

## 緒言

Ge<sup>(1)</sup>、GaSb<sup>(2)</sup>、InSb<sup>(3)</sup>に対してイオンビーム照射を行うことで、基板表面にナノ構造を作製することができる。これらの構造形成メカニズムは点欠陥の自己組織化及びスパッタリングによるものである。上記の材料においては点欠陥自己組織化の寄与が大きく、その構造形成を理解するためには、点欠陥の移動について調べることが不可欠である。本研究では 1) スポット間の相互作用及び 2) スポットの構造形態について研究を行った。加えて 3) Vacancy 生成パラメータを変えて構造変化を確認した。

- 1) 直径数十 nm 程度の極微小な領域に対してイオンビーム照射を行い、隣り合った領域間での相互作用を検討することで、点欠陥の移動距離及び方向を推測することを試みた。
- 2) 全長 5  $\mu\text{m}$  程度の極微小な領域に対してイオンビーム照射を連続して行い、線状の照射領域を 2 本作製した。これら 2 つの領域間における相互作用を検討することで、点欠陥の移動距離及び方向を推測することを試みた。
- 3) 直径数十 nm 程度の極微小な領域に対してイオンビーム照射を行い、異なる加速電圧においてナノ構造を作製した。Vacancy 生成数などの構造形成に関わるパラメータに着目し、加速電圧に依らず同種の構造が形成される照射条件の検討を試みた。

## 実験方法

サンプルとして単結晶 Ge を用いた。基板表面に対してイオンビーム照射を行うことでナノ構造を作製した。照射には FIB(FEI 社製 QUANTA 3D200i)を用いた。イオン種は Ga<sup>+</sup>、加速電圧は 30 kV である。

- 1) 照射は一つのスポットに対して一回のみ行われた。スポットの間隔は 150–400 nm、スポット径は 17.0–44.2 nm、照射電流値は 31.3 pA–1.15 nA、照射量は  $1 \times 10^{21}$ – $4 \times 10^{21}$  ions/m<sup>2</sup> である。
- 2) 照射は一つの線に対して 3829 回行われた。ビーム径は 17.0 nm、長さは 5  $\mu\text{m}$ 、Z サイズは 1  $\mu\text{m}$ 、デュエルタイムは 1  $\mu\text{s}$ 、オーバーラップは 94.1%、照射電流値は 31.6 pA である。
- 3) 照射は一つのスポットに対して一回のみ行われた。スポットの間隔は 500 nm、スポット径は 35.1–66.8 nm、照射電流値は 526.8 pA–3.4 nA、照射量は  $1 \times 10^{21}$ – $3.7 \times 10^{21}$  ions/m<sup>2</sup> である。

構造評価には SEM(HITACHI 社製 SU8020)及び TEM(JEOL 社製 JEM 2100F)を用い、表面及び断面観察を行った。

## 結果と考察

照射条件によって、サンプル表面には異なる形態の構造が形成された。これらはスパッタリングの寄与が大きいものと、点欠陥自己組織化の寄与が大きいものに大別される。点欠陥自己組織化はポーラス構造や網目状の構造を与える。今回得られたデータでは 1) スポット間にもポーラス構造が生じており、スポット間における相互作用の存在が示唆される。また、スポット間のポーラス構造は照射量の増大に従って出現頻度・サイズの両方が増大した。スポット間隔の減少も同様の傾向を与える。2) ラインの内側と外側で生じた構造が異なっており、ライン間においても相互作用の存在が示唆される。また、内側のポーラス構造はラインの間隔を狭めるに従って、出現頻度・サイズの両方が増大した。以上のことから、照射領域間では点欠陥の移動が起り、領域間の点欠陥濃度が上昇することで構造形成が誘起されると考えられる。3) ビーム径を可能な限り揃えた結果、類似性が見られる構造が観察された。

## 文献

- (1) H. Wilson, J. Appl. Phys. **53**, 1698-1705 (1982).
- (2) H. Tsuchida, N. Nitta, Y. Yanagida, Y. Okumura, and R. Murase, J. Appl. Phys. **123**, 161548 (2018).
- (3) S. M. Kluth, D. Llewellyn, and M. C. Ridgway, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **242**, 640-642 (2006).