

IV 族材料薄膜の金属誘起固相成長

Metal-induced solid-phase crystallization of group IV material thin films

◦都甲薫

(筑波大院 数理物質)

Kaoru Toko

(Institute of Applied Physics, University of Tsukuba)

E-mail: toko@bk.tsukuba.ac.jp

非晶質状態の IV 族材料薄膜 (Si, Ge, C 等) の固相成長において、金属薄膜を触媒として利用することで、結晶化に必要な活性化エネルギーを大きく低減することができる。この現象を活用するのが「金属誘起成長法」であり、耐熱温度の低い基板上において IV 族材料薄膜を低温合成する手法として研究されてきた。本法の問題点として容易に想像されるのは、結晶化後の薄膜中における残留金属汚染である。したがって、いかに金属汚染を減らしつつ高品質な結晶薄膜を形成するかが課題となってきた。

金属薄膜の領域を制限 (パターニング) [1,2]、あるいは金属を極微量化 [3,4] することによって金属汚染の少ない結晶化領域をつくりだす「金属誘起横方向成長法」が提案されてきた。本法ではデバイスに応用可能な領域が制限されるものの、結晶粒界の方向制御や結晶粒の位置制御が可能となるため、高性能な薄膜トランジスタも実証されている [5]。

一方、金属と IV 族材料を積層して熱処理すると、各層の位置が交換する現象が知られている [6]。この現象は「層交換」と呼ばれ、古くから Si 薄膜の低温結晶化法として研究されてきた [7]。本法が他の金属誘起成長法と異なる点は、結晶薄膜中の金属含有量が固溶限によって制限される点である。固溶限の小さな金属を用いることで金属汚染の少ない結晶層が得られ [8]、逆に固溶限の大きな III 族または V 族金属を用いることで結晶層への高濃度な不純物ドーピングが可能となる [9,10]。また、層交換の諸条件を制御することにより、大粒径成長 [11,12] や結晶方位制御 [13,14] が可能となる。このような特徴を利用して、太陽電池 [15,16]、トランジスタ [17,18]、熱電素子 [19]、二次電池 [20] などへの応用が研究されている。

講演では、IV 族材料薄膜の金属誘起固相成長を反応様態に応じて整理した後、層交換法に焦点をあて、そのメカニズムから最近のデバイス応用研究までを包括的に紹介する。

[1] M. Miyasaka *et al.*, APL **80**, 944 (2002).

[2] H. Kanno *et al.*, APL **89**, 182120 (2006).

[3] K. Makihira and T. Asano, APL **76**, 3774 (2000).

[4] K. Toko *et al.*, APL **91**, 042111 (2007).

[5] K. Makihira *et al.*, JJAP **42**, 1983 (2003).

[6] K. Toko and T. Suemasu, JPD: AP **53**, 373002 (2020).

[7] O. Nast *et al.*, APL **73**, 3214 (1998).

[8] J.-H. Park *et al.*, APL **104**, 252110 (2014).

[9] K. Kusano *et al.*, ACS Appl.Ene.Mat. **1**, 5280 (2018).

[10] H. Gao and T. Sadoh, APL **117**, 172102 (2020).

[11] J. Chen *et al.*, CrystEngComm **19**, 2305 (2017).

[12] K. Kasahara *et al.*, APL **107**, 142102 (2015).

[13] M. Kurosawa *et al.*, APL **95**, 132103 (2009).

[14] M. Jung *et al.*, APEX **3**, 095803 (2010).

[15] C. Jaeger *et al.*, JJAP **49**, 112301 (2010).

[16] T. Nishida *et al.*, APL **114**, 142103 (2019).

[17] H. Higashi *et al.*, APL **111**, 222105 (2017).

[18] T. Suzuki *et al.*, APEX **10**, 095502 (2017).

[19] M. Tsuji *et al.*, APL **117**, 162103 (2020).

[20] H. Murata *et al.*, ACS Appl.Ene.Mat. **3**, 8410 (2020).