近赤外半導体レーザ光照射による P ドープ Si 膜の 局所転写と不純物活性化

Local Transfer of Phosphorus-Doped Silicon Layer and Simultaneous Dopant Activation Induced by Near-Infrared Semiconductor Diode Laser Irradiation

広大院 先端研 °小林 義崇、酒池 耕平、中村 将吾、赤澤 宗樹、東 清一郎

Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University °Y. Kobayashi, K. Sakaike, S. Nakamura, M. Akazawa and S. Higashi E-mail : semicon@hiroshima-u.ac.jp

序>これまでに、中空保持された P ドープ a-Si 膜へレーザ光を照射することにより、転写先基板上に転写と同時に P 原子の 活性化ができることを報告している[1]。転写元基板上であらかじめ薄膜トランジスタ (TFT) に応用できる形状・寸法に a-Si 膜 をパターニングし、転写と同時にソース・ドレイン領域の不純物活性化が可能となれば、大気圧下において転写先基板上の必 要な位置にソース・チャネル・ドレイン層の一括形成が可能となる。本研究では、大面積に均一形成でき、かつTFT応用可能な 膜形状を考案し、転写と同時に膜中のドーパントの活性化を行ったので報告する。

実験>誘導結合型プラズマ化学気相堆積(CVD)法により石英基板上に基板温度250℃で a-Si 膜を100 nm 形成後、N₂ 雰囲気中 450 ℃で 1 h の脱水素処理を行った。Pイオンを加速電圧30 keV、ドーズ量 1 x 10¹⁴, 5 x 10¹⁴, 1 x 10¹⁵, 5 x 10¹⁵ cm⁻² の条件でイオ ン注入を行い、次に、フォトリソグラフィ、ドライエッチング(CDE) により膜をFig.2(a)に示すように4 µm × 20 µmのライン両 端に20 µm × 20 µmの正方形のa-Si膜を配置した形状にパターンニングした。その後、33%のHFにて下層石英基板を細い石英柱 が形成されるまで約4分間エッチングすることにより中空構造a-Si膜を作製した。ここで、ライン両端のa-Si膜は 2 µm × 2 µmの スペースを3 µm間隔で配置した網目形状としている。このような形状にパターンニングし中空形成することで、ライン両端の a-Si膜領域に形成した計30本の石英柱で膜全体を支えることができ、安定した中空構造a-Si膜を局所形成できると考えた。この 試料を HF 処理した転写先ガラス基板 (Corning社 Eagle 2000) と対向密着させ、転写元基板側から波長 812 nm、出力 62 W の レーザ光をレンズで約 2 × 0.1 mm² に集光し a-Si 膜に照射した(Fig.1参照)。このとき、試料はレーザ光の長軸側と垂直方向に ラインの長軸に沿って、1 - 3 mm/s で走査した。レーザ光照射前後の結晶性をラマン散乱分光法、キャリア密度をホール効果測 定から評価した。

結果及び考察>レーザ光照射後、転写先ガラス基板上へ Si 膜が局所転写されていることが確認できた。Fig.2 の (a), (b) に転 写前後の光学顕微鏡写真を示す。この写真から、転写前の形状を完全に維持したまま転写されていることが確認できる。また、 転写膜のラマン散乱スペクトルを測定したところ結晶TOフォノンピークが観測でき、転写と同時に結晶化していることが確認 できた。このスペクトルを結晶Si、微結晶Siおよびa-Siの3成分で波形分離し、各成分の積分強度比から結晶化率を算出したとこ ろ、~100%の高い結晶性を示した。次に、ホール効果測定を行うため、Fig.2 の(c) に示すようなクロスパターンを形成し、同 様の方法・条件で転写を行った。転写後の光学顕微鏡写真をFig.2 の (d), (e) に示す。転写膜をSEMで観察したところ、転写前 の形状を完全に維持したFig.2 (d)と、わずかに形状変化したFig.2(e)の2種類の膜が確認でき(Fig.2 f) に形状変化した転写膜 (e) のSEM像を示す)、ラマン散乱スペクトルから結晶化率を算出したところそれぞれ、77%および~100%を示した。従って、Fig.2(e) の高い結晶性は膜が溶融再結晶化したことによるものと考えられ、形状の変化は膜の溶融が原因であると考えられる。一方、 Fig.2 (d)では転写と同時に固相結晶化したと考えられ、これにより形状を維持したと考えられる[1]。Fig.2 (e)の転写膜について キャリア密度および活性化率を調査した(Fig.3)。注入量増加とともにキャリア密度が増加し、ドーズ量 5 x 10¹⁵ cm⁻² の高注入 膜において2.3 x 10²⁰ cm⁻³の高いキャリア密度が得られ、このときの活性化率は44%を示した。これは、レーザ光照射をするこ とでSi 膜の結晶化と共に膜中の Pが活性化したことを示しており、以上の結果から、局所的に形成した中空構造膜においても 転写前の形状を完全に維持したまま転写と同時にPの活性化が可能であることを明らかにした。考案した局所パターンを用いる ことで、転写先基板上に大気圧下で、ソース・チャネル・ドレインの一括形成が期待できる。

結論>近赤外半導体レーザ光照射により局所形成した P ドープ a-Si 膜の転写と同時に不純物の活性化が可能であることがわか った。

謝辞>本研究の一部は、広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所 (RNBS)及び広島大学自然科学研究支援開発センター (N-BARD) の施設を利用して行われ、最先端・次世代研究開発支援プログラム (NEXTプログラム) の下に行われた。 [1] Y. Kobayashi, et al., MRS Proceedings, vol.1426, 2012.



Fig.1. Schematic diagram of local Si layer transfer using semiconductor diode laser (SDL).



Fig.2. Optical microscope images of (a), (c) a-Si film on starting substrate, and (b), (d), (e) transferred Si films on glass. SEM images of (f) transferred Si films on glass.



