

多結晶シリコンの高品質化

— 高性能ディスプレイの実現を目指して —

河東田 隆* 西田 謙* 平木 昭夫** 加納 剛太***

*高知工科大学工学部

**高知工科大学総合研究所

***高知工科大学大学院企業家コース

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

E-mail: katoda.takashi @ kochi-tech.ac.jp, nishida.ken @ kochi-tech.ac.jp
hiraki.akio @ kochi-tech.ac.jp, kano.gota @ kochi-tech.ac.jp

要約：シリコン基板上的のアモルファスシリコンを熱によって結晶化させ、多結晶シリコンを作製する方法において、弾性応力が結晶粒径に及ぼす効果を明らかにした。弾性応力が加わると、粒径の大きな結晶は成長しないことが明らかになった。この現象は応力下では、小さい粒径の方が大きい粒径のものより安定であり、粒界にあるアモルファスシリコンが応力の多くを吸収しているためである。

Abstract : Effects of stress on solid-phase crystallization of amorphous silicon were studied. It was clear that crystalline particles with larger diameters were not formed when elastic stress was induced during crystallization. There phenomena can be explained by absorption of stress by amorphous silicon which exists between crystal particles.

1. はじめに

液晶ディスプレイの性能向上は、高度情報化社会の進展のために、依然として重要な課題である。液晶ディスプレイの性能向上のために、駆動回路を従来のアモルファスシリコンを用いて作製することから、多結晶シリコンを用いて作製するための研究・開発が行われているが、実用化はまだ限られた範囲にとどまっている。多結晶シリコンには、アモルファスシリコンに比べて1~2桁大きなキャリア移動度が期待されているが、これを支配する結晶粒径とその均一性の制御が十分行われていないという課題があ

る。これらを制御する上で重要な物理的要因が、応力である。多結晶シリコンは微小な結晶粒の集合体であり、それ自身が応力を含むだけでなく、デバイスへの加工プロセスでも応力が加わる。

本研究ではこれまで、アモルファスシリコンが結晶化する上で応力が及ぼす効果を検討し、塑性歪と弾性歪の異なる効果や、結晶化速度に及ぼす効果を明らかにしてきた。それに続いて、応力が粒径に及ぼす効果を検討しており、今年度は主として、粒径を直接的に観察する検討を行った。

2. 実験

試料は応力を発生させるために、シリコン窒化膜 (Si_3N_4) をアモルファスシリコン (a-Si) の上下に形成し、 Si_3N_4 (50 ~ 1000 nm)/a-Si (1.5 μm) / Si_3N_4 (50 nm)/Si(100) の構造としたものを、500 °Cで6時間、続いて750 °Cで15分間熱処理した。

作製した試料を断面 TEM 像をとることにより、評価した。

3. 結果と考察

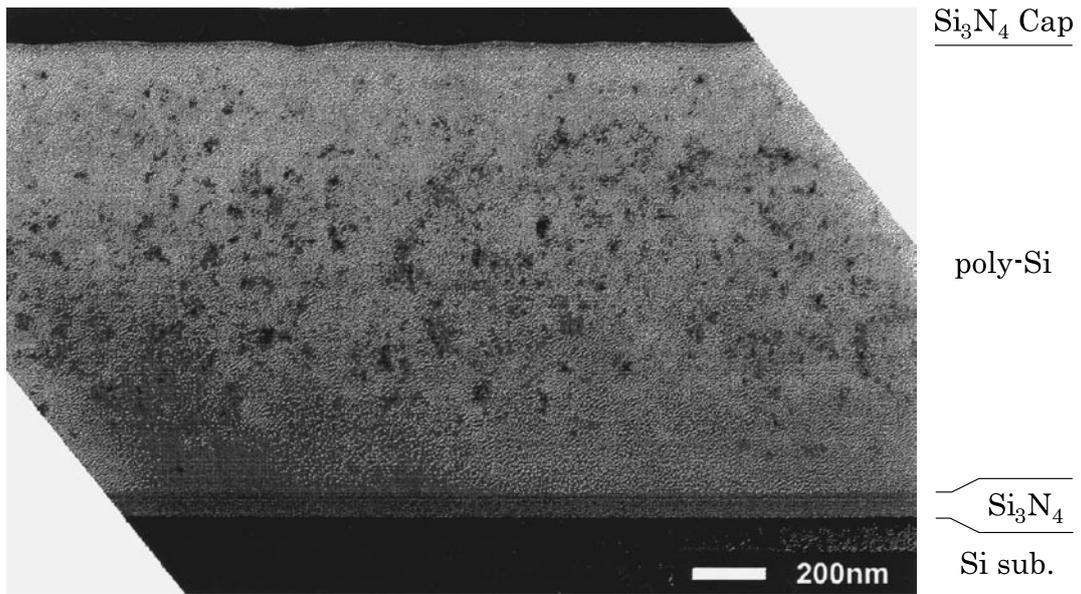
図1に Si_3N_4 キャップの膜厚が100 nmと600 nmのときの poly-Si 膜の断面 TEM 像、図2に表面付近と膜の中心付近の poly-Si 膜の断面 TEM 像を示す。ただし、これらの TEM 像は Si_3N_4 キャップを取り除いた後に観察されたものであり、実際には poly-Si の表面には保護用の Ti が蒸着されているが、便宜上その層を「 Si_3N_4 Cap」と表記している。黒く映っている部分が比較的粒径の大きな20 nm程度の微結晶粒であり、白い数 nm程度の粒径の小さな poly-Si に大きな poly-Si が膜の中心付近に浮いており、小さな粒径のものは Si_3N_4 キャップとの界面付近に集中していることがわかる。また、 Si_3N_4 の膜厚が大きいくほど深くまで粒径の小さな poly-Si があることがわかる。つまり、比較的大きな結晶があるところはあまり Si_3N_4 キャップからの応力が及んでない範囲であり、そこでは大きな結晶が成長するが、応力の強い界面付近では大きな結晶はできず小さなものしかできないということである。昨年報告した X線回折によって見積もられた粒径は粒径の小さな poly-Si と大きな poly-Si の平均を示しており、 Si_3N_4 の膜厚が大きくなると小さい粒径の poly-Si の割合が増加していると考えられる。

理論的に臨界核半径を計算するとおよそ2~3nm程度であり、 Si_3N_4 キャップ近くの小さな粒径の結晶粒はほとんど成長していないと考えられる。さらに、図2を見てもわかるように、この小さな粒径の結晶粒は球状の形をしており、お互いにまだ接触していないこともわかる。これは途中で成長が止まってしまったことを意味している。一方、poly-Si 膜の中心付近の大きな粒径の結晶粒はお互いに接触しているものが多い。つまり、 Si_3N_4 キャップから離れた応力の小さなところでは poly-Si は互いに接触するまで成長を続けるが、 Si_3N_4 キャップに近く応力の大きなところでは結晶化が途中で止まってしまうということである。

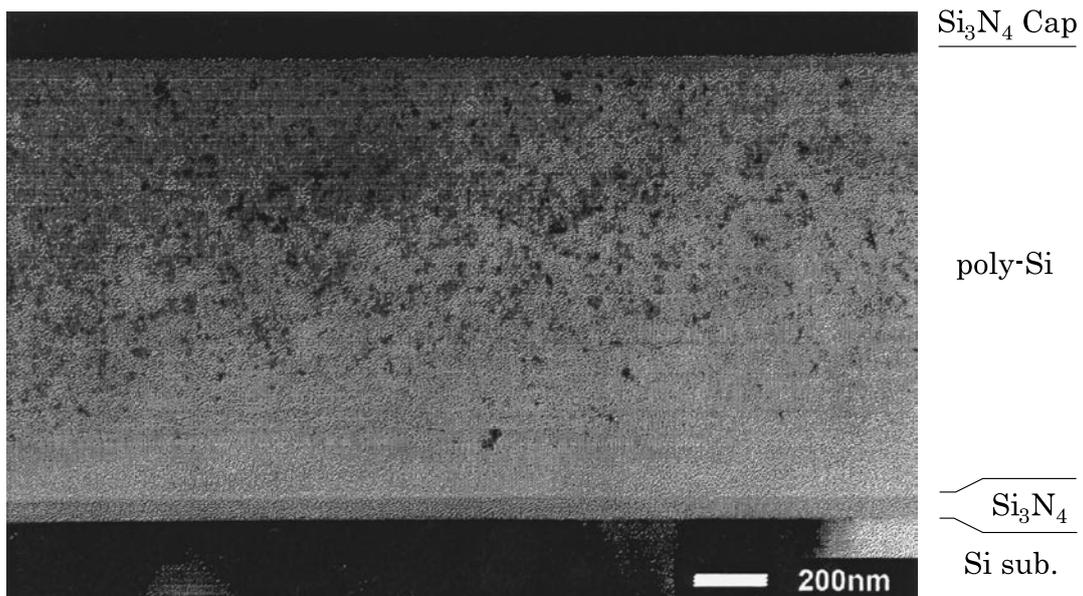
この現象は応力下では小さい粒径の方が大きい粒径のものよりも安定であるため生じると考えられるが、その理由として次のようなことが考えられる。もし、大きな歪みが生じているところで全体が弾性定数の大きな c-Si になってしまうとそれだけ歪みエネルギーが大きくなってしまう。そこで、粒界にある弾性定数の小さな a-Si が多くの歪みを受け持つことによって歪みエネルギーを小さくしていると考えられる。

4. まとめ

昨年度報告した結果とあわせると、以下の結論が得られる。応力と poly-Si 膜の結晶粒径の関係を X線回折ピークと断面 TEM 像を用いて議論した結果、強い応力が加わっている界面では大きな粒径はできないことがわかった。この現象は応力下では小さい粒径の方が大きい粒径のものよりも安定であり、粒界にある a-Si が応力の多くを吸収していると考えられる。しかし、結晶粒径を決定する結晶化過程での詳細はわかっておらず今後の課題である。

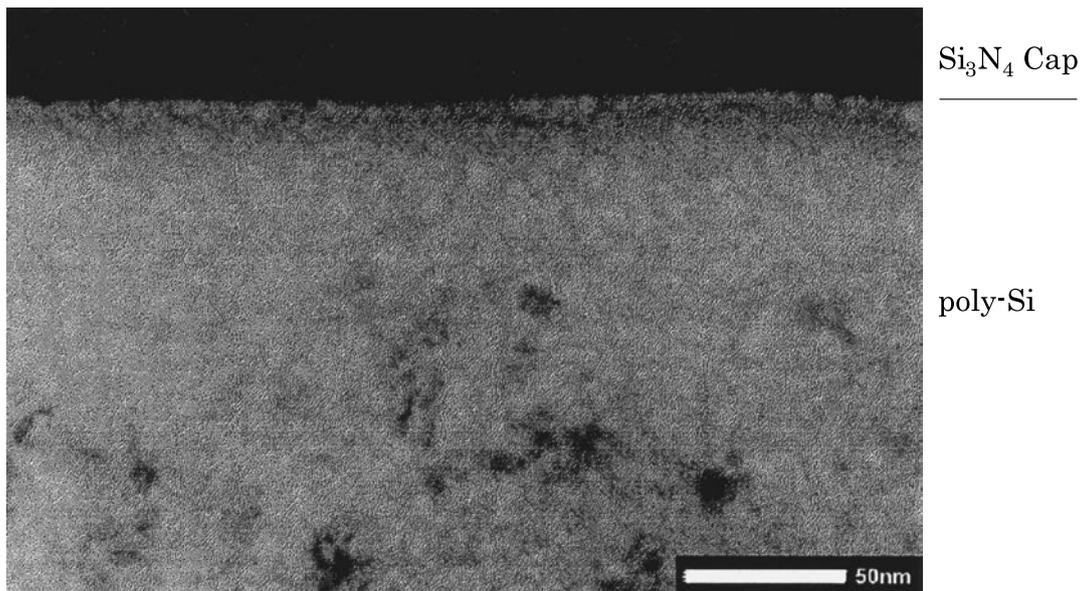


(a) Si₃N₄ キャップ: 1000 nm

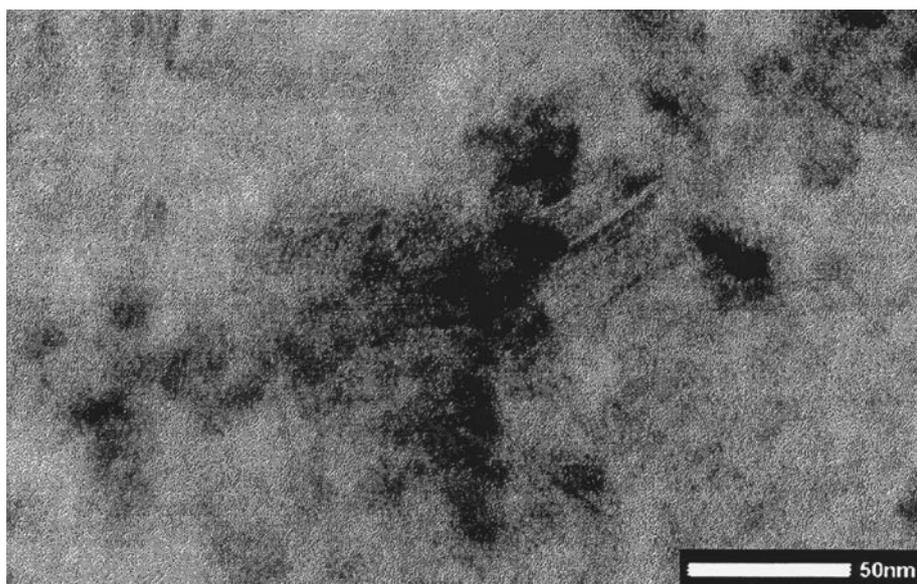


(b) Si₃N₄ キャップ: 600 nm

図1 Si₃N₄ キャップの膜厚が1000 nm と600 nm のときの poly-Si 膜の断面 TEM 像



(a) 表面(Si₃N₄キャップ1000 nm)



(b) 中心付近(Si₃N₄キャップ600 nm)

図2 poly-Si 膜の表面付近と膜の中心付近の断面 TEM 像