

# 多孔質フィルムを用いた湿度センサの開発

電子情報部 ○奥谷潤 米澤保人 機械金属部 的場彰成

## 1. 目的

あらゆるものがインターネットに接続されるIoT(Internet of Things)において温度、湿度、光、音、圧力などの現象を電気信号に変換して出力するセンサは、必須のデバイスである。このうち湿度センサは、抵抗型および静電容量型に大別され、抵抗型は構造が簡単で安価に生産できる一方、静電容量型と比べて応答速度が遅いという課題がある。そこで気体が通り抜け易いという多孔質フィルムの通気性の高さに着目し、応答速度に優れた抵抗型湿度センサの開発を目指した。

## 2. 内容

### 2.1 湿度センサの作製

従来の抵抗型湿度センサがくし形電極を用いて、その上に塗布した感湿材料の電気抵抗を測定するのに対し、開発する湿度センサでは、水蒸気を含む気体が通り抜けたときの多孔質フィルムの電気抵抗を測定する。

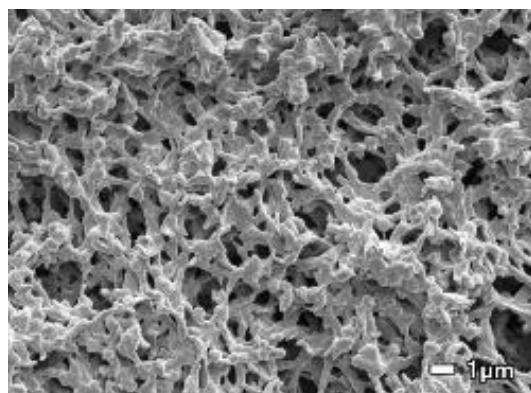
多孔質フィルムは、メンブレンフィルタ(Merck社製、孔径0.1および0.45  $\mu\text{m}$ 、 $\phi 47\text{mm}$ 、厚さ0.125mm、親水性PVDF、空隙率70%)を用いた。電気抵抗を測定するための電極は、多孔質フィルムの両面に $\phi 40\text{mm}$ の金属薄膜を形成した。金属薄膜は、スパッタリング装置(E-1030、株日立製作所)を用いてAu、EB(電子ビーム)蒸着装置(UEP-4000、株アルバック)を用いてCuを積層した。

図1に多孔質フィルム上に形成した電極表面の電子顕微鏡像を示す。金属薄膜によって孔が埋まることはなく、気体が通り抜けできると思われる。なお、空気の流量は、孔径0.45  $\mu\text{m}$ が孔径0.1  $\mu\text{m}$ に対して約27倍大きい(68.94kPa, 20°C)。

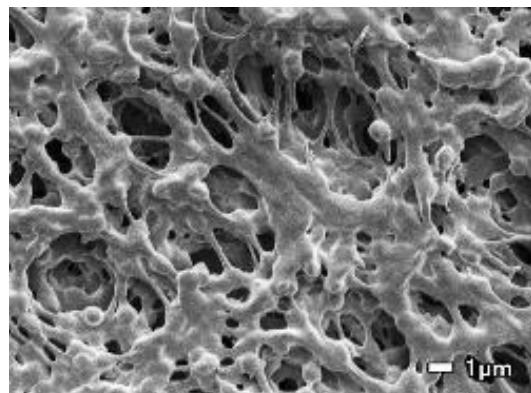
### 2.2 電気抵抗の相対湿度依存性

作製した湿度センサの評価には、環境試験槽(PDL-4J、エスペック株)を用いた。雰囲気条件は、温度を20, 30, 40, 50°C、相対湿度を20, 40, 60, 80, 90%RHとし、各温湿度における湿度センサの電気抵抗を求めた。測定には、オペアンプによる反転増幅回路を利用し、オペアンプの反転入力端子に接続した湿度センサと参照抵抗器、出力電圧の値から作製した湿度センサの電気抵抗を算出した。

図2に多孔質フィルムを用いて作製した湿度センサの電気抵抗の雰囲気温度および相対湿度依存性を示す。孔径0.1  $\mu\text{m}$ および0.45  $\mu\text{m}$ のいずれにおいても雰囲気温度が高いほど、また、相対湿度が高くなるにしたがって電気抵抗が低下することが分かった。このことから、多孔質フィルムが湿度センサとして利用できる可能性を見出した。なお、孔径0.1  $\mu\text{m}$



(a) 孔径0.1  $\mu\text{m}$



(b) 孔径0.45  $\mu\text{m}$

図1 多孔質フィルムの電極表面の電子顕微鏡像

および $0.45\mu\text{m}$ のいずれにおいても相対湿度20~90%RHで電気抵抗の値に3桁程度の変化が見られており、これは市販の抵抗型湿度センサと同等の変化であった。

### 2.3 湿度変化に対する応答速度

電気信号を取り出せる密閉容器に作製した湿度センサを入れ、温度40°C、相対湿度40%RHの雰囲気の環境槽内において容器を閉じた後、槽内を温度40°C、相対湿度80%RHに変更し、雰囲気が安定したところで容器を開放した。また、市販の温湿度計(RTR503B、(株)ティアンドディ)の抵抗型湿度センサを同時に評価した。

図3に作製した湿度センサおよび市販の温湿度計の湿度の応答速度測定結果を示す。安定となったときの出力電圧の値を100%とし、その値の90%になるまでの経過時間を90%応答時間とした。相対湿度40%RHから80%RHに湿度変化させたときの90%応答時間は、作製した湿度センサのうち、孔径 $0.1\mu\text{m}$ で25秒、 $0.45\mu\text{m}$ で10秒であった一方、市販の温湿度計は、132秒であった。このことから、多孔質フィルムを用いた湿度センサは、市販品の温湿度計よりも湿度に対して高速に応答することが分かった。なお、孔径 $0.45\mu\text{m}$ において応答の立ち上がりが速かった。このことは、孔径 $0.1\mu\text{m}$ と比較して空気の流量が大きく、より多くの気体が通り抜けられたためと考えられる。

## 3. 結 果

- 多孔質フィルムの両面に電極を形成した構造において、相対湿度および雰囲気温度が高くなるにしたがって電気抵抗が低下しており、湿度センサへの応用の可能性を示した。
- 作製した湿度センサの湿度に対する応答速度は、抵抗型湿度センサを搭載した市販の温湿度計よりも高速であり、孔径が大きな多孔質フィルムの湿度応答の立ち上がりが高速であった。

今後、実用化に向けて、センサの耐久性などについて、さらに実際の使用環境における評価が必要である。

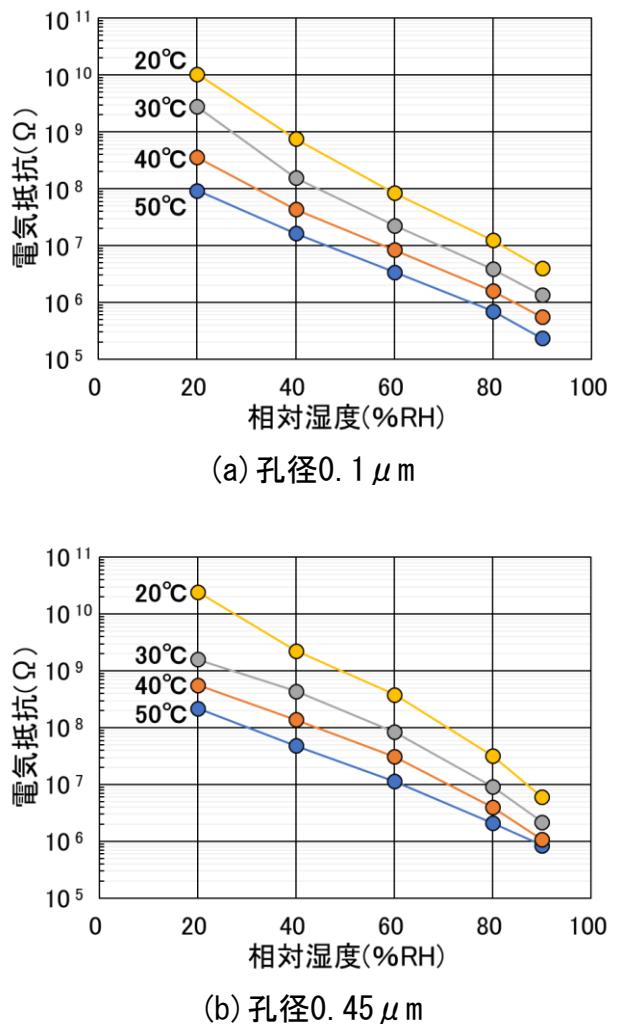


図2 電気抵抗の雰囲気温度および相対湿度依存性

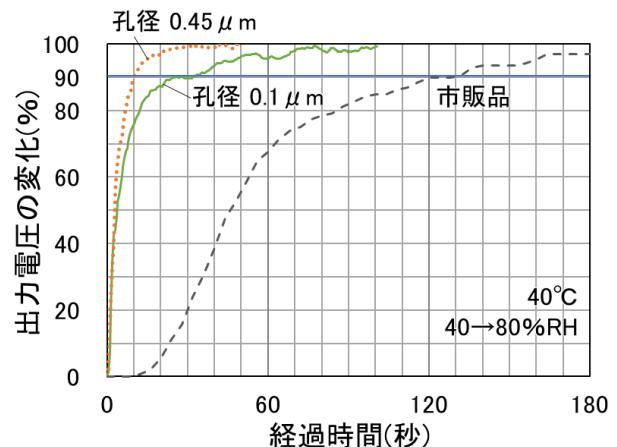


図3 湿度の応答速度測定結果