

半導体洗浄用スポンジの液体吸排水の解析

～半導体洗浄における極微小粒子の除去メカニズムの解明に向けて～

鈴木翔大（静岡大学）

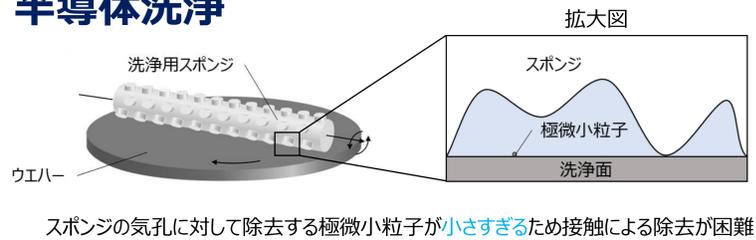
背景

- ✓ 半導体の洗浄において特殊なスポンジ（見かけ体積の約90%の水を含むことが可能）が使用される
- ✓ どのようなメカニズムでナノサイズ粒子の除去が行われているのかは解明されていない

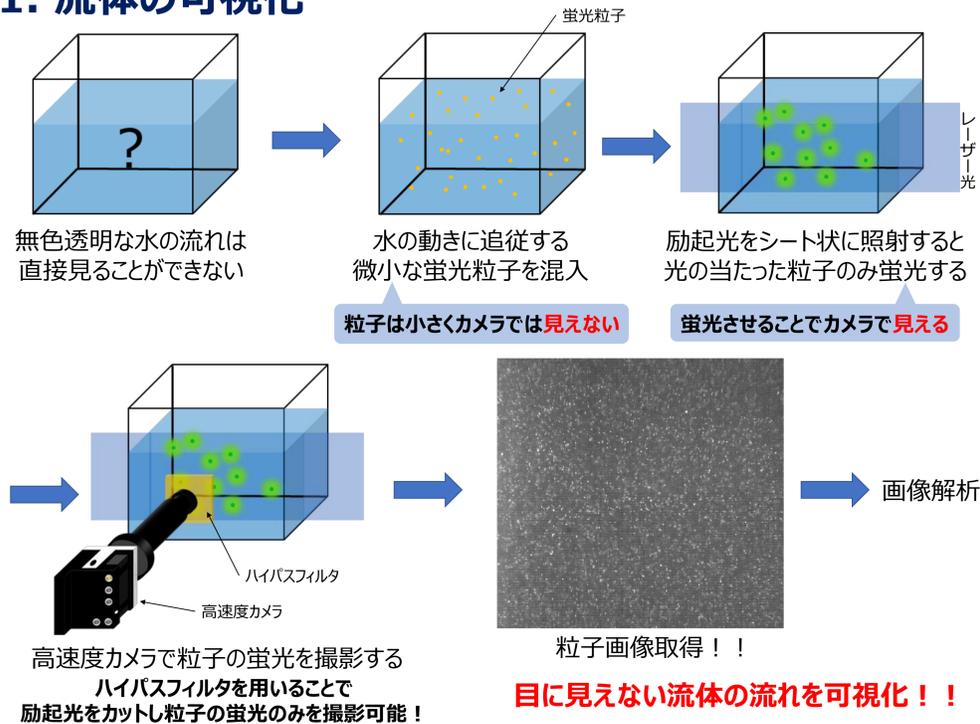
目的

- ✓ スポンジ気孔に対して1/1000以下の粒子を除去するには**ブラシの吸排水**が重要である
- ✓ スポンジによる吸排水がどのように行われているのか**流体を可視化**しPIVにより解明する

半導体洗浄

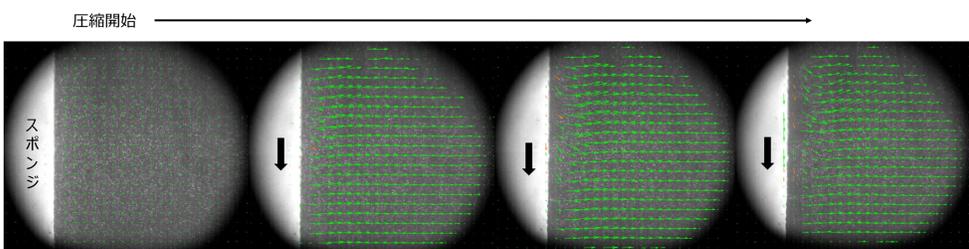


1. 流体の可視化



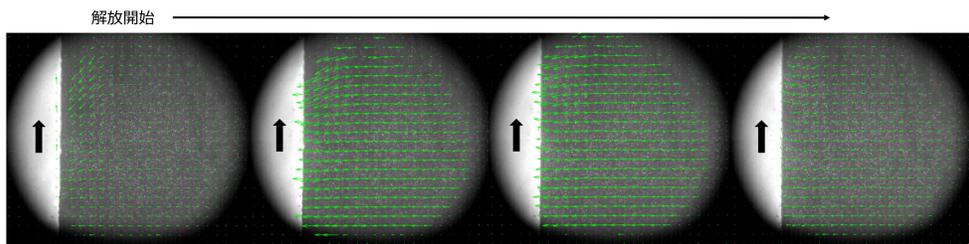
4. 液体吸排水の様子

●排水過程



スポンジから水が出ていく様子をベクトルにより定量的に評価！

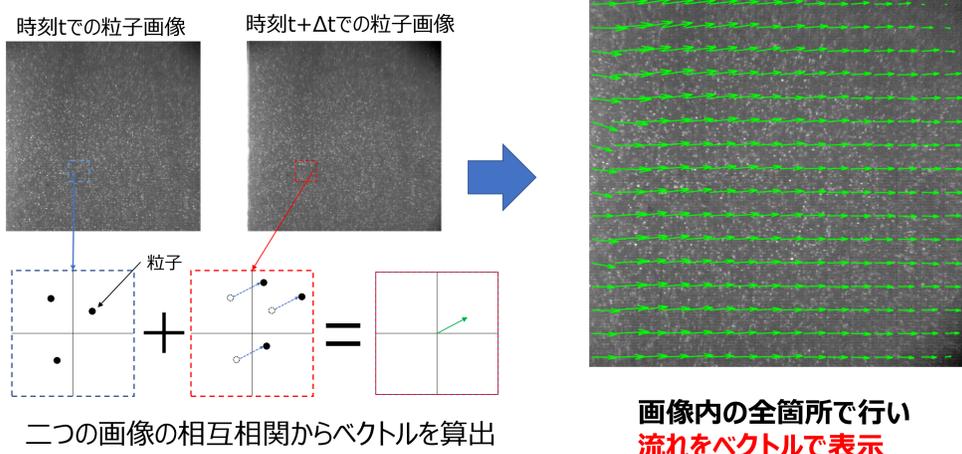
●吸水過程



スポンジに水が入っていく様子をベクトルにより定量的に評価！

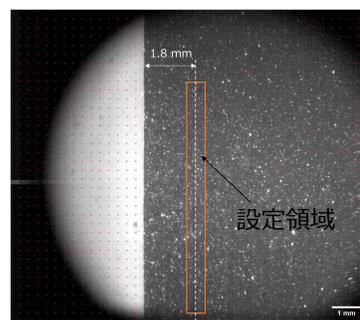
2. 画像解析 ～PIV（粒子画像流速測定法）～

● PIVlabにより速度ベクトルを算出



5. スポンジ変形速度と流速の関係

● 設定領域内の平均流速を算出



● 実験条件

スポンジ変形速度 U_a	3 ~ 8.1 [mm/s]
スポンジ変形量	1 [mm]

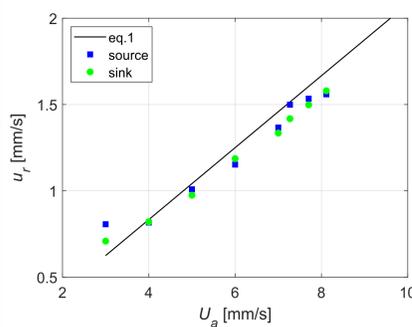
スポンジから一定距離の長方形領域内のベクトルの絶対値を平均化

スポンジ半径方向流速の算出

● 流速の概算式

$$u_r = -\frac{R^2 U}{2r h_0} \quad (\text{式1})$$

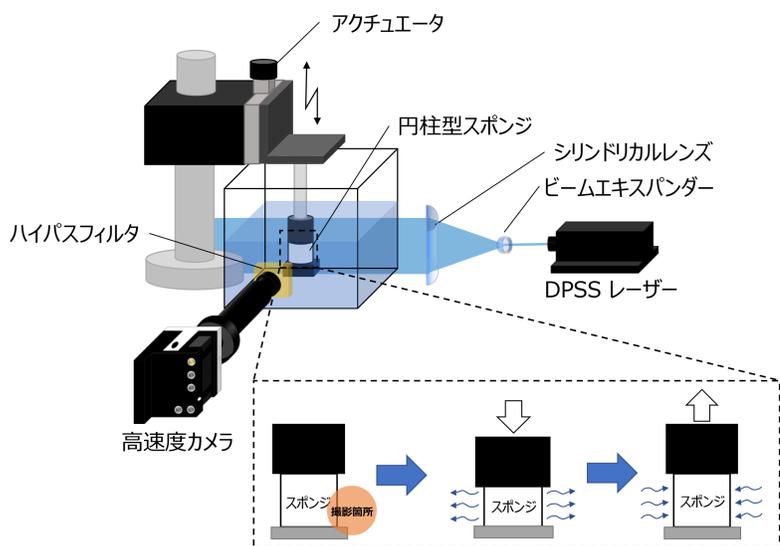
u_r : スポンジ半径方向流速
 h_0 : スポンジ高さ
 U : スポンジ変形速度
 R : スポンジ半径
 r : スポンジ中心からの距離



✓ 実験値と概算値が良好に一致

スポンジから出入りする水の流速はスポンジ変形速度に比例して増加！

3. 実験方法 ～スポンジの液体吸排水の解析～



- ① 水槽中心に円柱型スポンジを設置し、スポンジ上部のアクチュエータを用いてブラシを変形させる。
- ② 水槽に超純水を満たし、蛍光粒子を混入させレーザーをシート状に照射させることで蛍光粒子を蛍光させる。
- ③ 高速カメラにより液体吸排水の様子を撮影する。
- ④ 取得した画像をMATLABのOpenPIVであるPIVlabにより解析する。

6. 結言

半導体洗浄用スポンジの液体吸排水の解析をPIVにより行った

- ✓ 蛍光粒子を用いることで微小領域の流体の可視化に成功
- ✓ MATLABを用いてPIVを行うことで流れをベクトルで表示することができた
- ✓ スポンジからの水の出入りをベクトルにより定量的に評価できた
- ✓ スポンジから出入りする水の流速はスポンジ変形速度に比例して増加する

参考文献

- [1] T. Miyaki et al., Nodule Deformation of PVA Roller Brushes on a Rotating Plate: Optimum Cleaning for Nanosized Particles due to Liquid Absorption and Desorption of Sponge Deformation, *Solid State Phenom*, Vol. 314, P253-258 (2021).
- [2] T. William & R. Sonntag, Particle Image Velocimetry for MATLAB: Accuracy and enhanced algorithms in PIVlab, *Journal of Open Research Software*, (2021).