に優先配向した結晶を形成することが明らかになった。

謝辞>本研究の一部は、広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所の施設を用い、最先端・次世代研究開発支援プログラム(NEXTプログラム)の支援の下に行われた。

[1] S. Hayashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101** (2012) 172111.

[2] 上倉他, 第73回応用物理学会関係連合講演会 (2012) 13-145 [12a-F5-8].

[3] A. G. Cullis *et al.*, Appl. Phys. Lett. **42** (1983) 875.

[4] A. G. Cullis *et al.*, J. Cryst. Growth. **68** (1984) 624.

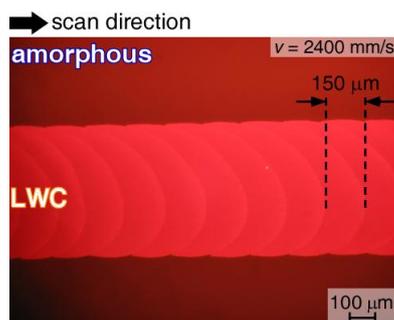


Fig. 1. Optical microscope image of LWC-Ge film.

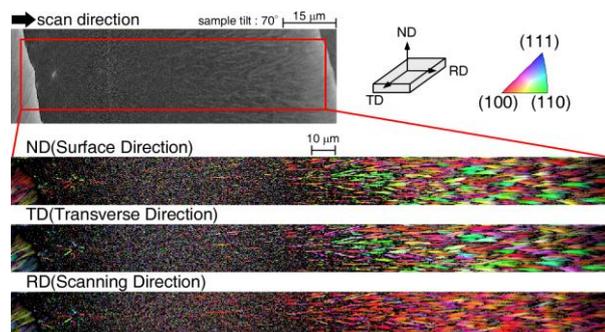


Fig. 2. SEM image and EBSD patterns of LWC-Ge film after Secco etching.