

## 原子状水素供給スパッタリング法によるシリコン薄膜の高性能化

### －高速堆積化－

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

#### 1.はじめに

非晶質シリコン薄膜やMOSトランジスタのMIS界面では水素化処理を行う方法でダングリングボンドを終端している。水素化処理をホットワイヤ法で行うと、深さ300[nm]程度までしか有効に水素化できない。より厚い膜に対して水素化処理を行うために、ホットワイヤ法とRfスパッタリング法を合わせることで成膜するのが有効である。

本研究では水素化処理をしながら成膜を行う方法を提案し、形成された膜について評価を行った結果を報告する。

ワイヤ温度1000[°C]、水素流量0.5[sccm]、基板加熱無しの条件で、図1より昇温離脱ガス分析法(TDS)では470[°C]と630[°C]の二つのピークを確認した。また、図2よりラマン分光法では480[cm<sup>-1</sup>]～520[cm<sup>-1</sup>]の間にピークが測定された。両方とも微結晶になっていることを示している。

この結果より、基板加熱無しで水素原子を供給しながら成膜を行うことで、微結晶シリコンが作製可能であると明らかになった。しかし、試料の堆積レートが3[nm/min]と低い。高速、高品質での作製が求められ、品質の向上と並行して堆積レートを高くする必要がある。

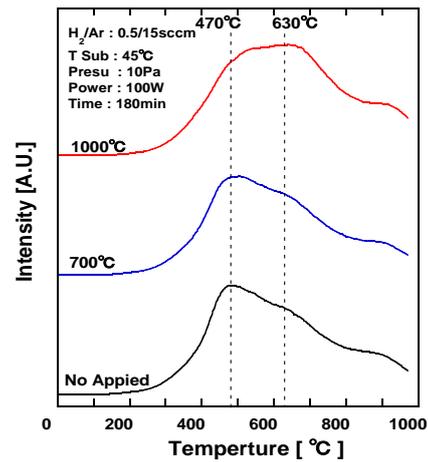


図 1 ワイヤ加熱の TDS 特性

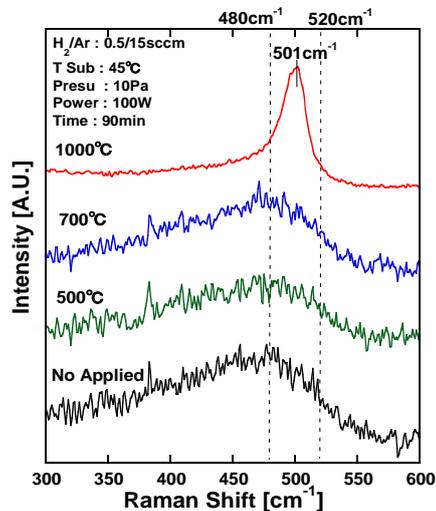


図 2 ワイヤ加熱のラマン分光特性

Characteristics of hydrogenated amorphous silicon thin film by sputtering method  
 - High Deposition Rate -

Hideki ASANO, Youhei MASUDA, Kousaku SHIMIZU  
 Megumi KONNO, Yoshihisa SAISHU, Mami EHARA, Masateru TANIGUT

## 2.実験方法

### ・単膜の作製

図3のようにH-W CVD室とスパッタ室の二つのチャンバを距離450[mm]の長さで合わせた装置を用いる。成膜の流れとして、H-W CVD装置下部のシャワーヘッドから水素ガスを約1000[°C]に通電加熱したワイヤに吹き付けることで、熱分解反応により水素原子に分解する。この水素原子をスパッタ装置に導入しながら、13.56[MHz]の高周波電圧を印加してRfスパッタリング法により成膜を行う。

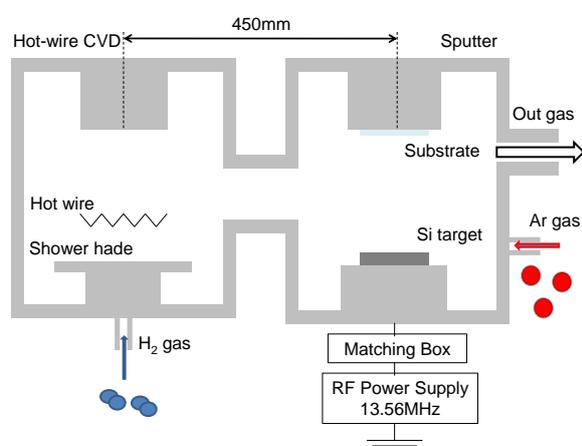


図3 原子状水素供給スパッタ装置概略図

基板加熱無しの条件下で、成膜ガス圧、H<sub>2</sub>ガス流量、投入電力、基板ターゲット距離のパラメータを変化させ堆積レートを検討する。

表1 成膜条件

condition	value
Ultimate Pressure	$\times 10^{-4}$ Pa
Growth Time	90min~
Flow Rate(Ar Gas)	15sccm
W-Voltage	15V
Substrate Temperature	45°C
Growth Pressure	6~12Pa
Flow Rate(H <sub>2</sub> Gas)	1~20sccm
Power	100~200W
S-T Distance	10~50mm

### ・TFT(薄膜トランジスタ)の作製

移動度の評価を行うためにTFTを作製する。シリコンウェハに原子状水素供給スパッタリング法により薄膜シリコンを約30[nm]堆積させる。ボトムゲート型TFTを作製しギャップ幅1[cm]、ギャップ長0.03[cm]、電極にCrを使用する。

表2 評価方法

評価方法	対象
走査型電子顕微鏡(SEM)	膜厚
可視紫外分光法	光学バンドギャップ
電流電圧特性	暗伝導度
ラマン分光法	結晶性
昇温離脱ガス分析法(TDS)	水素密度
TFTの出力、伝達特性	移動度

## 3.結果及び考察

基板加熱なしで、Arガス流量15[sccm]、ワイヤ電圧15[V]、成膜ガス圧10[Pa]、投入電力100[W]、基板間距離10[mm]、水素ガス流量1~20[sccm]の条件で作製した。

図4.5に堆積レートとラマン分光特性を示している。図4より水素ガス流量を増加することで堆積レートが低くなる。これはスパッタされたクラスタ状のシリコンと水素原子が結合し、蒸気化の高いシリコン水素化合物として排出されたため、ガラス基板上に堆積しにくい結果になっていると考えられる。

図5より基板加熱なしの状態の水素ガス流量を変化させも結晶性に影響が出にくいことがわかる。しかし、480[cm<sup>-1</sup>]~520[cm<sup>-1</sup>]の間に495[cm<sup>-1</sup>]付近のピークが五つとも存在することから、どの薄膜シリコンも非晶質状態と結晶状態の合わさった微結晶になっていることが確認できる。

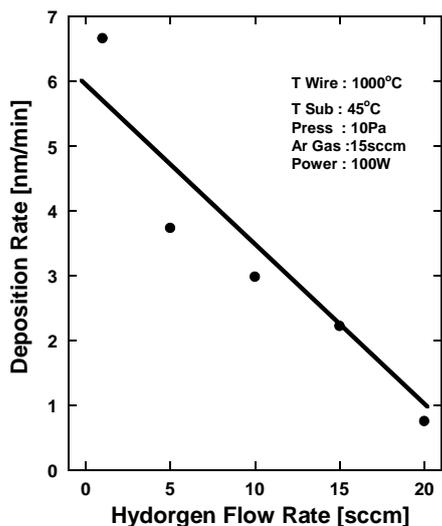


図 4 水素流量に対する堆積レート

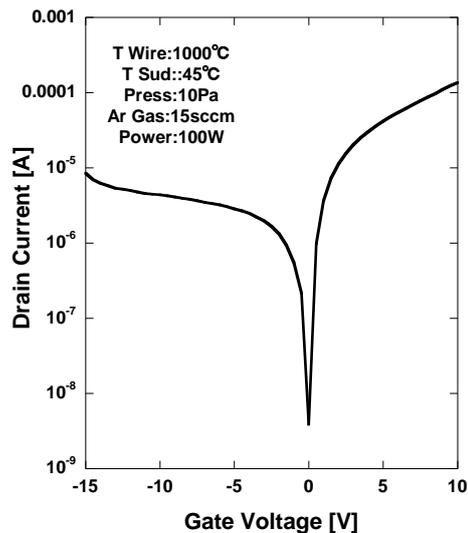


図 6 伝達特性

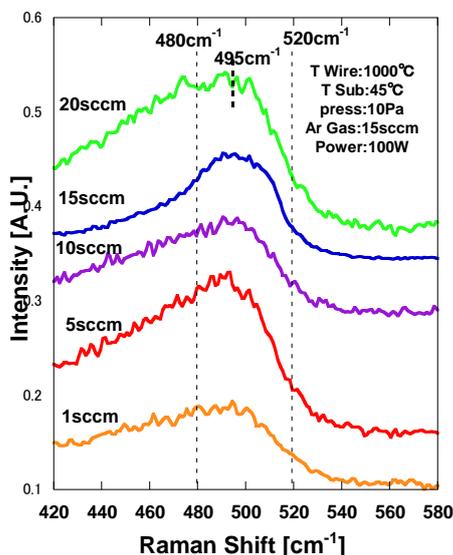


図 5 水素流量変化のラマン分光特性

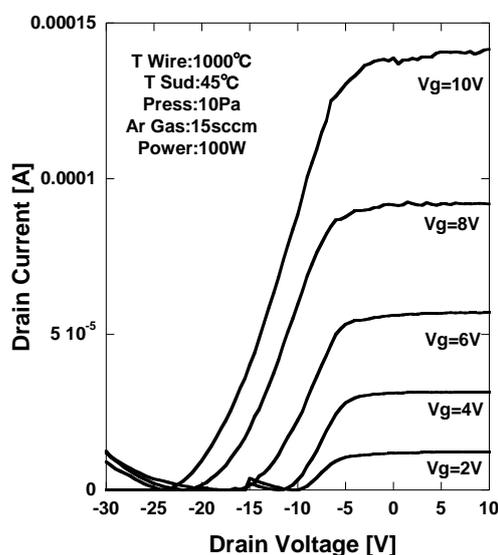


図 7 出力特性

基板加熱なしで、Ar ガス流量 15[sccm]、ワイヤ電圧 15[V]、成膜ガス圧 10[Pa]、投入電力 100[W]、基板間距離 10[mm]、水素ガス流量 20[sccm]の条件で TFT を作製した。

図 6.7 に TFT の伝達特性と出力特性を示す。移動度が  $0.054[\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}]$  となった。マイナスバイアスで  $10^{-6}[\text{A}]$  台の電流が流れていることがわかる。これは  $n^+$ 層を形成していないことが原因である。

#### 4.まとめ

水素ガス流量変化の条件で原子状水素供給スパッタリング法を用いて成膜を行った。

基板加熱なし成膜しても微結晶状態になることがわかった。

作製した TFT がトランジスタになっていることを確認、移動度は  $0.054[\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}]$  であった。

堆積レート、ラマン分光特性、以外の結果は、ガラス基板に堆積させた薄膜シリコンが薄すぎたためその他の検討を行うことができなかった。今後は評価の行えるような膜厚にし、高

速堆積で高品質な薄膜シリコンを基板加熱なしで、成膜ガス圧、 $H_2$ ガス流量、投入電力、基板ターゲット距離のパラメータを変化させて検討する。

#### 5.謝辞

本研究は双葉電子工業株式会社の支援をいただいで行われました。ここに感謝します。

#### 6.参考文献

- (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