

## 論文内容の要旨

博士論文題目

レーザーアニールによるシリコン・ゲルマニウム積層薄膜の同時結晶化に関する研究

氏 名 山崎 浩司

(論文内容の要旨)

本研究では、三次元構造デバイスを実現するために、レーザーアニールを用いた半導体積層薄膜の同時結晶化技術を提案した。レーザーアニールは、レーザーにより非晶質シリコン(a-Si)を熔融させ、高い電気特性を有する多結晶シリコン(poly-Si)に結晶化させる技術である。レーザーアニールによって積層した a-Si 薄膜を一度に結晶化できれば、三次元構造デバイス作製においてプロセス削減によるスループット向上および低コスト化が期待できる。a-Si 積層薄膜の同時結晶化技術として、グリーンレーザーアニール(GLA)と CO<sub>2</sub> レーザーアニール(CO<sub>2</sub>LA)を用いる手法を提案した。各手法によって形成した積層薄膜の膜質評価を行い、三次元構造デバイスに応用できる高品質な poly-Si 積層薄膜の形成を目指した。

グリーンレーザーは、a-Si 膜に対する侵入長が約 200 nm と大きく、50 nm 以下の a-Si 薄膜によって構成された積層薄膜では、上層 a-Si 膜のみならず下層 a-Si 膜までレーザーエネルギーが達すると考えられる。照射エネルギー密度を変化させ、形成した積層薄膜の上下層膜の膜質を評価した。その結果、照射エネルギー密度 688 mJ/cm<sup>2</sup>において上層膜は平均粒径 1 μm の結晶粒が、下層膜は約 40 nm の微結晶粒が形成されており、GLA による a-Si 積層薄膜の同時結晶化が可能であることが分かった。形成した積層薄膜を用いて、上層膜に薄膜トランジスタ(TFT)を、下層膜に薄膜フォトダイオード(TFPD)を作製した。上層膜では、最大電界効果移動度 160 cm<sup>2</sup>/Vs の TFT が、下層膜では光応答を示す TFPD が作製できた。

さらに下層膜の結晶性を向上させるために、a-Si 積層薄膜の新たな同時結晶化の手法として、CO<sub>2</sub>LA を提案した。CO<sub>2</sub> レーザーは Si 膜に吸収されず、SiO<sub>2</sub> 膜やガラス基板に吸収され、熱を発生する。また、CO<sub>2</sub> レーザーの侵入長は SiO<sub>2</sub> に対して 40 μm と大きく、100 nm 以下の SiO<sub>2</sub> 膜を用いた a-Si 積層薄膜に対して CO<sub>2</sub> レーザー照射を行った場合、レーザーエネルギーは積層したそれぞれの SiO<sub>2</sub> 膜に均等に吸収される。a-Si 積層薄膜に対して CO<sub>2</sub> レーザー照射を行った際に生じる SiO<sub>2</sub> 膜からの熱伝導によって a-Si 積層薄膜の同時結晶化が可能であると考え、試みた。照射エネルギー密度 82 mJ/cm<sup>2</sup>、照射回数 800 shots/location において、上下層膜共に最大粒径 3 μm、平均粒径 2 μm の結晶粒が形成されていた。この結果より、CO<sub>2</sub>LA を用いることによって a-Si 積層薄膜の同時結晶化が可能であり、GLA と比較して上下層膜共に大粒径な結晶粒が形成できることが明らかになった。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、三次元構造デバイスを実現するため、レーザーアニール法を用いた半導体積層薄膜の同時結晶化技術に関する研究である。レーザーアニールは、レーザーにより非晶質シリコン(a-Si)を熔融させ、高い電気特性を有する多結晶シリコン(poly-Si)に結晶化させる技術である。ここでは、a-Si 積層薄膜の同時結晶化技術として、グリーンレーザーアニール(GLA)とCO<sub>2</sub>レーザーアニール(CO<sub>2</sub>LA)を用いる手法を提案した。各手法によって形成した積層薄膜の膜質評価を行い、三次元構造デバイスに応用できる高品質な poly-Si 積層薄膜の形成を目指した。

本論文は5つの章から構成されている。第1章で背景と目的について述べたあと、第2章では、グリーンレーザーを用いた結晶化技術について議論した。グリーンレーザーは、a-Si 膜に対する侵入長が約 200 nm と大きく、50 nm 以下の a-Si 薄膜によって構成された積層薄膜では、上層 a-Si 膜のみならず下層 a-Si 膜までレーザーエネルギーが達すると考えられる。照射エネルギー密度を変化させ、形成した積層薄膜の上下層膜の膜質を評価した。その結果、照射エネルギー密度 688 mJ/cm<sup>2</sup>において上層膜は平均粒径 1 μm の結晶粒が、下層膜は約 40 nm の微結晶粒が形成されており、GLA による a-Si 積層薄膜の同時結晶化が可能であることが分かった。形成した積層薄膜を用いて、上層膜に薄膜トランジスタ(TFT)を、下層膜に薄膜フォトダイオード(TFPD)を作製した。上層膜では、最大電界効果移動度 160 cm<sup>2</sup>/Vs の TFT が、下層膜では光応答を示す TFPD が作製できた。

第3章では、下層膜の結晶性を向上させるために、a-Si 積層薄膜の新たな同時結晶化の手法として、CO<sub>2</sub>LA を提案した。CO<sub>2</sub>レーザーは Si 膜に吸収されず、SiO<sub>2</sub> 膜やガラス基板に吸収され、熱を発生する。a-Si 積層薄膜に対して CO<sub>2</sub>レーザー照射を行った際に生じる SiO<sub>2</sub> 膜からの熱伝導によって a-Si 積層薄膜の同時結晶化が可能であると考え、試みた。照射エネルギー密度 82 mJ/cm<sup>2</sup>において、上下層膜共に最大粒径 3 μm、平均粒径 2 μm の結晶粒が形成されていた。この結果より、CO<sub>2</sub>LA を用いることによって a-Si 積層薄膜の同時結晶化が可能であり、GLA と比較して上下層膜共に大粒径な結晶粒が形成できることが明らかになった。

以上のように本論文は、薄膜トランジスタの低温形成や高性能化に向けて、新しい手法を考案し、それが有効であることを実証しており、学術的に意義深い。よって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。