

課題番号 : F-14-TU-0076  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : 表面弾性波を用いたナノパーティクル形成の研究  
 Program Title (English) : Investigation of surface-acoustic-wave atomization for nanoparticle synthesis  
 利用者名(日本語) : 廣本 大貴  
 Username (English) : T. Hiromoto  
 所属名(日本語) : 東北大学大学院工学研究科ナノメカニクス専攻  
 Affiliation (English) : Department of Nanomechanics, Graduate School of Engineering, Tohoku University

### 1. 概要(Summary)

今日のナノテクノロジーの発展は目覚ましく、医療や工学など様々な分野で幅広く応用されている。中でもナノパーティクルの応用は触媒セラミック合成や微結晶化によるセラミックコンデンサ・発光素子の高性能化などに貢献するとともに[1]、中空のナノパーティクルを利用した高度なドラッグデリバリー技術への展開も期待されている[2]。

ナノパーティクル形成は、分子オーダーで原料を混合したミクロン液滴を散布し、これに熱を印加、溶媒を蒸発して原料を凝集させることで行われる[3]。一方で先行研究[4,5]にて、我々は表面弾性波(SAW: Surface Acoustic Wave)を利用した指向性霧化デバイスの開発を進めており、本研究ではこの霧化デバイスをナノパーティクル形成のためのミクロン液滴の生成に利用することを検討する。高効率なナノパーティクルの形成には元となる液滴のサイズが均一に近く、霧化に一定の指向性を有することが求められる。そこで、本研究では位相レーザードップラ法を用いて SAW 霧化デバイスからの液滴を定量的に評価することを試みた。

### 2. 実験(Experimental)

本研究で試作した、霧化機構と供給機構を集積化したデバイスの作製プロセスを Fig. 1 に示す。最初に LiNbO<sub>3</sub> 基板上に Al をスパッタリング法を用いて 200 nm 成膜、ウェットエッチングによりパターンニングする(Fig. 1(a)(b))。続いて、テープレジスト(MS7050)を貼付・パターンニングし(Fig. 1(c)(d))、サンドブラストを用いて溝を形成する(Fig. 1(e))。最後に厚膜レジスト(SU-8 2100)を用いてリザーバタンクを形成してデバイスは完成する(Fig. 1(f)(g))。Fig. 2 は試作を行った噴霧デバイスの光学顕微鏡写真を示す。

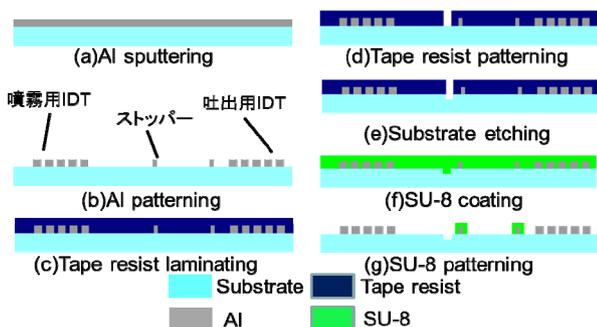


Fig. 1 Process flow.

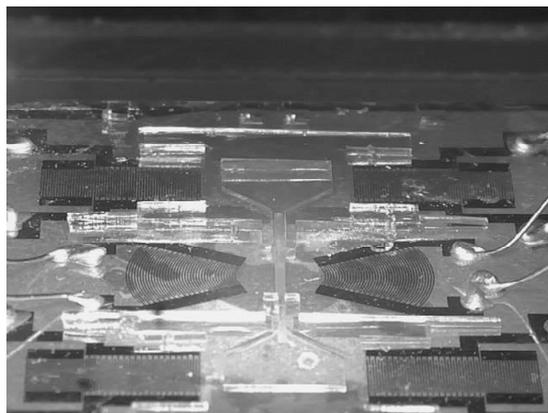


Fig. 2 Photo of device.

#### 2.1. 噴霧実験

試作した噴霧器を用いて水・エタノール・アセトンの霧化実験を行った。粒径の計測には即時計測できる位相ドップラー法(PDA)[6]を用いた。また、揮発性の高いエタノールおよびアセトンに関してはポンプを利用せず、溝に直接、30 μl を滴下し、噴霧した。

また、ポンプ用 IDT および円弧状 IDT は Table. 1 の条件で駆動した。

Table. 1 Voltage.

Arc-shaped IDT burst signal	
入力電圧[Vp-p]	50
信号周波数[MHz]	23.9
ton [sec]	$0.2 \times 10^{-3}$
T [sec]	$1 \times 10^{-3}$

Pump IDT burst signal	
入力電圧[Vp-p]	35
信号周波数[MHz]	24.0
ton [sec]	$2 \times 10^{-3}$
T [sec]	$10 \times 10^{-3}$
液滴量[μl]	4

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 3 に試作した噴霧デバイスを用いて水・エタノール・アセトンを霧化したときの粒径評価の結果を示す。Fig. 3 より、全ての液体においてミクロンオーダーの液滴が単分散で得られていることがわかる。Fig. 4 は霧化時の光学顕微鏡写真と噴霧開始からの液滴速度の変化とを示している。Fig. 4 より、指向性を有する噴霧には成功しているものの、

水およびエタノールでは、噴霧後に速度を失って対流している液滴が多数存在していることがわかる。一方、アセトンでは、霧化後の揮発によって、アセトンが指向性をもっているように見える。

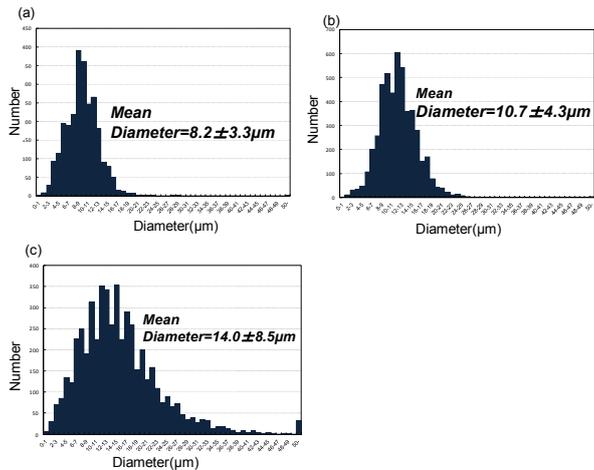


Fig. 3(a)Water, (b)Ethanol, (c)Acetone, Histogram of diameter and average diameter.

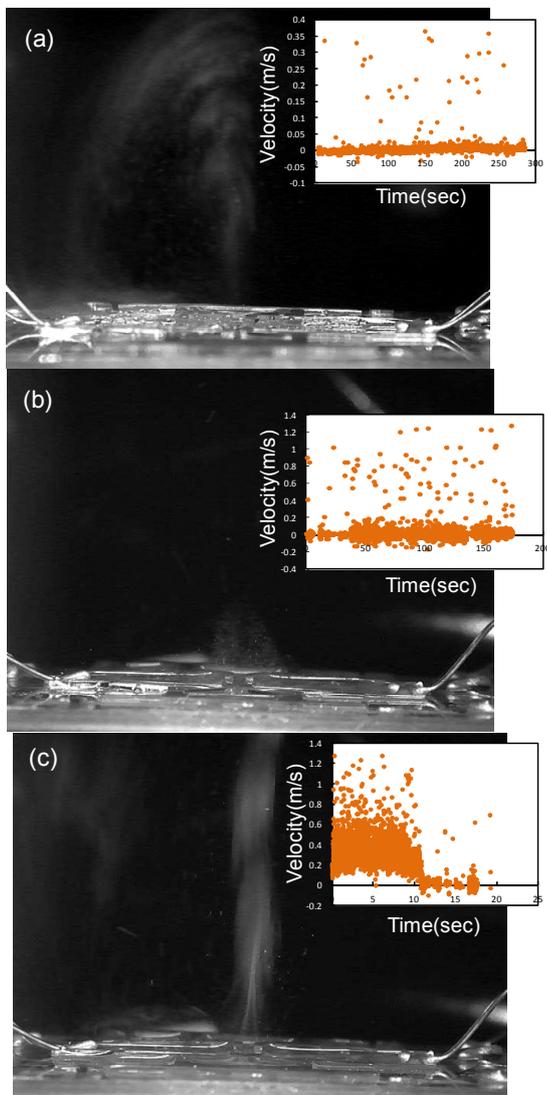


Fig. 4 Microscope images and change of velocity (a)Water, (b)Ethanol, (c)Acetone.

#### 4. その他・特記事項(Others)

##### 引用文献

- [1] 奥山 喜久夫, "ナノ粒子の合成・分散・機能化技術と実用化への課題", ホソカワミクロ, 51(2).
- [2] Kiran, Sonajie, Yu-Hsin, Lin, Jyuhn-Huarng, Juang, Shihaw-Pyng Wey, Chiung-Tong Chen, Hsing-Hen Sung, In vivo evaluation of safety and efficacy of self-assembled nanoparticles for oral insulin delivery, *Biomaterials*, 30, 2329-2339(2009).
- [3] James R. Friend, Leslie Y Yeo, Dian R Arifin and Adam Mechler, *Nanotechnology*, 19 145301(2008).
- [4] Atsushi Yabe, Yuichiro Hamate, Motoaki Hara, Hiroyuki Oguchi, Sumito Nagasawa, Hiroki Kuwano, A self-converging atomized mist spray device using surface acoustic wave, *Microfluid Nanofluid*, Published online: 09 February 2014.
- [5] Shun Sugimoto, Motoaki Hara, Hiroyuki Oguchi, Atsushi Yabe and Hiroki Kuwano, SURFACE-ACOUSTIC-WAVE DRIVEN POINT SOURCE ATOMIZER INTEGRATED WITH PICOLITER MICRO PUMPS FOR POLYMERIC
- [6] 池田 裕二, 中島 健, "噴霧液滴の PDA 計測", エアゾール研究, 8(3), 229-238(1993).

#### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

#### 6. 関連特許 (Patent)

なし。