

Ag(111)薄膜上でのゲルマネン偏析のその場 LEEM 観察

In-situ LEEM observation of germanene segregation on Ag(111) thin films

関西学院大¹, 名大², 島根大³

日比野 浩樹¹, 大田 晃生², 影島 博之³, 柚原 淳司²

¹Kwansei Gakuin Univ., ²Nagoya Univ., ³Shimane Univ.

°Hiroki Hibino¹, Akio Ohta², Hiroyuki Kageshima³, and Junji Yuhara²

E-mail: hibino.hiroki@kwansei.ac.jp

ゲルマネンは Ge 原子が蜂の巣格子に配列した原子層物質で、バンドギャップの存在と高いキャリア移動度に加え、量子スピンホール効果などの特異な物性が期待されることから、エレクトロニクス分野などへの応用が期待されている。我々はこれまでに、Ge(111)基板上的 Ag(111)薄膜を加熱し、Ge を Ag 表面に偏析させることで高い規則性をもつゲルマネンを成長できることを示してきた[1,2]。しかし、その詳細な成長過程は未解明であった。そこで、本研究では、Ag 薄膜表面への Ge 偏析過程を低エネルギー電子顕微鏡(LEEM)によるその場観察から調べたので報告する。

膜厚 95 nm の Ag(111)薄膜を蒸着した Ge(111)試料を、Ar⁺スパッタ後に様々な温度で加熱し、その際の表面構造変化を LEEM と低エネルギー電子回折(LEED)によりその場観察した。

Fig. 1(a)にスパッタ・アニール後の Ag(111)/Ge(111)表面の Ag の一次回折点を用いた暗視野 LEEM 像を示す。LEEM 像には明るさの異なる二種類の領域が観察され、Ag 薄膜が面内に 180°回転の関係にある二種類の結晶粒から構成されることがわかる。Fig. 1(b)は同じ領域を約 230°C で加熱中に測定した明視野 LEEM 像である。結晶粒界近傍に観察される暗い領域は Ag の $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 構造に対応し、Ge が結晶粒界を優先的に拡散し、その付近の表面に Ag₂Ge 合金相を形成したと考えられる。Ag₂Ge 合金相が表面を覆った後、さらに温度を上昇させると、ゲルマネンのドメインが表面に核発生し、その後表面を覆いつくした。Fig. 2(a)は別の試料で合金相とゲルマネンの共存を観察した明視野 LEEM 像で、明るい領域がゲルマネンに対応する。Fig. 2(b)の制限視野 LEED パターンには矢印で示される位置に合金相の回折点が観察され、両者の共存が確認される。ゲルマネンのドメインは Ag 結晶粒内にも高密度に発生しており、結晶粒界での Ge 拡散に律速されないことがわかる。

[1] J. Yuhara *et al.*, ACS Nano **12**, 11632 (2018).

[2] S. Mizuno *et al.*, Appl. Phys. Express **14**, 125501 (2021).

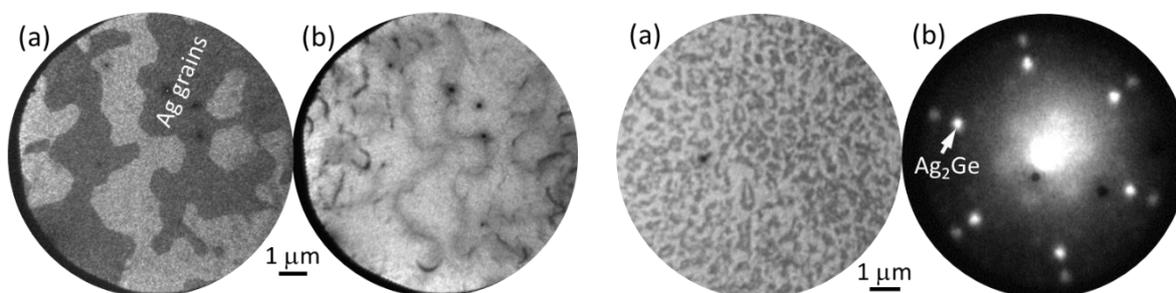


Fig.1: (a) Dark-field LEEM image of Ag(111)/Ge(111) after Ar⁺ ion sputtering. (b) Bright-field LEEM image during annealing at about 230°C. The electron beam energies were (a) 27.1 and (b) 17.8 eV.

Fig.2: (a) Bright-field LEEM image and (b) selected-area LEED pattern of Ag(111)/Ge(111) during annealing at about 410°C. The electron beam energies were (a) 1.8 and (b) 14.5 eV.