## 原子状水素供給スパッタ法を用いたシリコン薄膜の高性能化(I)

## ー微結晶化の検討ー

日大生産工(院) ○増田洋 双葉電子工業(株)

○増田洋平 浅野英輝 日大生産工 清水耕作 (子工業(株) 紺野恵 西周慶久 江原摩美 谷口昌照

1.はじめに

これまでに我々は、Hot-Wire CVD 装置を用いたア モルファスシリコン薄膜の水素終端処理を行ってきた <sup>(1)(2)</sup>。これは、1000℃前後に通電加熱したタングステ ンワイヤに水素分子を接触させ、熱分解反応によって 原子状水素を生成し、薄膜表面や内部、接合界面に存 在するダングリングボンドを終端させることによって 膜質を向上させる方法である。しかし、この方法では、 300nm 以上の深さに存在するダングリングボンドに 対しては、水素が膜中を深く拡散しないため終端する ことができない<sup>(3)</sup>。

本研究では、Hot-Wire CVD 装置で生成した、原子 状水素を反応室に供給しながら製膜を行うことで膜全 体に原子状水素の効果を与える。また、製膜には、シ リコンの焼結体を用いる Rf マグネトロンスパッタ法 を用いることで安全性や低コスト化を図る。低温で高 品質な微結晶シリコン薄膜・多結晶シリコン薄膜の製 膜を目的とする。

2.実験方法

2.1.製膜方法

図 1 に本研究で製膜に用いた装置の概略図を示す。 装置は、Hot-Wire CVD 用チャンバーと Rf マグネト ロンスパッタ用チャンバーが接続した状態で製膜を行 う。また、チャンバー間距離は 450mm である。原子 状水素供給スパッタ法の製膜方法は、スパッタ室側面 から Ar ガスを導入する。Hot-Wire CVD 室の下部に 取り付けられたシャワーヘッドから H<sub>2</sub>ガスを導入し、 通電加熱させたタングステンワイヤを介して原子状水 素を生成し、スパッタ室に供給する。13.56MHz の高 周波電圧をシリコンターゲットに印加させ製膜を行う。 また、製膜時は、スパッタ室側面から排気を行う。



図1. 原子状水素供給スパッタ装置

2.2. 製膜条件

到達真空度:10<sup>4</sup>Pa 台、製膜圧力:10Pa、基板-ター ゲット間距離:10mm、Ar ガス流量:15sccm、投入電 力:100W、製膜時間:一定とし、ワイヤ加熱温度:加熱無 ~1000℃、基板加熱温度:加熱無~250℃、水素流 量:1sccm~20sccm で変化させ、製膜を行う。製膜基 板は、昇温離脱ガス分析の評価用には c-Si を用い、そ の他の評価には、無アルカリ性ガラスを用いた。

2.3.評価方法

走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて膜厚、可視紫外分 光器から光学バンドギャップ、I-V 特性から暗伝導度、 ラマン分光器から結晶性、昇温離脱ガス分析法(TDS) から膜中水素濃度・水素離脱温度の評価を行う。

## 3.結果

3.1.製膜別特性

初めに、原子状水素供給スパッタ法の優位性を調べ るために原子状水素供給スパッタ法、Ar ガスを用いた スパッタ法、Ar ガスと H<sub>2</sub>ガスの2種類を用いた反応 性スパッタ法、水素終端処理の4通りの方法について 比較した。また、水素終端処理に用いた薄膜は、Ar ガススパッタ法で製膜した。

Characteristics of hydrogenated amorphous silicon thin film by sputtering method Youhei Masuda,Hideki Asano,Kousaku Shimizu,Megumi Konnno,Yoshihisa Saisyuu and Masateru Taniguti



図 3. 各製膜方法別の TDS 特性

図2に、各製膜方法別のラマン特性を示す。原子状 水素供給スパッタ法の時のみ511cm<sup>-1</sup>にピークを観測 し、その他の方法では480cm<sup>-1</sup>にピークを観測した。 図3に、各製膜方法別のTDS特性を示す。原子状水 素供給スパッタの時のみ460℃と570℃付近にピーク を観測した。これは、それぞれアモルファス構造と結 晶構造からの水素離脱に対応している。また、ワイヤ 温度・基板温度・水素流量の製膜条件を変えた場合も ラマン特性とTDS特性で同じ様な特性が得られた。 これらの結果から、今回行った製膜条件では原子状水 素供給スパッタの時のみ顕著な微結晶性を観測した。 3.2.Hot-Wire 温度特性

どの条件で結晶性が現れるかを調べるためワイヤ温 度を加熱無~1000℃まで変化させた。この時、水素流 量:0.5sccm、基板温度:加熱無で製膜した。



図 5.ワイヤ温度に対する暗伝導度

図 4・図 5 に、ワイヤ温度に対する堆積レートと暗 伝導度を示す。ワイヤ温度が 700℃以上の時に、堆積 レートは減少し、暗伝導度は増加した。これは、ワイ ヤ温度が 700℃以上のときに、プラズマ中に原子状水 素が生成されるため、ターゲットから放出されたシリ コンと水素原子が結合することによって水素化シリコ ン化合物が生成され、排気されたためだと考えられる。 また、暗伝導度が増加することから結晶性が生まれた と考えられる。

図6にワイヤ温度に対するラマン特性を示す。ワイ ヤ温度が1000℃の時のみ、501cm<sup>-1</sup>にピークを観測し た。図7にワイヤ温度に対する TDS 特性を示す。 1000℃の時のみに 630℃付近からのピークを観測し た。これらのことより、ワイヤ温度が1000℃の時、基 板加熱温度:加熱無、水素流量:0.5sccm で微結晶シリコ ン薄膜が得られた。



図6 ワイヤ温度に対するラマン特性



図7 ワイヤ温度に対するラマン特性

3.3.基板加熱特性

どの程度の、結晶性を持つ薄膜が得られるかを検討 するため基板温度を加熱無から 250℃まで変化させた。 この時、ワイヤ温度は 1000℃、水素流量は 0.5sccm とした。



図8 基板温度に対する堆積レート

図8に基板温度に対する堆積レートを示す。基板温 度を上昇させると堆積レートが増加することが分かる。



図 10 基板温度に対する水素密度

図 9·図 10 に基板温度に対する暗伝導度と水素密度を 示す。基板温度が上昇するにつれて暗伝導度は増加し、 水素濃度は減少した。これは、温度上昇につれて結晶 性が増加し、膜中必要水素量が減少したためだと考え られる。



図 11 基板温度に対するラマン特性



図 12 基板温度に対する TDS 特性

図 11 に基板温度に対するラマン特性を示す。全て の条件で 501cm<sup>-1</sup>のピークを観測した。図 12 は基板 温度に対する TDS 特性を示す。基板温度が上昇する につれて 630℃付近からの水素離脱が顕著に現れてい る。これらのことから、基板温度を上昇させると結晶 性が増すことが分かる。

3.4.水素流量特性

水素流量を 1sccm から 20sccm で変化させた。この 時、ワイヤ温度:1000℃、基板温度:250℃で行う。



図13 水素流量に対する堆積レート

図 13 に、水素流量に対する堆積レートを示す。水 素流量が増加するにつれ、堆積レートが減少した。こ れは、プラズマ中に生成される原子状水素量が増加し、 生成される水素化シリコン化合物量が増加するためだ と考えられる。

図 14 に、水素流量に対するラマン特性を示す。水 素流量の増加に伴い、500cm<sup>-1</sup>から 515cm<sup>-1</sup>のピーク のシフトを観測した。図 15 は水素流量に対する TDS 特性です。水素流量が増加するにつれ 580℃付近から の水素離脱が顕著に観測された。これらのことから、 水素流量を増加させると結晶性が増すことが分かる。



図 14 水素流量に対するラマン特性



図 15 水素流量に対する TDS 特性

4.まとめ

・原子水素供給スパッタ法を用いて微結晶シリコン薄 膜を作製した。

・Hot-Wire 温度特性の結果からワイヤ温度が 700℃以 上の時に原子状水素の効果が得られることと、ワイヤ 温度 1000℃、水素流量 0.5sccm、基板温度が加熱無の 時に微結晶シリコン薄膜が作製できることが分かった。 ・基板温度の上昇と水素流量の増加に伴い結晶性が増 すことを確認した。

・今後の課題は、さらに薄膜を分析することで室温での 高品質化と高い堆積レートを目指す。

5.参考文献

(1).石橋,清水:「CFD 法によるホットワイヤ処理条件の 検討(3)」第71回応用物理学会学術講演会予稿集

(2).増田,浅野,清水:「原子状水素供給スパッタ法を用いたシリコン薄膜の高性能化」第71回応用物理学会学術 講演会予稿集

(3).清水他:「低温ポリシリコン薄膜トランジスタの開発」,シーエムシー出版,P66~P80(2007)