

## インピーダンス測定による微粒子検出センサシステムの開発

小山工業高等専門学校 専攻科 機械工学コース・今泉研究室 2年

鈴木 結以 (すずき ゆい)

【概要】現在、環境問題が深刻化しており、特に車の排気ガスや PM2.5 による大気汚染は大きな社会問題となっている。これらの粒子は数ミクロンサイズ程度であり、人間の目では確認することが困難である。また近年、新型コロナウイルスによる飛沫感染なども問題となっており、液体中に含まれるウイルスや微粒子を検出する技術は非常に重要である。よって本研究では、微粒子が付着した際に静電容量が変化する新規センサを開発する。液体中の微粒子を簡便に検出することが可能となる。

【栃木を元気にするには】栃木県にはセンサ等の電子デバイスを製造、販売している企業が多く存在する。その中でも、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) センサは様々なアプリケーションに利用されており、今後 MEMS の技術開発は益々重要となる。また、微粒子の検出、発生抑制、除去等に関連する技術は環境問題を解決するために重要であり、今後さらに発展していくことが予想される。

## 1.背景

現在、様々な環境問題の解決に向けて、多くの研究開発が行われている。特に、石油燃料を燃焼した際に放出される微粒子は、人体や環境に問題であり、これらを簡便なシステムで検出し、必要に応じ無害化処理を行う技術開発は非常に重要である。また、エアロゾルは図 1 のように、液体中にウイルスや塵埃などが存在し、体内に吸い込むことにより健康被害をもたらす。これらの微粒子の大きさは数ミクロン以下である場合が多いため、ミクロンサイズの微粒子の有無や、微粒子を含む液体を検出するセンサの開発が必要である。

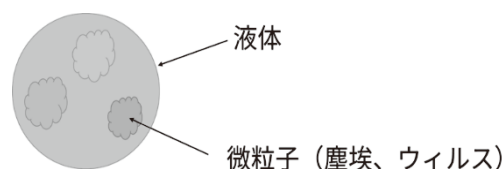


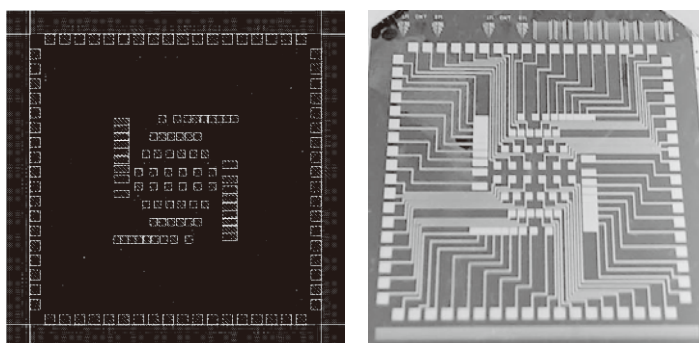
図 1 エアロゾルの形状

## 2.目的

本研究の目的は、液体と液体中の微粒子を検出する新規センサを開発することである。

## 3.実験方法

図 2 のような静電容量の変化を検出する液体判別センサを設計し、リソグラフィプロセス用のマスクを作製した。本研究では、このマスクを用いて実際にセンサを作製し、電極間に液体や微粒子が付着した際の静電容量の変化を調べる。センサの作製方法について述べる。最初にシリコンウェハ上にアルミニウムを蒸着し、 $0.3\mu\text{m}$  のアルミニウムの薄膜を形成する。次にリソグラフィプロセスによりシリコンウェハ上に図 2 のようなパターンを形成する。その後、ウェットエッチングプロセスにより、アルミニウム電極を作製する。センサの電極間距離は、 $2\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$  とした。



(a)

(b)

図 2 液体判別センサの(a)パターン設計図と、(b)作製したセンサ画像

このセンサは、中央部の電極間に液体や微粒子が付着すると、電極間の静電容量や抵抗の値が変化する。この測定値の変化を観測することにより液体や微粒子を検出する。

#### 4.実験結果と考察

図3、図4は測定時の電圧は500mV、周波数は100kHzで、電極間距離が20 $\mu$ mとしてそれぞれの電極間に水、エタノールを滴下した際の静電容量の変化のグラフである。図3の水を滴下した場合は、静電容量が変化した後、一定値をとるのに対し、エタノールを滴下した際は静電容量がいったん変化した後、再び滴下前の値に戻るという結果が得られた。これは、エタノールが揮発性であるため、エタノールが電極間に付着後蒸発することによりこのことより、静電容量の値が滴下前に戻ったと考える。一方、水の場合は常温で蒸発するには時間がかかるため、水滴下後に一定値を保ったのではないかと考えられる。有機溶液である揮発性のエタノールの付着、蒸発を確認することができたと考える。

また、図5は、電極間距離をそれぞれ50 $\mu$ m、500 $\mu$ mとし、それぞれの電極間に水を滴下した際の静電容量の変化を測定したものである。静電容量は電極間距離に反比例するため、500 $\mu$ mの電極間に水を滴下した際の静電容量の変化率のほうが小さくなっているのがわかる。このことより、電極間距離による静電容量の値の変化を確認することができた。また、水滴の付着による静電容量の時間変化を確認することができた。

#### 5.結論

エタノール、水の滴下による液体の付着と蒸発を確認することができた。また、センサに滴下した水滴の電極間距離による容量変化を確認した。今後は、液体中に微粒子を含む場合の静電容量の変化や、静電容量の値の周波数依存性についても実験を行う。

#### 参考文献

[1] 五十嵐大夢, 第82回応用物理学会秋季学術講演会, 10a-N302-6.

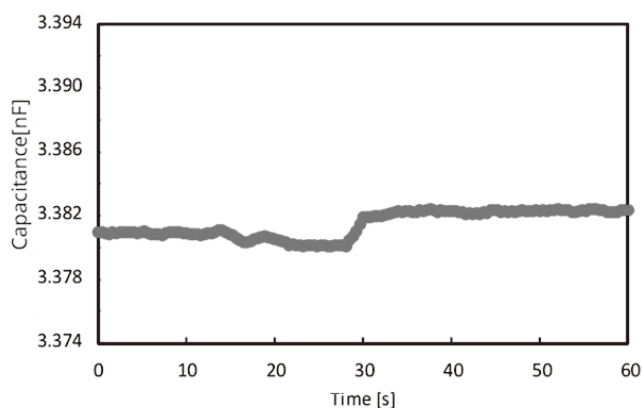


図3 水を滴下した際の静電容量変化

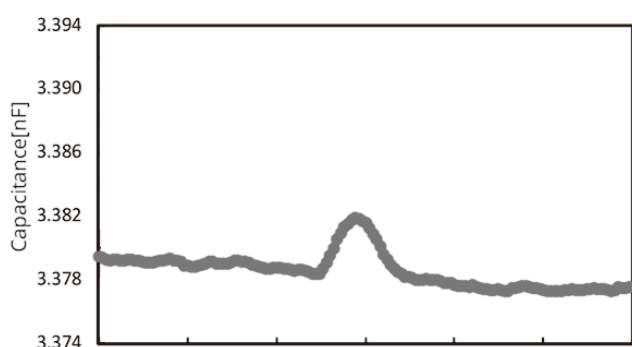


図4 エタノールを滴下した際の静電容量変化

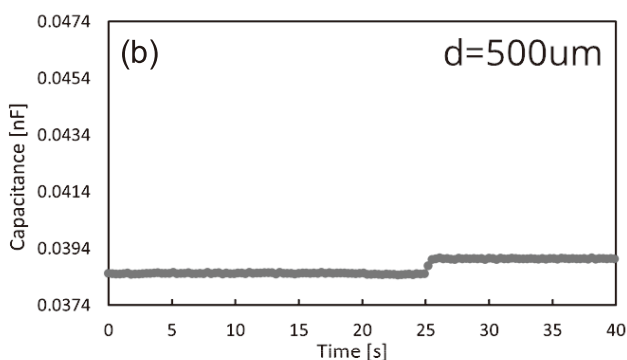
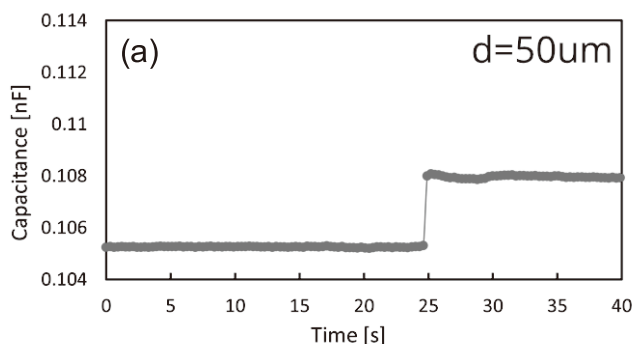


図5 電極間距離による静電容量の変化