

2-2 SiGe-TFT 技術の開発 (名古屋大学)

テーマ概要

高密度・低電子温度を特長とする高励起マイクロ波プラズマを利用したプラズマCVD法により、低温 (400-500) のガラス基板上に大粒径 (>200nm) の高品質SiGe層を大面積で形成するためのプラズマ技術・薄膜形成技術を研究開発する。

本研究では、独自のマイクロ波伝送系とアンテナによるマイクロ波プラズマ源を用いている。この方法により、従来のプラズマ源にない高いプラズマ密度を得るとともに、プロセス面積の大面積を実現することも可能である。このような新規プラズマ源は、ディスプレイデバイスなどの大型電子デバイス製造においてスループットの向上、新プロセスの実現をもたらす可能性をもつ。本研究は、このプラズマ源を用いて高結晶性かつ大粒径の SiGe 膜を低温で形成する点で独自性、新規性を持っている。

フェーズ

フェーズ I では膜質の向上と 30cm 角のプラズマ CVD 装置の開発を行なった。

【SiGe 結晶性の向上】

まず、SiGe 製膜にあたって、図 1 に示すマイクロ波プラズマ源を用いて製膜実験を行なった。本プラズマ源は 2.45GHz マイクロ波源からのマイクロ波を導波管、スロットアンテナおよび誘電体窓を通して容器内に放射しプラズマを生成する。製膜には SiH₄ および GeH₄ ガスを用い、水素で希釈することによって膜の結晶性を高めている。本プラズマ源のプラズマパラメ

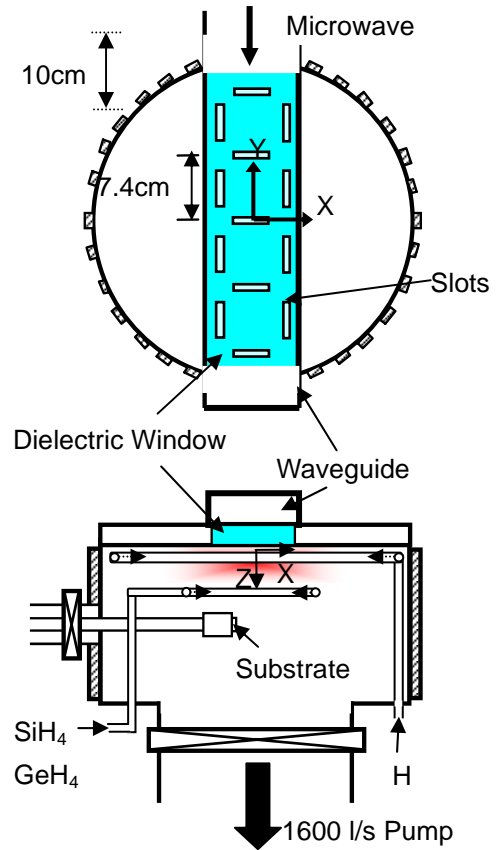


図 1 . 2.45GHz 1 系統導波管
プラズマ CVD 装置

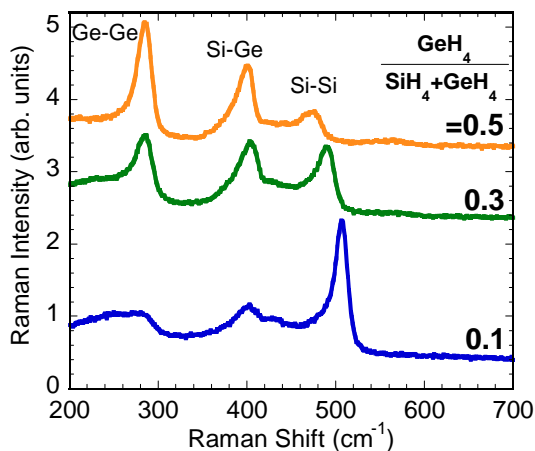


図 2 . SiGe 膜のラマンスペクトル

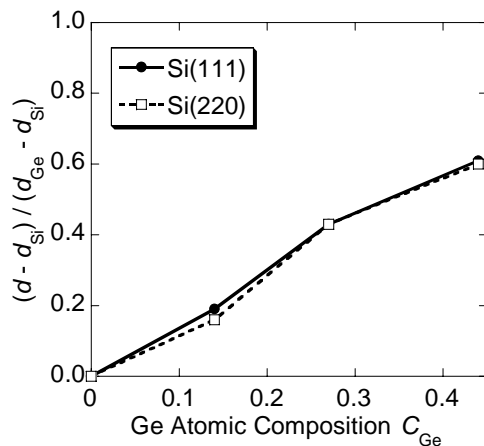


図 3 . SiH₄/GeH₄流量比に対する
Si/Ge元素組成比の変化

ータを測定したところ、 10^{11} cm^{-3} を超える高いプラズマ密度を持つことがわかった。

本プラズマ源を用いて、図 1 に示すサンプルホルダをプラズマに挿入し製膜実験を行なった。図 2 に $\text{SiH}_4/\text{GeH}_4$ 流量比を変化して得られた膜のラマンスペクトルを示す。 GeH_4 比が 0.1 においては 520 cm^{-1} 付近に Si に起因する強いピークが見られるが、 GeH_4 流量比の増大とともに、Si ピークは低波数側にシフトするとともに、Ge に起因するラマンスペクトルが現れる。ただし、これらのピークは GeH_4 導入量の増加とともにピーク幅が増大したものになっている。この結果は、SiGe 膜の形成が行なわれているものの、 GeH_4 の導入とともに、結晶性が落ちてきていることを意味している。図 3 に $\text{GeH}_4/\text{SiH}_4$ 流量比に対する Ge/Si 元素組成比の変化を示す。 GeH_4 流量比の増加に比例して Ge 元素組成比が増加しており、元素組成比は流量比によって容易に制御できることがわかる。図 4 に SiGe 膜の Ge 元素組成比に対する回折角の変化を示す。Ge の導入に

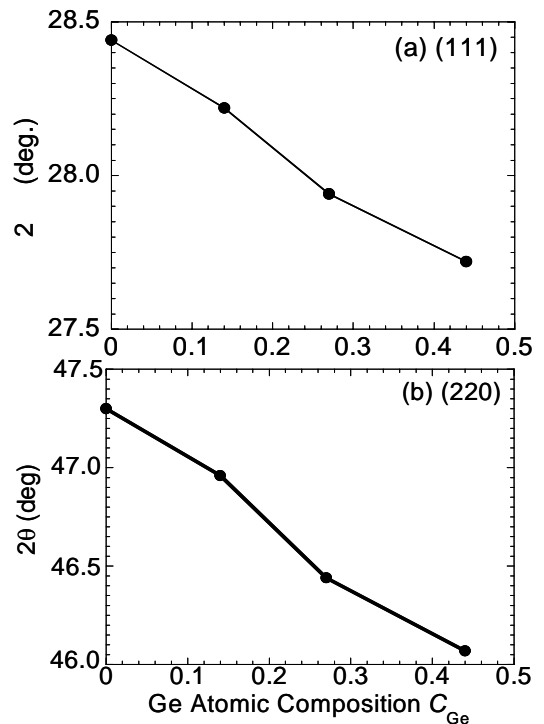


図 4 . Ge 組成比に対する X 線回折角の変化

ともない回折角が減少しており、結晶面間隔が広がっていることがわかる。図 5 に X 線回折測定の結果をもとに SiGe 組成比に対する結晶面間隔の変化を測定した結果を示す。図の縦軸において、0 は Si 結晶面間隔、1 は Ge の結晶面間隔で規格化されている。この結果からわかるように、Ge の導入により結晶面間隔は制御されており、SiGe 膜を歪 Si 下地層として用いるときに重要な面間隔制御が本プラズマ CVD 装置で実現できることを確認した。また、電子顕微鏡観察および X 線回折により、得られた膜の結晶粒径は 60nm 程度であることがわかった。さらに、膜の不純物を抑制するために誘電体の検討を行なった。その結果、石英板は水素プラズマによる損耗が激しく、これにより不純物が膜に取り込まれてしまうこと、また誘電体板をアルミナにすることにより、不純物抑制が可能であることを示した。

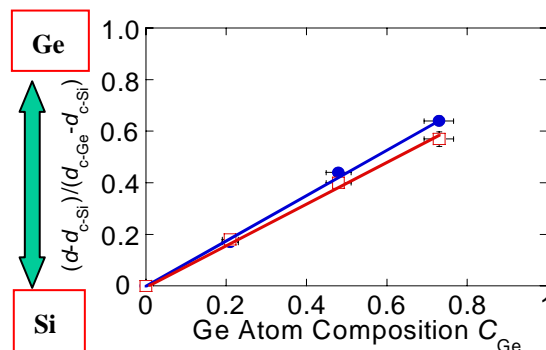


図 5 . SiGe 膜の結晶面間隔

【30cm 角プラズマ源の開発】

プラズマの大面积化に向けて 2.45GHz 2 系統導波管を持つプラズマ CVD 装置の開発を行なった。図 6 に装置の概略を示す。マイクロ波電源からの電力はマイクロ波分配器によって 2 系統に分けられ、その後スロットアンテナを通してプラズマを生成する。本装置のプラズマ計測を行なったとこ

る、この装置においても 10^{11}cm^{-3} を超える高密度のプラズマ生成が可能であることを確認した。

フェーズ

【SiGe 膜の大粒径化】

フェーズ I の成果を受けて、フェーズ II ではさらなる結晶の大粒径化を目指した。水素希釈率および SiH_4 および GeH_4 流量を最適化することにより、さらなる結晶性向上が実現できることを示した。図 7 は高結晶化条件における Si および SiGe 膜のラマンスペクトルである。製膜温度は 300 °C である。図 2 の結果に比べて、ラマンピークが非常に鋭いものになっていることがわかる。X 線回折測定から結晶粒径を評価したところ、SiGe 膜の結晶粒径は 200nm を超えるものであることが明らかとなった。このような大粒径の SiGe 膜の低温形成は世界的に見ても例のないものである。

【30cm 角プラズマ CVD 装置による製膜】

フェーズ I で開発した並列導波管プラズマ CVD 装置を用いて Si 膜の堆積実験を行なった。図 8 に製膜速度の分布を示す。真空容器壁の影響から壁近傍での製膜速度が減少しているものの、20 cm 幅にわたって比較的均一な膜堆積が実現できていることがわかる。また、製膜速度も 1.5 nm/s を超えており、高速堆積が行なわれていることが示された。また、本装置で得られた膜を評価したところ、空間的に一様な結晶性を持つ膜であることも確認された。

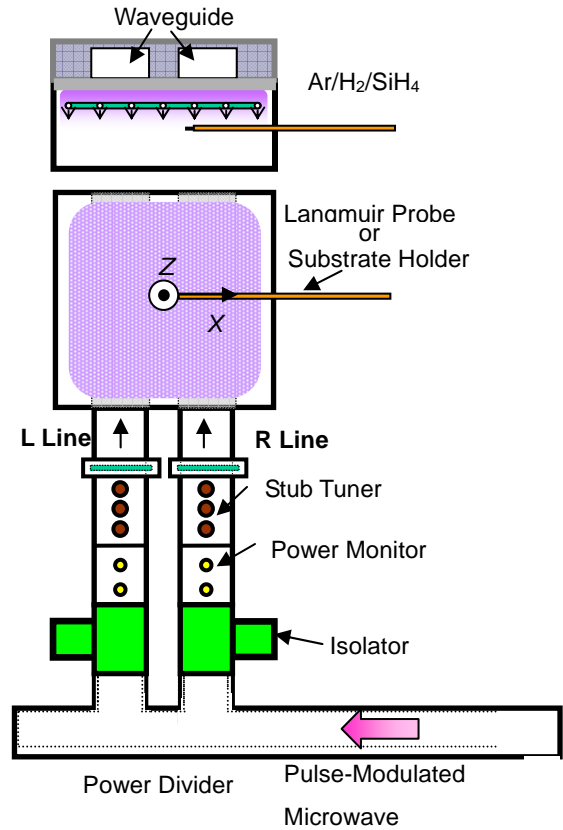


図 6 . 2.45GHz 1 系統導波管
プラズマ CVD 装置

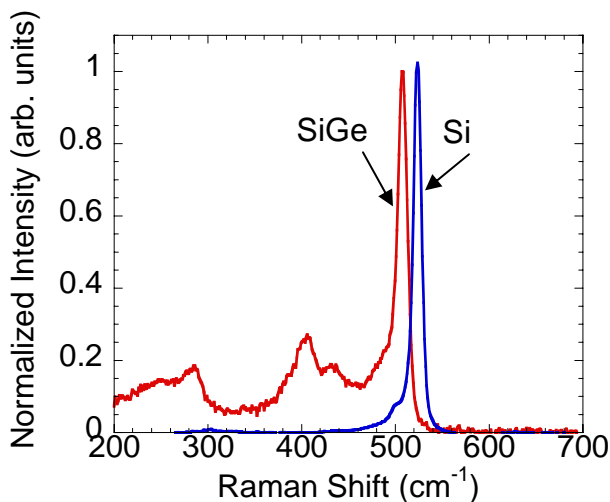


図 7 . Si および SiGe 膜の
ラマンスペクトル

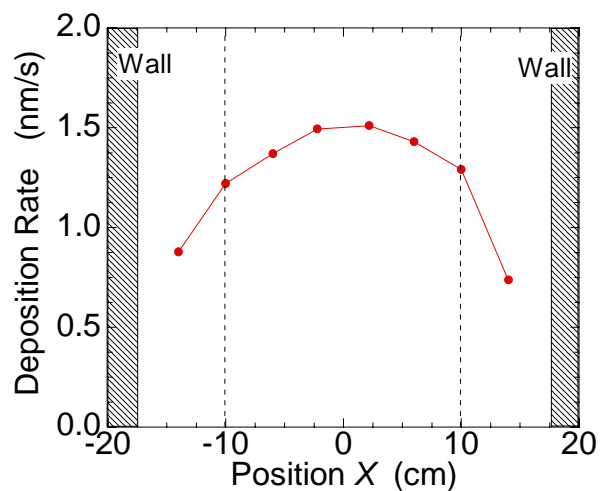


図 8 . 2 系統プラズマ CVD 装置に
おける製膜速度の空間分布

【1m角大面積プラズマ CVD 装置の開発】

フェーズ I での成果を受けて、915MHz マイクロ波を用いた 1m 角プラズマ CVD 装置の開発を行なった。本装置でも、30cm 角装置と同様に 2 系統のマイクロ波導波管を用いている。本装置を用いて 10^{11}cm^{-3} を超える高密度のプラズマが約 1m 四方にわたって均一に生成されていることが確認された。この結果より、本研究で用いられているマイクロ波プラズマ源がメートル級の大幅面積プロセスにも十分対応可能なプラズマ装置であることが示された。

今後の展開

本研究により、マイクロ波プラズマを用いることにより、300 °C の低基板温度で高結晶性の SiGe の堆積が可能であることを実証できた。また、本プラズマ源がメートル級大幅面積のプラズマ源として使用可能であることも示した。今後は、本プラズマ源を用いたメートル級大幅面積・高結晶性のシリコン系薄膜堆積への展開が期待される。また、本研究においては、得られた膜の基本的な物性評価は行なっているが、デバイス作成までいたっていない。今後は本装置を用いて得られた薄膜をもとに、種々のデバイス作成への展開が考えられる。