

機能性酸化物自己組織化3次元ナノ構造体の完全位置制御結晶成長

Fully position-controlled crystal growth of self-assembled 3D nanostructures of functional oxides

○岡田 浩一<sup>1</sup>, 田中 秀和<sup>1</sup>, 佐藤 和則<sup>2</sup>,

K. Okada, H. Tanaka, and K. Sato

大阪大学産業科学研究所<sup>1</sup>, 大阪大学基礎工学部<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, Ibaraki 567-0047

<sup>2</sup>Graduate School of Engineering Science, Osaka University, Toyonaka 560-8531

遷移金属酸化物は、室温より遥かに高い転移温度を有する強磁性半導体 $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$ や巨大自発電気分極を有する強誘電体 $\text{BiFeO}_3$ など、魅力的な物性を示す材料群である。そのような遷移金属酸化物における自己組織化（ナノ相分離）結晶成長では、一度に大量のナノヘテロ界面やナノ構造体を容易に形成させることができるが、その制御性に難点を有する。本研究では、ボトムアッププロセスのナノ相分離結晶成長とトップダウンプロセスのナノインプリントリソグラフィとを融合し高度化させ、結晶成長位置・サイズ・形状を任意に制御した酸化物3次元ナノ超構造とそれによる巨大応答物性の創出を目指している。

ナノ相分離材料として強磁性半導体 $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$ /強誘電体 $\text{BiFeO}_3$ <sup>1</sup>および強磁性金属 $\text{Fe}$ /反強磁性絶縁体 $\text{LaSrFeO}_4$ <sup>2</sup>に着目した。基板と成長物質との界面エネルギーを考慮し、ナノインプリントリソグラフィを用いて種結晶アレイを形成した基板上においてナノ相分離成長させることにより、結晶成長位置を制御した。

$(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$  種結晶を種付けした基板による $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4/\text{BiFeO}_3$ 自己組織化結晶成長により、 $(\text{Fe,Zn})_3\text{O}_4$ ナノピラーのみが選択的に種結晶上にホモエピタキシャル成長し、さらにそのナノピラーの周囲にのみ $\text{BiFeO}_3$ がヘテロエピタキシャル成長し、サラウンディングゲート強磁性半導体ナノ構造を一気に形成させることに成功した。

$\text{Fe}/\text{LaSrFeO}_4$ 自己組織化ナノ構造体においても $\text{Fe}$ 種結晶を配置した基板を用いて結晶成長位置制御を行ったところ、適切な種結晶間隔にすることにより相分離強磁性 $\text{Fe}$ ナノピラーは全て種結晶上に選択的に成長した。磁気力顕微鏡観察により位置制御 $\text{Fe}$ ナノピラーは単磁区構造で面直方向の磁化を持つことを明らかにした。種結晶配置基板上における自己組織化ナノ構造形成により、磁気メモリ構造を有する完全位置制御 $\text{Fe}/\text{LaSrFeO}_4$ ナノ構造体の作製に成功した。

異なる材料系で同様に成長位置制御が認められたため、酸化物ナノ相分離成長に対し種結晶配置基板による成長位置制御は普遍的手法と考えられる。種結晶配置による位置制御性を理解するため、界面エネルギーの差によって原子拡散が制限される効果を仮定し拡散方程式に基づいた臨界核生成モデルによる解析を行ったので、それについても報告する予定である。

[1] T. Sakamoto, A. N. Hattori, T. Kanki, K. Hattori, H. Daimon, H. Akinaga and H. Tanaka, Jpn. J. Appl. Phys. In press

[2] L. Mohaddes-Ardabili, H. Zheng, S. B. Ogale, B. Hannoyer, W. Tian, J. Wang, S. E. Lofland, S. R. Shinde, T. Zhao, Y. Jia, L. Salamanca-Riba, D. G. Schlom, M. Wuttig, and R. Ramesh, Nature Mater. 3, 533 (2004).