

高周波マグネトロンスパッタ装置の設計及び立ち上げ

辻 琢人* 富田 修平* 増田知亜希*

Design and fabrication of radio-frequency magnetron sputtering apparatus

Takuto TSUJI, Shu-hei TOMITA, and Chiaki MASUDA

Synopsis

We designed and fabricated magnetron sputtering source. Then, RF magnetron sputtering apparatus which contains substrate heating mechanism was fabricated by ourself by using the designed and fabricated magnetron sputtering source. As a result, RF magnetron Ar discharge was clearly confirmed and thin SiO₂ film was successfully deposited on Si substrates by using the fabricated RF magnetron sputtering apparatus.

1. 緒言

我々の研究室では、これまで発光ダイオードの発光層に多く使われている、III-V 族化合物半導体にとって代わることでできる発光材料の作製を目的として、集積回路実験室にある高周波マグネトロンスパッタ装置を用いてナノクリスタルシリコン(nc-Si)発光層の作製を行ってきた[1]。このような発光層の作製は、基板上に堆積した原子や分子を拡散させ、より基板上で結晶構造をとりやすくするために、基板加熱を施しながら薄膜形成を行うことが望ましい。しかし、集積回路実験室にある高周波マグネトロンスパッタ装置では基板加熱を施しながら薄膜形成を行うことができない。また、本装置は三学科共同で使用しているため、三週間に一週しか使用できず十分な実験時間を得ることができないという問題もある。我々の研究室には、nc-Si 層作製において、薄膜形成後、真空中で熱処理のできる真空熱処理装置があった。この真空熱処理装置にスパッタ源を取り付け、基板加熱を施しながら高周波マグネトロンスパッタを行える装置に改造することができれば、上で述べた問題点がすべて解決できる。

そこで、真空熱処理装置に、スパッタ源を取り付け、基板加熱を施しながら高周波マグネトロンスパッタを行うことが可能な、高周波マグネトロンスパッタ装置の立ち上げを行った。そして、作製した高周波マグネトロンスパッタ装置を用いてシリコン酸化膜(SiO₂)が堆積できるか試みた。

* 情報通信工学科

作製した高周波マグネトロンスパッタ装置で堆積した SiO₂ 層を Dektak 表面段差計を用いて膜厚を測定した。

2. マグネトロンスパッタ源の設計と高周波マグネトロンスパッタ装置の立ち上げ

2.1 マグネトロンスパッタ源の設計

概存の真空熱処理装置にマグネトロンスパッタ源及び冷却水送水装置などを取り付ければ、基板加熱を施しながら高周波マグネトロンスパッタ法により成膜できる、高周波マグネトロンスパッタ装置が得られる。そこで最も重要なマグネトロンスパッタ源の設計・作製を行った。マグネトロンスパッタ源は、直径 2 インチのターゲットに対応できるように設計し、スパッタ源本体、アースシールド、真空封止用ジグ、磁石及び磁石ホルダなどで構成される。

作製したマグネトロンスパッタ源の写真を図 1 に示す。マグネトロンスパッタを行うための磁石を磁石ホルダに取り付けた状態となっている。ターゲット上で電子がサイクロイド運動するように、ホルダの中央と円周上に磁石を配置し、磁石の極性は中央部と円周部で逆になるように配置している。このようにスパッタ源本体に磁石及び磁石ホルダを取り付け、その上にターゲットを載せるバックアッププレートを取り付けることになる。

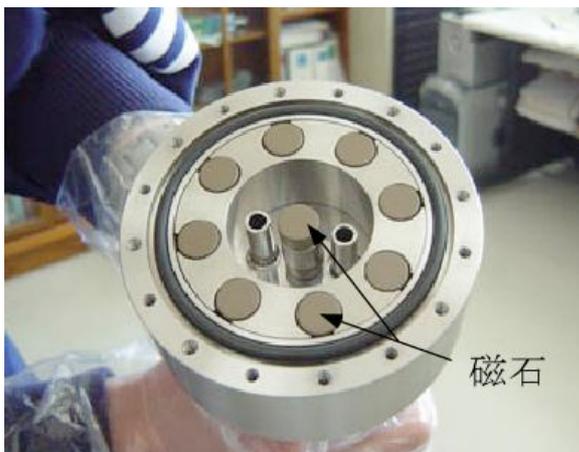


図1 設計・作製したマグネトロンスパッタ源

2.2 装置構成

真空熱処理装置を高周波マグネトロンスパッタ装置として使えるようにするため、設計・作製したマグネトロンスパッタ源、高周波電源、Ar ガスポンベ、冷却水送水装置及びトランスファーロッドを真空熱処理装置に取り付けた。なお、基板加熱機構については真空熱処理装置で使用していたものを利用し、トランスファーロッドの先端にはプリスパッタを行うためのシャッターを取り付けてある。

このようにして組み上げた高周波マグネトロンスパッタ装置の外観を図2に、構成図を図3に示す。高周波電源、冷却水送水装置を除いた装置のサイズは幅 75cm×奥行き 75cm×高さ 100cm 程度とコンパクトなサイズとなっている。

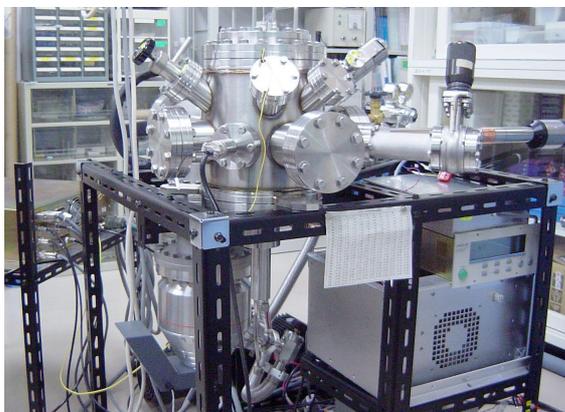


図2 高周波マグネトロンスパッタ装置外観

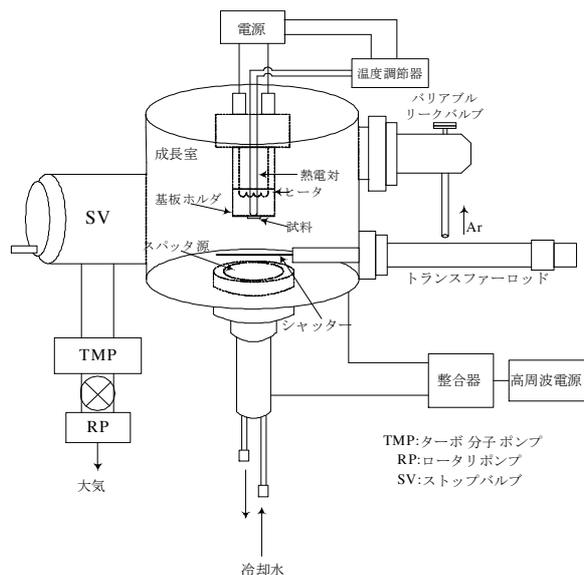


図3 高周波マグネトロンスパッタ装置の構成

3. 作製した高周波マグネトロンスパッタ装置による SiO₂ 層の堆積

設計・作製したマグネトロンスパッタ源を取り付けた高周波マグネトロンスパッタ装置を組み上げることができたので、実際に本装置で放電するか確認した。放電確認にあたっては、ターゲットに広く用いられているシリコン酸化膜(SiO₂)を用いた。図4はビューポートから見た成長室内の放電の様子である。写真の下部に作製したマグネトロンスパッタ源を配置している。その結果、図4に示すように、青紫色の放電が確認できた。

作製したマグネトロンスパッタ源を取り付けた高周波マグネトロンスパッタ装置で放電が確認できたので、ターゲットに対向した位置に Si 基板を置いて、基板上に SiO₂ 薄膜形成できるか、Ar 圧力 3[Pa]、入力電力 200[W]、基板加熱無しで、0.25、0.5、0.75、及び 1[h] 堆積した。SiO₂ 層の堆積条件を表1に示す。

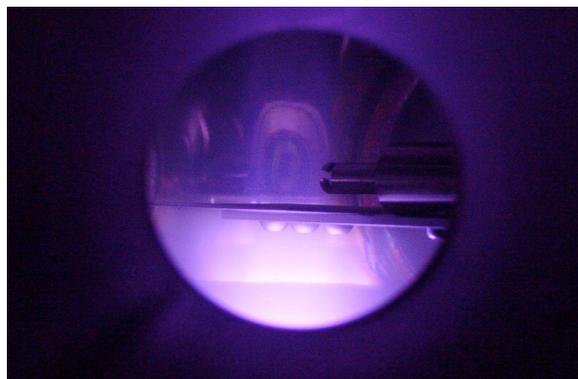


図4 放電の様子

表 1: SiO₂ 層の堆積条件

基板	Si(100)
Ar 圧力	3[Pa]
入力電力	200[W]
基板加熱	無し
スパッタ時間	0.25, 0.5, 0.75, 1[h]

周波マグネトロンスパッタ装置で堆積させた SiO₂ 層を Dektak 表面段差計を用いて測定した。その結果、作製したスパッタ装置で SiO₂ 層が堆積できることを確認した。またその堆積速度は約 2.3[$\mu\text{m}/\text{h}$]であることがわかった。

以上の結果、今後時間を気にせず、効率よく実験を行えるようになり、新しい材料への挑戦ができるようになった。

4. 実験結果

作製した高周波マグネトロンスパッタ装置を用いて Si 基板上に問題なく SiO₂ 層が堆積できることが確認できた。堆積した SiO₂ 層の堆積時間に対する膜厚を図 4 に示す。図 4 からわかるように、SiO₂ 層の膜厚は、時間に比例して増加していることがわかる。また、堆積速度は約 2.3[$\mu\text{m}/\text{h}$]であることがわかった。

今回 SiO₂ 層の堆積では基板を加熱しないで堆積したが、本装置で薄膜形成しながら基板加熱できることも確認できている。

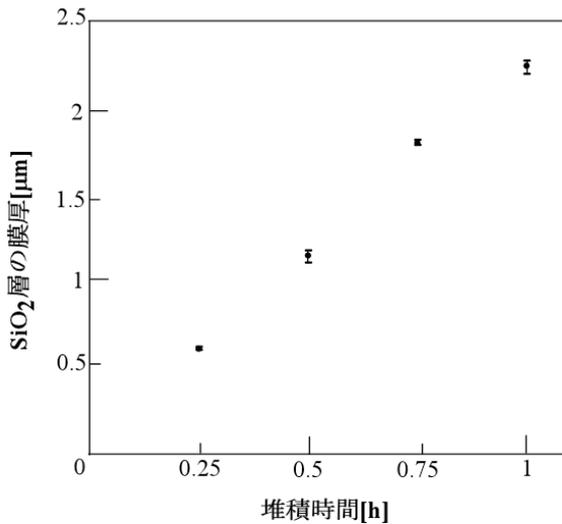


図 5 作製した高周波マグネトロンスパッタ装置での堆積時間に対する SiO₂ 層膜厚の変化

5. まとめ

基板加熱を施しながら高周波マグネトロンスパッタを行えるようにするため、また、効率よく実験を行うために、我々の研究室にあった真空熱処理装置にスパッタ源を取り付け、高周波マグネトロンスパッタ装置の立ち上げを行った。作製した高周波マグネトロンスパッタ装置で放電を確認し、ターゲットを SiO₂ として Si 基板上に成膜できるか試みた。そして、作製したコンパクト高

参考文献

- 1) 眞鍋克矢：高周波マグネトロンスパッタ法によるナノクリスタルシリコン発光層の作製，誌間電波工業高等専門学校 特別研究論文，(2006).