

転位発生源となるシリコン非対称傾角粒界の形成過程

Formation of asymmetric silicon tilt boundaries acting as dislocation sources

東北大金研¹, 九大先導研², 阪公大院工³, 名大院工⁴, 九大総合理工⁵ °大野 裕¹, 斉藤 光²,
梁 剣波³, 横井 達矢⁴, 松永 克志⁴, 重川 直輝³, 井上 耕治¹, 永井 康介¹, 波多 聰⁵
IMR, Tohoku Univ.¹, OMCE, Kyushu Univ.², GSE, OSU³, GSE, Nagoya Univ.⁴, IGSES, Kyushu Univ.⁵,
°Y. Ohno¹, H. Saito², L. Jianbo³, T. Yokoi⁴, K. Matsunaga⁴, N. Shigekawa³, K. Inoue¹, Y. Nagai¹, S. Hata⁵
E-mail: yutaka.ohno.e6@tohoku.ac.jp

転位密度を抑えた機能的なシリコン多結晶組織を形成するには、転位の発生過程とその起源の理解が必要である。非対称傾角粒界が効果的な転位発生源として働くことを報告してきたが[1, 2]、それらは周期が 2~4nm の巨大な単位胞で構成されており、形成の過程で大きな原子変位を伴う再構成が生じていることを示唆する。この再構成は金属結晶やイオン結晶では観測されず、共有結合結晶に固有の現象と考えられる。再構成の発現機構の理解を深めるため、シリコンで高頻度に形成される典型的な非対称傾角粒界である $\Sigma 9\{111\}/\{115\}$ 粒界の形成過程その場観察を試みた。

表面活性化接合法（超高真空中でのアルゴン原子の照射により基板表面に活性層（シリコンの場合はアモルファス層）を導入して、基板同士を押し付けて化学結合を形成）で 2 枚のシリコンウエハを接合すると、接合面に厚さ 5nm 程度のアモルファス層が形成できる。 $\{111\}$ 基板と $\{115\}$ 基板を接合して界面がアモルファスの $\Sigma 9\{111\}/\{115\}$ 粒界を作成し、加熱によって再結晶化させて結晶性の界面が形成される過程を原子分解能高温電子顕微鏡法により観察した。

接合法で作成した $\text{Si}\{111\}/\{115\}$ 界面を 1000°C 以上の高温で加熱すると、キャスト成長法で形成される非対称傾角粒界[3, 4]と類似な再構成構造が形成された（図 1）。その場加熱実験によって、再結晶化は各基板の結晶/アモルファス界面より進行し、固相エピタキシャル成長により結晶化が進むことが示された。約 600°C の低温では各基板の原子配列を保持したまま再結晶化した準安定な界面構造（界面エネルギー $E_{\text{GB}} \sim 0.6 \text{ J/m}^2$ ）が形成され、再構成構造は形成されなかった。より高温で大きな原子変位を伴うボンドスイッチが生じ、安定な再構成構造に変化すると思われる。

本研究は、JST/CREST (#JPMJCR17J1)、“GIMRT Program” (#202012- IRKMA-0412)の支援による。

[1] 大野裕, *et al.*, 第 83 回秋季応用物理学会 (2022), 20a-C202-10.

[2] Y. Ohno, *et al.*, MRS 2022 Fall Meeting, EN06. 09. 04.

[3] Y. Ohno, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **110** (2017) 062105.

[4] A. Stoffers, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **115** (2015) 235502.

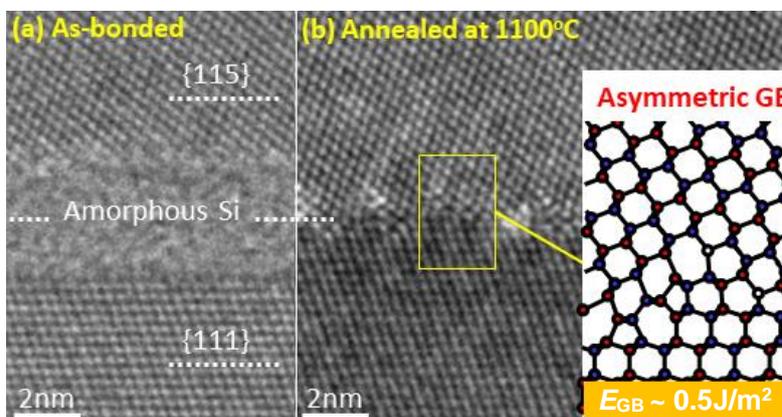


Fig. 1 $\text{Si}\{111\}/\{115\}$ bonding interfaces (a) before and (b) after annealing.