

カーボンナノチューブ複合電極を有する超高速容量式湿度センサと計測システムの開発

Development of ultra-highspeed capacitive humidity sensors with CNT composite electrodes

信大 工¹, 袁 子はん¹, 伊東 栄次¹
 Shinshu Univ.¹ Yuan Zihan¹, Eiji Itoh¹
 E-mail: eitoh@shinshu-u.ac.jp

【まえがき】 湿度センサは天候計測、空調設備、高機能レンジ、食品や薬品の管理等の幅広い分野で応用されており、最近ではヘルスケア製品や医療機器への展開も期待されている。空調設備等では1分程度の応答でも十分であったのに対して、特に、レンジや医療機器では0.1秒台の高速応答と幅広い湿度領域で安定動作することが望まれる。近年、グラフェンや機能分子を修飾して表面反応を用いた極薄膜において数10 msの超高速電気抵抗式センサの報告例もみられるが、抵抗の温度依存性や湿度に対する非線形応答、低湿度と高湿度領域での動作安定性が低いなどの課題がある。^[1,2] これに対して、フッ素化ポリイミドなどの疎水性高分子を用いた電気容量式の湿度センサは容量の変化が0~100 %RH で10-30%と小さいものの、温度依存性が小さく湿度に対して線形応答するためデータ補正をほとんど必要としない。しかし、容量式ではバルクの誘電率変化を利用するため応答時間が遅く、1秒以下の動作は殆ど報告されていない。

そうした中で我々はカーボンナノチューブガス透過電極とフッ素化ポリイミドを組み合わせた高速で高感度な湿度センサの開発に取り組み、薄膜化により 1秒以下の高速応答が見積もられたが、ガス置換・制御や容量計測時間の制約により0.1秒台の応答を詳細に実測することが困難であった。^[3] 本研究では0.1秒以下 (10msオーダー) で湿度制御と容量計測を行うための高速制御・計測システムの開発と湿度センサのさらなる高性能化の実証について検討を行った。

【湿度センサの作製方法とシステム】 ITO基板をUV処理しカップリング処理したのち、ポリイミド前駆体をスピコートしてプリバーク後に350℃で窒素中でキュアしてフッ素化ポリイミド膜を得た。多層カーボンナノチューブ (MWCNT) または単層カーボンナノチューブ (SWCNT) のアルコール分散液を精密ディスペンサーで塗布しコーティング膜を必要により塗布して加熱処理することでセンサを作製した。図1に示すように水をバブリングして高温空気を発生させ、これと乾燥空気を混ぜ合わせて任意の湿度を得たのち、電磁弁とマスフローコントローラにより適宜ガスを圧縮しながら高速に切り替えて小型の測定容器に流し込み、湿度変化時の電気特性をリアルタイム計測した。

【結果】 図2は95%RHの湿気と乾燥空気を交互に入れ替えた際の応答についてSWCNTとMWCNT電極とで比較した結果である。疎水性が相対的に高く多孔性のMWCNTを用いた場合において立ち上がり時間が0.15秒、立下り時は0.3秒の高速応答が得られた。同電極を用いた薄いFPI層を用いたセンサにおいて0.1秒を切る超高速応答も観測している。詳細は当日報告する。

参考文献

- [1] S. Borini et al., ACS Nano, 7, 11166 (2013).
- [2] U. Mogera et al, Sci. Rep. 4, 4103 (2014).
- [3] E. Itoh and A. Takada, Jpn. J. Appl. Phys., 55, 02BB10 (2016)

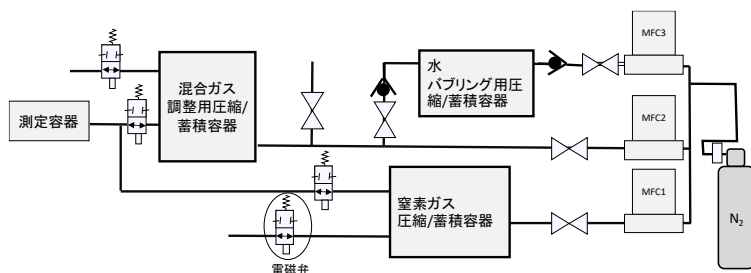


図1 湿度センサ環境計測・制御システムの概略図

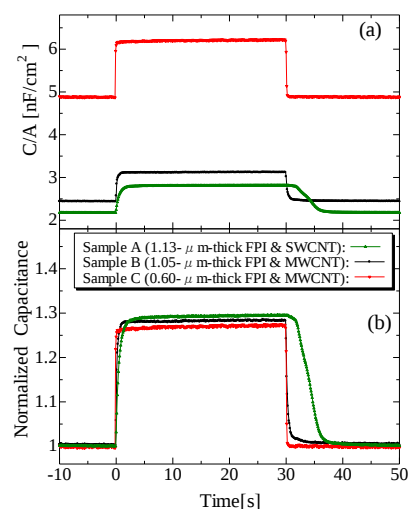


図2 電極とFPI層の厚さの違いによる湿度センサ応答時間の比較