

準安定相および非平衡系材料の合成と新規機能開拓

Synthesis of meta-stable materials and their applications

京大院工 [○]金子 健太郎, 藤田 静雄

Kyoto Univ.¹, [○]Kentaro Kaneko¹ and Shizuo Fujita¹

E-mail: ken-kaneko@kuee.kyoto-u.ac.jp

準安定相、非平衡系、高エントロピーと呼ばれる材料群には、まだ十分に解明されていない基礎物性とその多様な応用先が眠っている。一方で、これらの材料群は主に安定相結晶に高温・高圧をかけて合成されており、手軽に合成する事が困難であった。一方で、準安定相結晶の合成手法として晶析工学に基づく溶液法が大変有効であるが、物性評価および材料探索のためにはMBEやMOCVD、PLDのように、結晶成長パラメータを多様に制御できる製膜手法が必要である。

準安定相を低エネルギーで合成し、かつ精密な結晶制御が可能な手法として、ミスト CVD 法は有用である。例えば、準安定相の酸化ガリウム(α -Ga₂O₃)は、安定相である β -Ga₂O₃結晶に 1000 °C、4.4 万気圧の高温高圧をかける事で微小結晶が合成できるが[1]、ミスト CVD 法では 400~600 °C、常圧でサファイア基板上に高品質な結晶が成長可能である[2]。同法を用いる事で、このように低エネルギーでの準安定相作製が可能な理由として、基板からの機械的応力による薄膜結晶へのロッキングの効果[3]、水を溶媒に用いるミスト CVD 法独自の基板表面での反応機構[4]、などが報告されているが、いずれにしても同手法では、成長する薄膜結晶は下地結晶の結晶構造に強く影響される事が判明している。

例えば、ほぼ同じ成長条件であっても下地結晶を選択する事で薄膜の結晶構造を制御する事が出来る。図 1 は、YSZ(111)および α -Al₂O₃ (0001) 基板上において、それぞれ 600 °C および 500 °C で酸化ガリウム結晶を成長させた時の XRD プロファイルである。成長温度 500 °C では YSZ(111) 上の Ga₂O₃ はアモルファスであったが、600 °C では 201 配向した β -Ga₂O₃ 薄膜が得られた。一方で、 α -Al₂O₃ (0001) 基板上では α -Ga₂O₃ が成長した。これは YSZ(111) と β -Ga₂O₃ (201) の O 原子配置が近く、また α -Al₂O₃ と α -Ga₂O₃ が同じ結晶構造であるため、それぞれ基板結晶から大きな機械的応力が薄膜にはたらき、結晶構造が制御出来た事を示す。このようにミスト CVD 法を用いる事で、これまで結晶成長が困難であった準安定相材料を自在に合成できる可能性があり、準安定相材料の物性探索において同法は有効な成長手法となる。

[1] J. P. Remeika *et al*, APL, **8**,87 (1966).

[2] D. Shinohara *et al*, JJAP, **47**, 7311(2008).

[3] 金子健太郎, 他 材料 **68**, 733 (2019).

[4] K. Uno *et al*, APL, **117**, 052106(2020).

[5] K. Kaneko *et al*, PSS(c), **10**,1596 (2013).

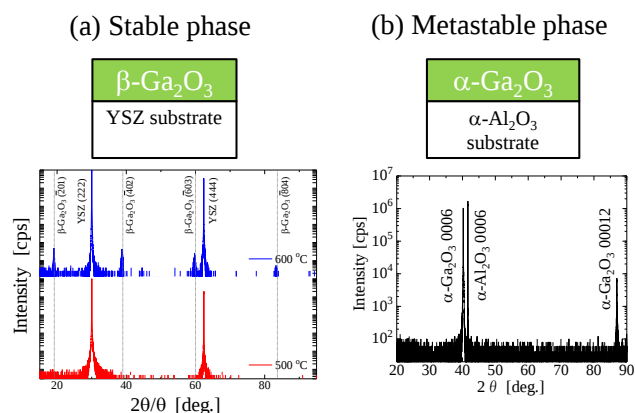


Fig.1 XRD profiles of stable phase β -Ga₂O₃ on YSZ (111) substrate (a) and metastable phase α -Ga₂O₃ on α -Al₂O₃ (0001) substrate (b)[3][5].