

## 次世代高性能シリコンデバイス製造に向けた新規プロセスの研究開発(平成24年度)

著者	福田 永, 植杉 克弘, 城 尚志
雑誌名	室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究報告
巻	24
ページ	4-6
発行年	2014-02
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/00009041">http://hdl.handle.net/10258/00009041</a>

# 次世代高性能シリコンデバイス製造に向けた新規プロセス の研究開発(平成 24 年度)

福田 永\*<sup>1</sup>, 植杉 克弘\*<sup>2</sup>, 城 尚志\*<sup>3</sup>

## 1 はじめに

本研究は、次世代フレキシブルデバイスに用いる薄膜トランジスタ(TFT)および薄膜太陽電池に不可欠な新規薄膜デバイスプロセス技術の開発を帝人(株)融合技術研究所と共同して行ったものである。具体的には、帝人が開発したシリコンナノ粒子を用いて、高品質で信頼性の高いシリコン薄膜を製造し、それを TFT に適用し性能を評価した。この成果により従来のシリコン薄膜デバイスに勝る性能が期待できる<sup>1)</sup>。

帝人(株)は、最先端のシリコン薄膜形成技術を有し、すでに導電性のシリコンナノ材料の作製に成功している。平成 24 年度は、帝人(株)が開発したナノシリコン粒子を当研究室にてデバイス化検討を行い、従来のデバイスの性能を超える次世代のフレキシブルデバイスを実現することを目標とした。本研究での成果は、国内外のシリコン半導体市場を飛躍的に拡大するものと期待できる。

## 2 ナノシリコン粒子膜の作製および評価結果

シリコンナノ粒子は CO<sub>2</sub> レーザー熱分解 (LP: Laser Pyrolysis) 法により作製した。LP 法を用いることにより粒径制御が可能 (7~20 nm)、不純物ドーピング(固溶限界近傍まで)が可能、さらに量産性に優れている(500 g/hr)ことが特徴として挙げられる。

透過電子顕微鏡(TEM)を用いた粒子形状を図 1 に示す。直径にして 10~20 nm の粒子が均一に形成されていることが確認できる。X 線回折(XRD)を用いて結晶性を評価した結果、Si (111), (220) および(311)に由来するピークが明瞭に現れたことからナノ粒子は結晶状態にあると判断される(図 2)。

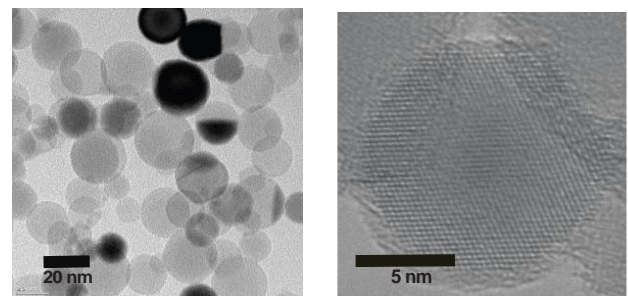


図 1 シリコンナノ粒子の TEM 像

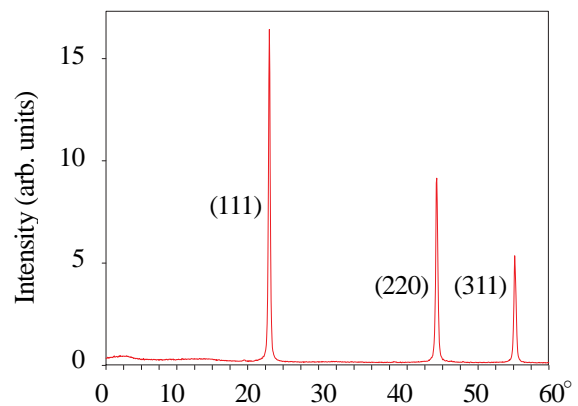


図 2 シリコンナノ粒子の XRD パターン

\*1: しくみ情報系領域

\*2: もの創造系領域

\*3: 帝人株式会社融合技術研究所 所長

次にシリコンナノ粒子を有機溶媒に溶かし、インク状およびペースト状の材料を合成した。これらの特徴は、添加材/分散剤が不要であること、室温放置で5ヶ月以上安定であり、ナノ粒子濃度の制御が可能であること、さらに広い膜厚の範囲（50 nm～1 μm）で膜成長が可能であることが特徴である。

シリコンインクを基板に塗布し、続いてレーザー（波長 532nm, パルス照射時間 100 ns）を表面に照射することでシリコン薄膜が形成できる。図3はナノシリコン粒子で構成された真性シリコン薄膜の断面形状を示したものである。図3より均一な膜が得られていることが示される。

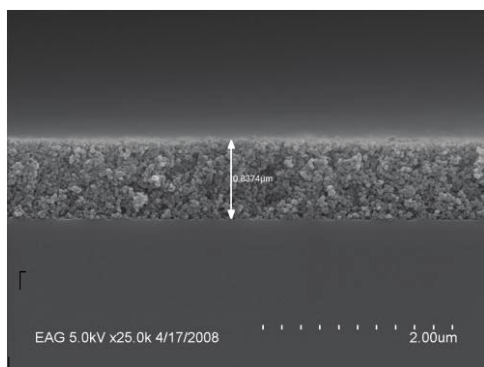


図3 シリコンインクを用いスピコート法により作製されたシリコンナノ粒子薄膜の断面SEM像

### 3 デバイスの作製と電気的特性

リンをドーピングしたシリコン粒子およびホウ素をドーピングしたシリコン粒子をシリコンインクに混ぜることにより不純物濃度分布が均一な導電性のシリコン薄膜を得ることができる。

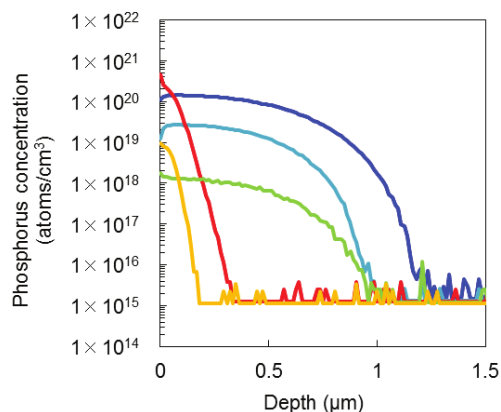


図4 二次イオン質量分析法（SIMS）によるシリコン中のリン原子深さ方向分布

$10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup>のリン原子を導入した膜では、抵抗が  $4 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$  まで低下した。次にこれらの導電性シリコン薄膜を堆積した薄膜トランジスタを作製し、電気的特性を評価した。チャンネル領域は、ナノ粒子にレーザードーピングにより形成した。

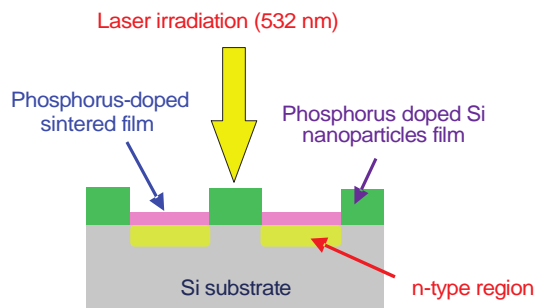


図5 作製した薄膜トランジスタの断面構造

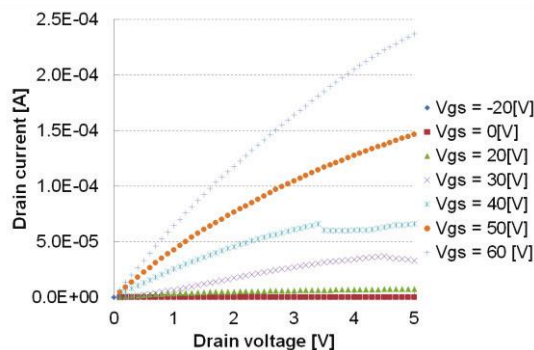


図6 薄膜トランジスタの出力特性

出力特性の解析の結果、 $8 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ のキャリア移動度が得られ、ポリシリコン薄膜トランジスタの性能に匹敵する値が得られている。

### 4 まとめ

本研究において、次世代のシリコン材料として有望なシリコンナノ結晶を用い、実際に薄膜トランジスタを製造することができた。デバイス性能を評価した結果、従来のポリシリコン薄膜トランジスタに匹敵する移動度が得られた。本研究の成果により平成24年度からスタートした科学研究費補助金新学術領域研究（研究領域提案型）「生物多様性を規範とする革新的材料技術」に繋げることができた。また、平成25年度科学研究費補助金「基盤研究(C)」課題番号25420310の採択となった。

## 文献

- (1) Y. Ikeda, T. Imamura, Y. Tomizawa and T. Shiro, “ Novel Materials for Printed Electronics”, *Abstract of the 21<sup>st</sup> Int. Display Workshop*, Niigata, 2013.