

セルロースナノペーパー (CNP) 上への多結晶 Si-TFT 作製への挑戦

―― 基盤技術への取り組みについて ―――

Challenge for Fabrication of Poly-Si TFT on Cellulose Nanopaper (CNP)

―― Approach to Basic Technology ―――

北陸先端大¹, 阪大産研² °堀田 将¹, 柳生 瞳², 能木 雅也²

JAIST¹, Osaka Univ. ISIR², °Susumu Horita¹, Hitomi Yagyu², Masaya Nogi²

E-mail: horita@jaist.ac.jp

【はじめに】 Poly-Si TFT (Thin-Film Transistor) は、ディスプレイの高機能化にとって最も期待される画素駆動素子ではあるが、今後の発展には、さらなるデバイス特性の均一化、製造の低コスト化・低温化が強く望まれている。我々は、その発展系の 1 つとして、最終的に紙であるセルロースナノペーパー (CNP) 上への作製を検討している。紙である CNP を用いるのは、紙の材料であるセルロースが植物由来で、自然界に豊富でかつ環境に極めて優しく、将来的には低コスト化が望めることもあるが、CNP の表面凹凸がデバイス寸法よりも小さい数 nm レベルであり、耐熱性が高いことなどもある。しかし、CNP 上への電子デバイス作製になると、現実問題として、様々な困難が待ち受けている。特に Si は、一般的に高温プロセスが必要であり、不純物に敏感でかつ機械的なもろさを持つため、フレキシブルデバイス材料としては、最たる不適切材料の 1 つとして扱われているのではないだろうか。

一方で Si, SiO₂ 系材料には、クラーク数が 1, 2 位を占める豊富な資源であること、それに伴い他の材料に比べて環境に優しいこと、そのデバイス特性の知見が十分に知られ、潜在的に高く安定な特性を持つことなど、魅力的な点も多い。我々は、これらの魅力を糧に上記困難に敢て挑戦し、それらの問題を克服すべく、現在、地道に行っている基盤技術の検討をここでは紹介する。

【困難な課題】 困難なことは色々考えられるが、最も重要となるものを以下に挙げる。

1) 移動度が 100 cm²/Vs 程度にするには、高温プロセス (≥ 600°C) が必須である。そのため現在では、レーザーアニールによる堆積非晶質 Si (a-Si) 膜の熔融結晶化が行われている。しかし、室温作製できるとはいえ、基板-Si 膜境界温度が室温のままとはならず、瞬時でも熔融し、固化後には Si 膜から潜熱が放出することより、境界温度は、短期間ではあるが約 1400°C 以上になることも推察できる。

2) 良好なゲート絶縁膜を作製するには、堆積後の熱処理も考慮すると 300°C 以上は必要となる。CNP の耐熱温度として 150~200°C ぐらいと考えているため、300°C では到底耐えられない。また、例え 300°C 以下で作製しても、安定なデバイス特性を維持するかは、かなり疑問である。

【基盤技術】 1) 多結晶 Si 薄膜の作製。a) Si 薄膜をより低温で結晶化させるために、CNP 上に結晶化誘発層として結晶化イットリア安定化ジルコニア (YSZ) 薄膜をスパッタ法で堆積する。但し、CNP の保護膜として有機絶縁膜 ZEOCOAT® 及び PHPS からの SiO₂ 膜を CNP 上に塗布し、150°C で焼成している。通常、スパッタ堆積時のプラズマにより CNP は熱劣化するが、試料からの放熱を促進させることにより、結晶性は十分ではないものの、(111) 優先配向した YSZ 膜が得られる。¹⁾

b) レーザーによる a-Si 薄膜の結晶化を、熔融ではなく固相で行う。さらに、熱的ダメージをより避けるために、CW ではなくパルス幅が 10ns 程度のパルスレーザーを用いる。まだ CNP 上では行ってはいないが、以前のガラス基板上での研究では、YSZ 膜を用いることにより、より低温で固相結晶化し、粒径やデバイス特性も揃って、移動度が 80 cm²/Vs 以上の TFT が得られている。²⁾

2) ゲート酸化膜を、シリコンオイルとオゾンにより 200°C 以下のプラズマを用いない大気圧 CVD 法で堆積している。³⁾ 低温堆積のため、絶縁特性を阻害する Si-OH 結合が膜中に多く存在するが、それをアンモニアガスを用いた 150°C, 30 分間アニールにより、大幅に減少させている。

謝辞：本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16K06257 の助成を受けた。

参考文献：1) 堀田, 他, 第 65 回春季応用物理学会 20a-C103-1, 2) 堀田, 他, 第 63 回春季応用物理学会 20p-S423-5, 3) 堀田, 他, 第 78 回秋季応用物理学会 6a-PA9-4。