

CFD 法によるホットワイヤ水素化条件の検討

日大生産工(院) ○石橋大典 日大生産工 清水耕作

1.背景

半導体産業ではデバイスの高集積化や薄膜化が進み、半導体を作るプロセスでの薄膜形成技術は重要な役割を担っている。中でも薄膜を均一に堆積させる技術や半導体の特性を均一性に作製する技術は盛んに行われている。

Si は基板表面で結合する相手がいない未結合手が生じやすい。この欠陥を無くす方法として下図のように水素によって終端させる技術がある。この処理を行うことによりデバイスの性能も向上する。

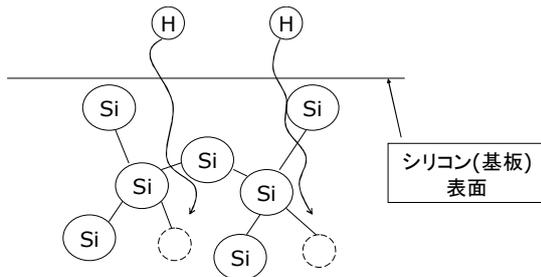


Fig1.hydrogenation

2.目的

実際に使用する反応炉でホットワイヤ法を用いた水素化処理を、効率よく行うために CFD(Computational Fluid Dynamics) ソフトを用いてシミュレーションを行い、各パラメータの最適条件を見つけることを目的とする。

3.原理

水素化処理は図 2 の反応炉内で行う。シャワーヘッドから水素ガス H_2 を上方向に送り込む。高温に加熱したタングステンワイヤによって水素ガス H_2 は水素原子 H に分解させる。原子状水素はヒーター上の基板に照射され、水素化処理を行う。

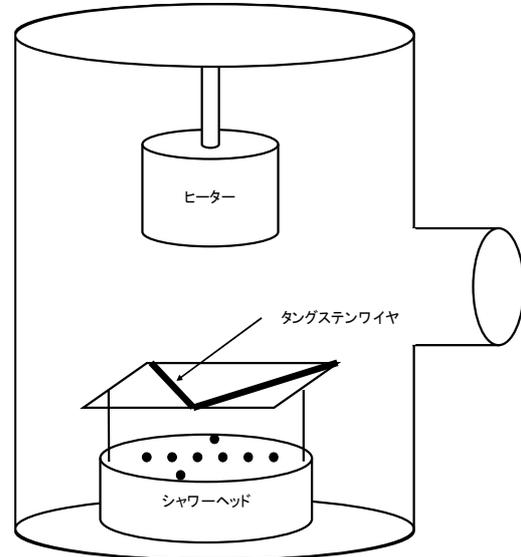


Fig2.Chamber

この水素ガスが基板に照射されるまでの流れを CFD ソフトによってシミュレーションを行う。シミュレーションの計算には有限体積法を用いる。有限体積法とは、解析対象物の体積全体を微小な体積素片に分解し、その体積素片を重心の点で代表させ、その近接素片との相互作用を連鎖的に計算する方法である。

4.実験方法

図 2 の反応炉を二次元モデル化 (図 3 参照) し、CFD ソフトを使い、水素ガスを流したときの反応炉の様子をガスの流速分布や温度分布などを解析する。基板の高さ、ガスの流量、図 2 には載っていないがチャンバー側面の排気口にバタフライバルブがついているので、その角度などのパラメータを変えてシミュレーション結果について説明する。

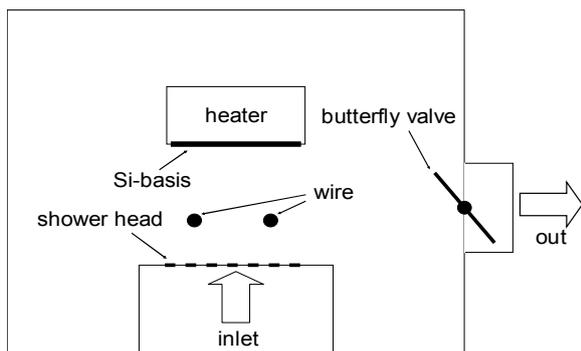


Fig3.chamber model

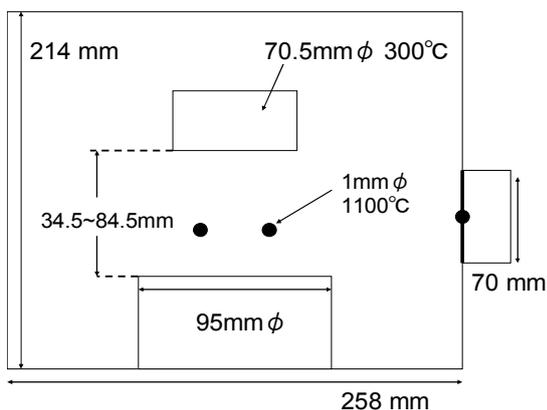


Fig4.chamber size

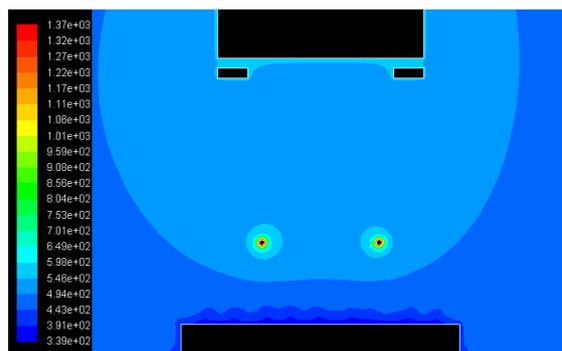


Fig7.Contours of temperature

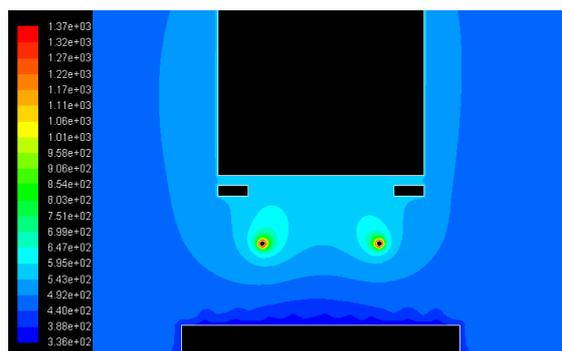


Fig8.Contours of temperature

5.実験結果

Fig5~8 に基板の位置による変化を示した。また、シャワーヘッドから基板の間の拡大図これらの結果、基板の位置高いと水素ガスが基板に到着する前に排気口側に流れている。このため、水素が片側に偏って照射される。近い場合は、水素が偏って照射されることはないが、高温のタンガステンワイヤに近づいているため、基板表面の温度が上昇している。

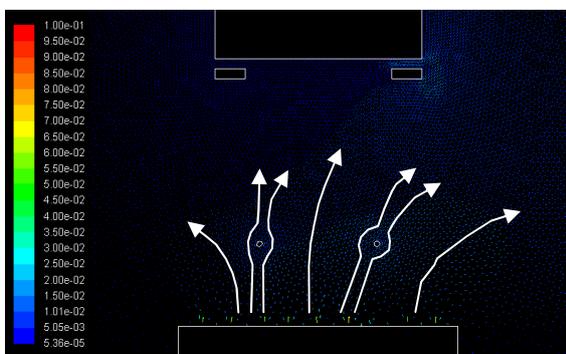


Fig5.Velocity vectors

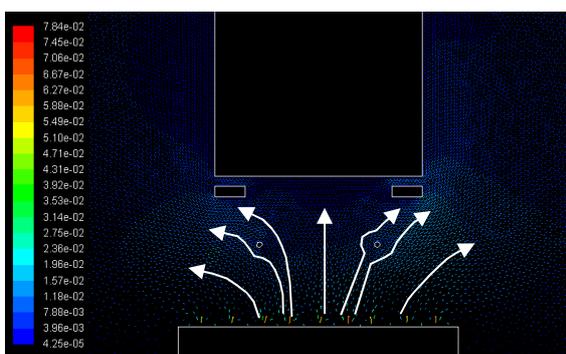


Fig6.Velocity vectors

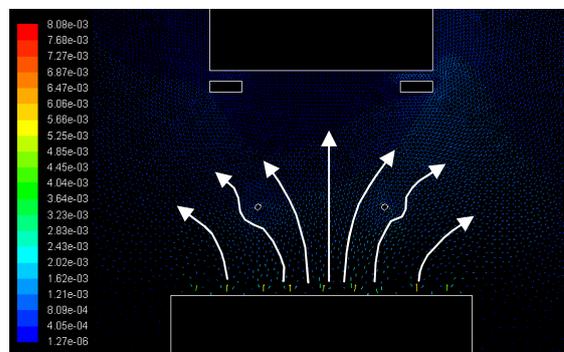


Fig9.Velocity vectors at mass-flow
100[SCCM]

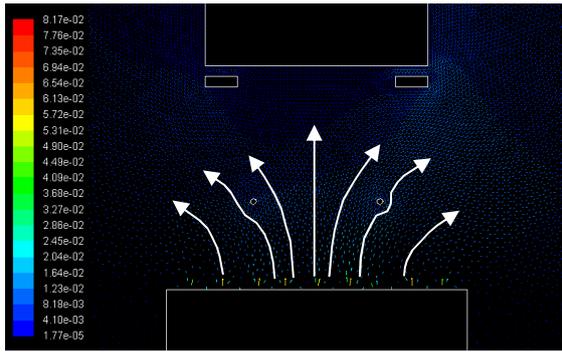


Fig10.Velocity vectors at mass-flow
1000[SCCM]

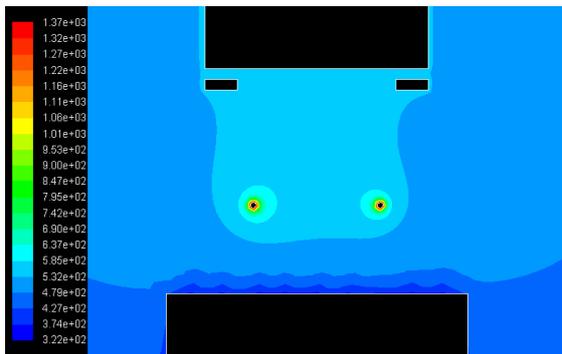


Fig11.Contours of temperature at
mass-flow 100[SCCM]

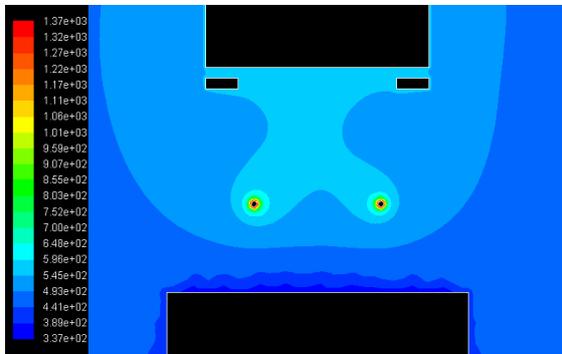


Fig12.Contours of temperature at
mass-flow 1000[SCCM]

Fig9～12 は流量を変えた結果を示した。流量の変化によるガスのベクトルの変化は見られなかった。温度分布は流量が増えることによって反応炉の温度が全体的に下がっていることがわかる。ガスの流量が多くなるとガスの流れも速くなり、タングステンワイヤによる、熱の影響が受けにくくなるためである。しかし、試料表面の温度の変化は少なかった。

バタフライバルブの角度については、以下の図に示す通りである。

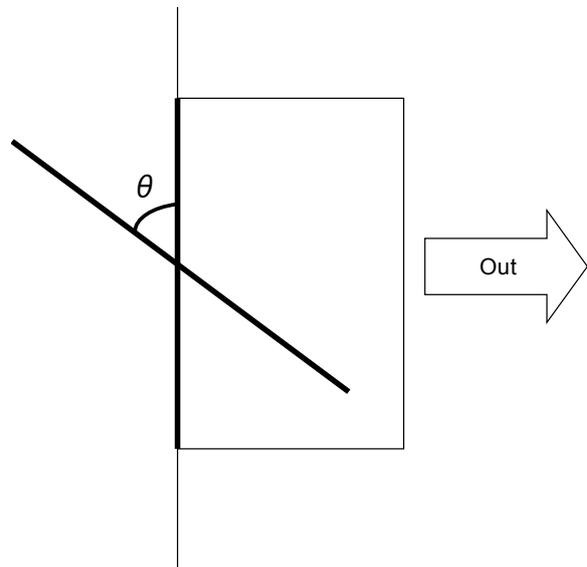


Fig13.Butterfly valve

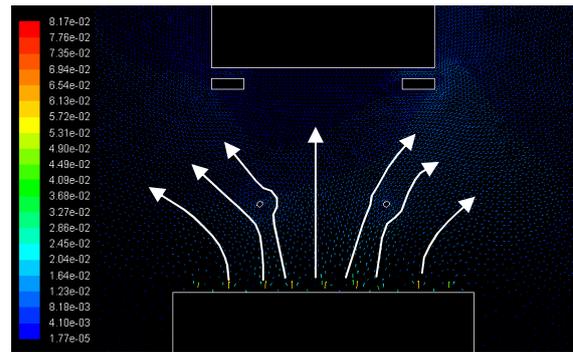


Fig14.Velocity vectors at angle of butterfly
valve 30[deg]

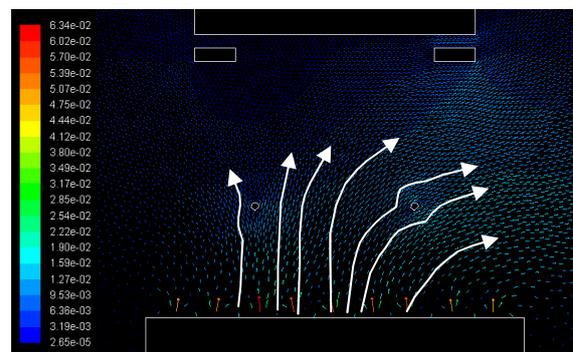


Fig15.Velocity vectors at angle of butterfly
valve 90[deg]

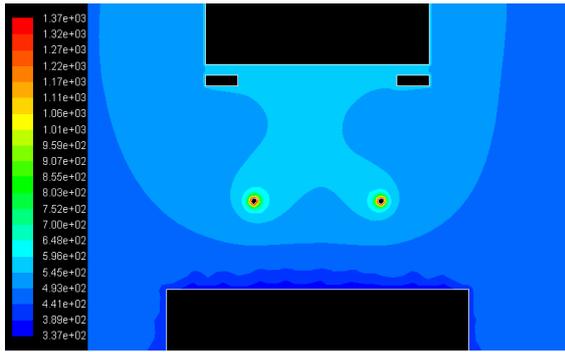


Fig16. Contours of temperature at butterfly valve 30[deg]

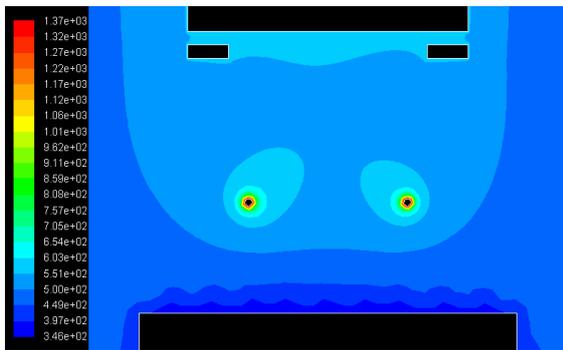


Fig17. Velocity vectors at angle of butterfly valve 90[deg]

Fig14～17 はバタフライバルブの角度の変化させた結果である。ベクトル図からバタフライバルブが 90 度するとき、ガスの流れは大きく排気口に向かってることがわかる。これは基板の位置が高いときと同様に水素ガス偏って照射されることになる。また、温度分布ではシャワーヘッド・基板間に変化が見られた。バタフライバルブの角度を変えることによって、ガスの流れ方が大きく変わり、シャワーヘッド・基板間の温度にも影響があることがわかった。

5.まとめ

水素化を効率良く行うには、水素ガスをできるだけ均一に基板に照射しなければならない。また、水素ガスを原子に分解するにはタングステンワイヤからの熱伝達が比較的安定していなければならない。今回のシミュレーションで最も水素ガスが均一になったときの条件は、

シャワーヘッド・基板間距離・・・44.5[mm]

流量・・・1000[SCCM]

バタフライバルブの角度・・・30[deg]

のときであった。

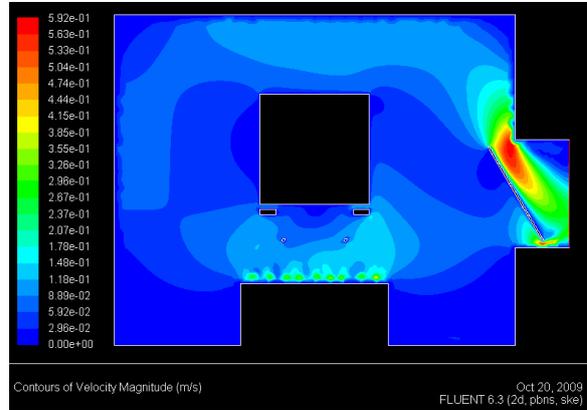


Fig18. Contours of velocity

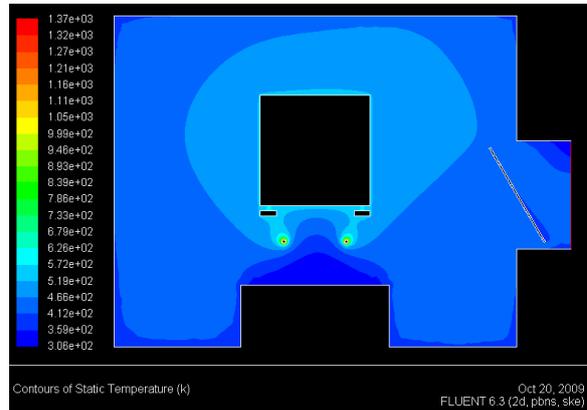


Fig19. Contours of temperature

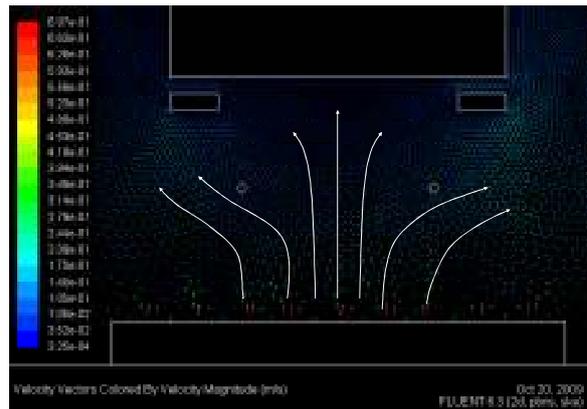


Fig20. Velocity vectors

参考文献

1)久保田瑤：「ホットワイヤ法を用いた水素化処理の流体シミュレーション」、日本大学生産工学部電気電子工学科平成 20 年度卒業研究