

モイスチャーセンサ — 微小な水滴を検出・判別 —

SATテクノロジー・ショーケース2017

■ はじめに

湿気(モイスチャー)が環境中に存在する微小な水分であるとすると、水蒸気、湯気、霧だけでなく、息、汗などまでも含まれることになる。微小な水滴のサイズは、肌への浸透や結露、飛散といった現象に大きな違いを及ぼすことが分かってきている。一般的な湿度計は、水分を吸収することで変化する物性値を利用するため、水滴のサイズを検出・判別することは原理的に不可能である。また、市販の結露検出器では100 μm よりも小さい水滴を検出し、そのサイズを判別することはできない。さらに、粒度分布計や顕微鏡撮影した画像の解析により、水滴のサイズを判別することはできるが、いずれも装置がメートル級であり、簡単に持ち運んで利用することは難しい。

そこで、微小な水滴を高精度・高感度・高速で検出し、サイズを判別する小型センサの開発を行った。本センサにより検出可能な水滴の最小径は0.5 μm であり、上述の結露検出器よりも100倍以上高精度である。また、判別可能な水滴のサイズは0.5~40 μm であり、湿度計・結露検出器では判別不可能な領域である。さらに、応答時間が0.02秒以内と短く、湿度計よりも100倍以上高速応答であると言える。本センサは「発生源から出てくる水滴の判別」や「対象物にくっつく水滴の検出」に用いることができることから、美容・衛生・医療・食料・繊維・紙・プラスチック・インフラ・モビリティ・ハウス/オフィス・アグリ・ロジスティクスといった幅広い分野への応用が期待できる。

■ 活動内容

1. モイスチャーセンサの構成

センサチップの構造とセンサの動作原理を図1に示す。5 mm角のセンサチップの中央に1 mm^2 に満たないセンサエリアがある。センサエリアには電極となる異種金属の細線が並べられている。水滴が隣り合う金属(電極)同士をつなぐ(ブリッジする)ように付着すると、金属間に電流が生じる。なお、金属同士の間隔(ギャップ)は変更可能であり、現状では0.5~40 μm である。

センサチップ、センサチップからの出力を計測するための計測器、計測器からの信号を表示・保存するためのソフトウェア画面を図2に示す。計測器は片手に収まる大きさであり、無線を介してソフトウェアが動作するPC等の端末に計測信号を送信することが可能である。なお、モイスチャーセンサー式を貸与(有償)することもできる。

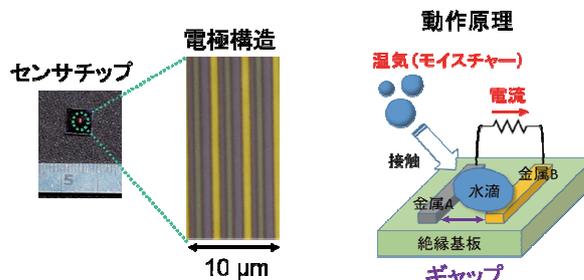


図1 モイスチャーセンサの構造と動作原理

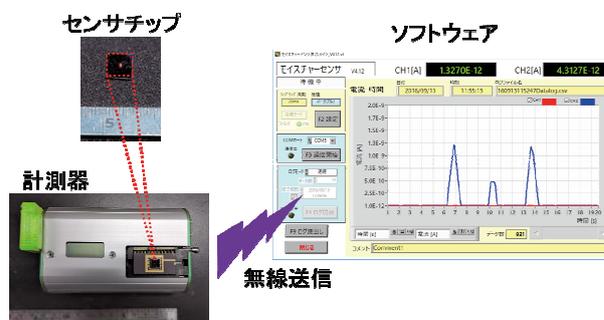


図2 モイスチャーセンサのチップ、計測器とソフトウェアの外観

2. モイスチャーセンサの特徴

2.1 微小な水滴を検出

異なる金属(電極)間距離(ギャップ)を有するモイスチャーセンサの表面上に水滴を断続的に接触させた際のセンサ表面の写真および電流応答を図3に示す。10 μm のギャップを有するセンサでは、その表面に水滴は観測されるものの、電極間をブリッジする水滴はほとんどなく、応答電流は検出されていない。一方、0.5 μm のギャップを有するセンサでは、水滴が電極間をブリッジしており、応答電流が検出されている。これは、市販の結露検出器と比べて、100倍以上高精度である。また、応答電流のS/N比は4桁以上であり、一般的な湿度計と比較して、10倍以上高感度といえる。また、電流値は水滴の数に依存することから、検出された水滴の個数を求めることも可能である。以上より、本センサは0.5 μm までの微小な水滴に対し、高精度・高感度での検出が可能である。

代表発表者 **川喜多 仁 (かわきた じん)**
 所属 **国立研究開発法人物質・材料研究機構**
 問合せ先 **〒305-0044 つくば市並木1-1**
TEL:029-859-2000 FAX:029-860-4916
KAWAKITA.Jin@nims.go.jp

■キーワード: (1)微小水滴
 (2)検出
 (3)サイズ判別

2.2 微小な水滴のサイズを判別

モイスチャーセンサは異なるギャップを有するセンサチップを用いることで、水滴のサイズを判別することが可能である。その一例を図4に示す。1 μm と10 μm のギャップサイズを有する電極において、それぞれ電流応答が得られていることが分かる。このような電流応答を解析することにより、水滴のサイズ分布を求めることも可能である。本センサを用いて判別可能な水滴のサイズは0.5~40 μm と、一般的な湿度計や市販の結露検出器では判別不可能な領域であり、粒度分布計などの光学的な手法と比べて1/100以下の大きさで、持ち運びも可能である。

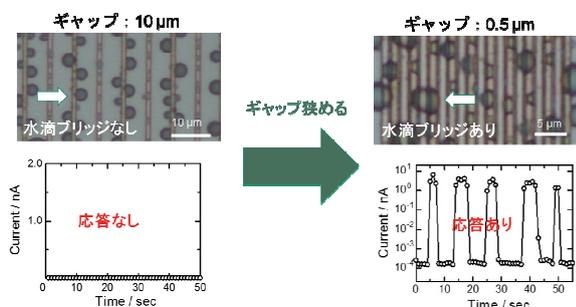


図3 異なるギャップサイズを有するモイスチャーセンサに微小な水滴を断続的に付着させた際のセンサ表面と電流応答の経時変化

2.3 水滴付着に対する高速応答

モイスチャーセンサに微小な水滴が付着する前後の応答電流の経時変化の一例を図5に示す。データのサンプリング間隔を0.04秒とした場合に、2桁以上のS/N比を有する応答電流が得られている。なお、現状では、サンプリング間隔を0.02秒まで小さくすることができる。一般的な湿度計や露点計は結果が得られるまでに10秒程度かかることから、本センサは100倍以上高速応答であると言える。

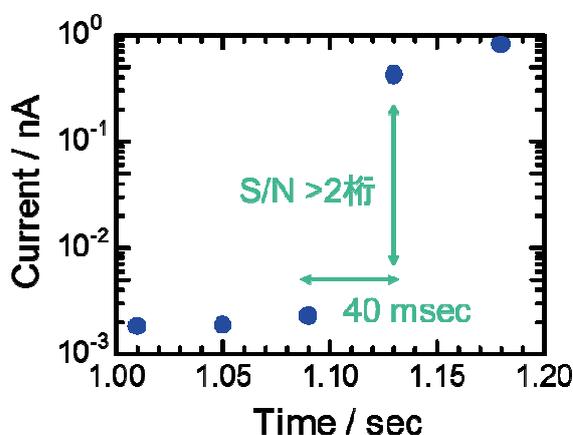


図5 モイスチャーセンサに水滴を付着させる前後の電流応答の経時変化

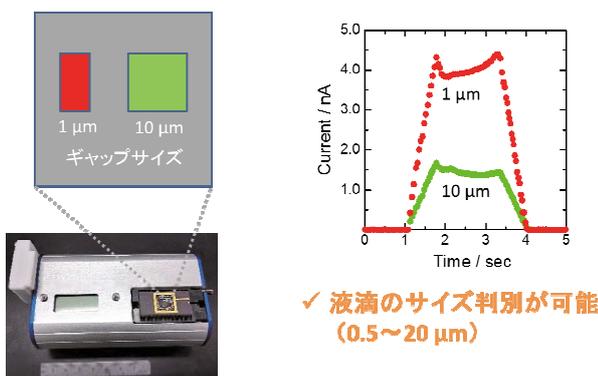


図4 異なるギャップサイズを有するモイスチャーセンサに微小な水滴を付着させた際の電流応答の経時変化

■ まとめ

モイスチャーセンサは微小な水滴を高感度・高速で検出するとともに、そのサイズを簡便かつ小型で判別することができる。

本センサは「発生源から出てくる微小な水滴のサイズを判別」できることから、肌の診断や素材の透湿度の評価などへの適用が考えられる。また、「対象物にくっつく微小な水滴を検出」できることから、結露や腐食の早期検知への適用が考えられる。さらに、美容・衛生・医療・食料・繊維・紙・プラスチック・インフラ・モビリティ・ハウス/オフィス・アグリ・ロジスティクスといった幅広い分野への応用が期待できる。