

# (100) 配向 Grain-Boundary-Free Si 薄膜のレーザ結晶化機構

## Growth Kinetics of the Laser Crystallized (100)-Oriented Grain-Boundary-Free Si Film

Sasaki Consulting<sup>1</sup>、奈良先端大<sup>2</sup>

○佐々木 伸夫<sup>1,2</sup>、(D)Muhammad Arif<sup>2</sup>、(M)高山 智之<sup>2</sup>、浦岡 行治<sup>2</sup>

Sasaki Consulting<sup>1</sup> and NAIST<sup>2</sup>

○Nobuo Sasaki<sup>1,2</sup>, Muhammad Arif<sup>2</sup>, Satoshi Takayama<sup>2</sup>, and Yukiharu Uraoka<sup>2</sup>,

E-mail: [sassasaki@yahoo.co.jp](mailto:sassasaki@yahoo.co.jp)

**(背景と課題)** 絶縁膜上の融液からのレーザ結晶化は、室温基板上での高移動度 Si-TFT の実現を可能とし、monolithic 三次元 IC や、system FPD への応用が期待される。パルス ELA レーザ結晶化に対し CW(Continuous Wave)レーザ結晶化では、より高移動度の TFT が容易に実現できる[1]。単結晶に近い膜を得るには結晶粒界制御よりも、結晶方位制御が一層重要である。しかし、従来の CW レーザラテラル結晶化(CLC)では、結晶粒が約  $3\ \mu\text{m} \times 20\ \mu\text{m}$  と小さいだけでなく、結晶粒方位の制御が不能だった[1]。反射防止膜法[2]や beam shaping 法[3]では、狭い  $4 \sim 10\ \mu\text{m}$  幅のストライプ状ながら、スキャン中央から両端部への温度分布制御で、粒界を両端へ掃き出した結晶が得られたが、方位が変動した[2, 3]。結晶粒界が存在しなくても  $100\ \mu\text{m}$  のスキャンで連続的な方位変化が見られている。また、これらの方法は原理的に結晶化幅の拡大が困難である。一方、重ね CW レーザスキャンでは、3～5 回の重ねで(100)優先配向が得られるが、ランダムな結晶粒界の残留が見られる[4-6]。我々は、(100)配向を持ち、結晶粒界を含まない領域を拡大するには、時間的に極めて安定なレーザを用い、beam を長軸方向に極めて一様にすれば、むしろ単純な線状 beam による 1 回スキャンが適していることを見出した。この技術で、熔融石英上[5, 7-10]、およびガラス上[11]で、(100)に配向した無粒界薄膜の成長に成功し、ポリイミド膜上でも(100)成長に成功した[12]。試料表面垂直方向およびスキャン方向に $\langle 100 \rangle$ 方位を保ちつつ、 $100 \sim 200\ \mu\text{m}$  幅で、 $1\text{mm}$  以上に、結晶粒界を含まない巨大結晶粒をスキャンが続く限り連続して成長させることができた[10]。

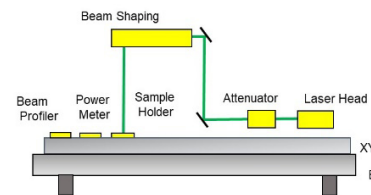


Fig. 1: Schematic View of the Laser Crystallization System

これらの結晶成長 kinetics を議論する。なお、高パワー域でしばしば観察される  $\{211\}$  結晶粒は、Si 結晶が成長した後での deformation twinning が原因なので[9]、ここでは触れない。

**(モデル)** 粒状結晶からスキャン方向に $\langle 100 \rangle$ である結晶への相転移、およびさらにパワーを上げたときのスキャン方向結晶面の $\langle 100 \rangle$ から $\langle 110 \rangle$ への変化を、等温度面の傾きから統一的に説明する。固液界面は界面エネルギーが等方的と考えれば平坦面で近似できる。固液界面に対して、等温度面が傾いているときには、固液界面を等温度面と平行にしようとする偶力が働き[8]、固液界面は等温度面と常に平行になろうとする。一方、結晶異方性のため固液界面は原子層レベルでは、 $\{111\}$  ファセット構造を持つ。この $\{111\}$  ファセット構造の幾何学的変化によりファセットを持つ固液界面の平均の傾きは、変化し得る。等方結晶の温度分布モデルによる等温度面の傾きのパワー依存性と、ファセット構造の変化による固液界面の平均の傾きの変化を組み合わせることで、上記の面内結晶方位変化のパワー依存性が説明される。

### (参考文献)

- [1] A. Hara et al., Japan. J. Appl. Phys., 43, 1269 (2004).
- [2] K. Sugahara et al., J. Appl. Phys., 62, 4178 (1987).
- [3] W. Yeh et al., Japan. J. Appl. Phys., 59, 071008 (2020).
- [4] P. C. van der Wilt et al., Proc. SPIE, 6106, 61060B (2006).
- [5] N. Sasaki et al., SID (San Francisco, May 22-27, 2016) Dig. Tech. Papers, p.1317 (2016).
- [6] T. T. Nguyen et al., Appl. Phys. Express, 10, 056501 (2017).
- [7] N. Sasaki et al., Thin Solid Films, 631, p.112 (2017).
- [8] N. Sasaki et al., Appl. Phys. Express, 12, 055508 (2019).
- [9] N. Sasaki et al., Japan. J. Appl. Physics, 58, SBBJ02 (2019).
- [10] M. Arif et al., Thin Solid Films, 708, 138127 (2020).
- [11] N. Sasaki et al., IEEE S3S Conference (San Jose, Oct. 14-17, 2019) Paper 6.02.
- [12] N. Sasaki et al., J. Electronic Materials, 50, 2974 (2021).