

Summary of Doctoral Thesis

Title of Doctoral Thesis: The growth of an extended (100)-oriented grain-boundary free silicon film on insulators by continuous wave laser crystallization. 連続発振レーザー結晶化による絶縁体上の無粒界 (100) 配向シリコン薄膜の持続成長

Name: Muhammad Arif Bin Razali

Summary of Doctoral Thesis:

Research on growing a silicon crystal thin film on an amorphous insulating film substrate without using a seed crystal has been widely conducted. In the 1990s, pulsed laser crystallization of amorphous Si on a glass substrate was studied, and a polysilicon film consisting of crystal grains of $\sim 0.3\text{-}0.8 \mu\text{m}$ ϕ was put into practical use for LCDs. If it is possible to significantly expand the crystal grains and remove the crystal grain boundaries in all the transistor (FET) active regions in the substrate and at the same time control the crystal orientation, the FET mobility will be dramatically improved and isotropic FET characteristics are expected.

Candidates use a linear beam with excellent long-axis uniformity to create a continuous, (100) -oriented, grain-free stripe with a width of 100-200 μm and a length of 10,000 μm or more. It was experimentally demonstrated that the crystal can grow with good reproducibility with only one simple scan. Laser scanning is very stable and agglomeration, which has inhibited crystallization in previous studies, is also suppressed. The length of region with (100) orientation with no grain boundaries is determined by the size of the experimental sample, and it is considered that the growth of this crystal region will continue while maintaining the orientation as long as the scan continues.

In order to see the effect of various process conditions on this crystallization, analysis by Ellipsometry, stylus profiler, visible / ultraviolet spectrophotometer, micro-Raman spectrophotometer, AFM, SIMS, TEM, SEM, and especially electron back scatter diffraction (By making the best use of grain boundary and crystal orientation evaluation by EBSD), the influence of cap, the influence of scanning speed, the influence of silicon

film thickness, the influence of substrates such as quartz, glass, and polyimide, and the influence of holders that hold the substrate. Surveying the effects, it was clarified that the growth of grain-free crystals oriented at (100) always occurs near the critical laser power that causes the phase transition from polygonal to lateral.

A prototype FET was fabricated on this crystallized film, and it was confirmed that it has a large mobility that is 40% higher than the conventional one and an isotropic FET characteristic that does not depend on the scanning direction. In the future, this technology is expected to be applied to 3D ICs and system on glass.

名前	Muhammad Arif Bin Razali
----	--------------------------

(論文審査結果の要旨)

種結晶を使わないで、アモルファス絶縁膜基板上にシリコン結晶薄膜を成長させる研究が広く行われている。1990年代には、ガラス基板上アモルファス Si のパルスレーザ結晶化が研究され、 $\sim 0.3\text{-}0.8\ \mu\text{m}$ ϕ の結晶粒からなるポリシリコン膜が LCD へ実用化された。結晶粒の大幅な拡大を進め、基板内のすべてのトランジスタ(FET)活性領域で、結晶粒界を除去すると同時に、結晶方位の制御ができれば、FET 移動度の飛躍的向上と、等方的な FET 特性が期待される。

候補者は、長軸方向の uniformity に優れた線状ビームを用いることで、幅 100-200 μm で長さ 10,000 μm 以上にわたり連続して、(100)に配向した結晶粒界の無いストライプ状の結晶が、単純な 1 回スキャンのみで、再現性良く成長できることを実験的に実証した。レーザスキャンは非常に安定しており、従来の研究で結晶化を阻害していた agglomeration も抑制されている。(100)配向無結晶粒界の領域の長さは実験サンプルの大きさで律速しており、スキャンが続く限りこの結晶領域の成長は方位を保ったまま持続していくと考えられる。

この結晶化への各種プロセス条件の影響を見るため、Ellipsometry, stylus profiler, 可視/紫外分光光度計、顕微ラマン分光光度計、AFM, SIMS, TEM, SEM による分析と、なかでも electron back scatter diffraction (EBSD)による結晶粒界と結晶方位評価を最大限に活用して、キャップの影響、スキャン速度の影響、シリコン膜厚の影響、石英・ガラス・ポリイミドなどの基板の影響、基板を保持するホルダーの影響、などをサーベイし、(100)に配向した無粒界結晶の成長は、polygonal から lateral への相転移を引き起こす臨界レーザパワー近傍で常におこることが明らかとなった。

この結晶化膜に FET を試作し、従来比 40%増しとなる大きな移動度とスキャン方向によらぬ等方的な FET 特性を持つことを確認した。今後、本技術は三次元 IC や、system on glass への応用が期待される。

このように、本論文はアモルファス絶縁膜基板上への結晶粒界の無い(100)配向 Si 薄膜結晶の巨大化とその結晶性評価について詳しく報告しており、審査員一同は、本論文が博士(工学)の学位論文として価値あるものと認めた。