多層カーボンナノチューブ/ポリイミド複合電極を用いた超高速応答ポリイミド湿度センサの時間応答評価

Response measurement of polyimide humidity sensors using multi-wall carbon nanotube / polyimide composite electrode

信州大　°畑山 誠，伊東 栄次
Shinshu Univ.　Makoto Hatayama,　Eiji Itoh
E-mail : eitoh@shinshu-u.ac.jp

【はじめに】

湿度センサはエアコン、自動車、家電製品、ヘルスケア製品等に幅広く利用され、 用途によって感度や耐熱性、高速化等の要求性能も多様化している。抵抗検出型のセンサは温度依存性が大きく乾燥時や高湿状態の安定性に欠けるが、水の吸着による比誘電率変化を利用する容量型の湿度センサは低湿度でも安定動作し温度依存性も小さいため、容量型への移行が現在急ピッチで進んでいる。ポリイミドは耐熱・耐薬品性・耐久性に優れた高分子でありフッ素化することで高速に水蒸気が吸・脱着し問題であった高湿度域の線形性も良い。水分子の浸透は拡散現象に基づくので膜厚を薄くして電極のガス透過性も高めれば高速化する。櫛形電極(横型)も開発されているが[1]、静電容量が大きく低下し、湿度に応答しない寄生容量の割合が大きくなり望ましくない。本研究では上部電極としてナノ多孔性の多層カーボンナノチューブ(MWCNT)を用いたこととポリイミドの薄膜化により 10 ms 台の超高速応答と安定性の向上を目指した。また、湿度センサの応答速度をより正確に評価するための測定システム[2]を開発するとともに、CV 変換回路を作製してオシロスコープでダイレクトに波形を取り込むことで、10 ms 台で応答する湿度センサの評価を目指した。

【実験方法】

ITO 基板上に疎水性の表面処理を行い、フッ素化ポリイミド(FPI)の前駆体であるフッ素化ポリアミド酸 (FPAA)を塗布し、ベイクした。次にスタンプ上に MWCNT を製膜し、分散剤除去した後、安定性と密着性を高めるために薄い FPAA を製膜することで MWCNT と複合化させてから、転写し、350℃でキュアしてイミド化を行った。電極の有効面積は 4 mm^2 とした。最後に、パッド電極として銀を MWCNT 上で容量には直接影響のない位置に 80 nm 製膜した(素子構造は図 1 参照)。

【結果と考察】

湿度センサの容量変化は湿度に対して線形性を示し、湿度の上昇と降下時におけるヒステリシスも見られなかった(図 2 参照)。MWCNT 電極が撥水性かつ多孔性であり、水との相互作用が小さく、フッ素化ポリイミドも水との相互作用が小さいことで線形性が得られたと考えられる。また、MWCNT 単体を FPI 上に形成した場合と比べて、転写法によって、FPI との複合電極とすることで、密着度が向上、安定化し、ノイズを大きく軽減した。また、高速電磁弁を用いて 100 ms 単位で混合ガスと乾燥ガスの切り替えを行い、容量変化を評価したところ膜厚 158 nm のセンサにおいて、立ち上り 60 ms－70 ms 台(図 4 の左参照)、立下り 40ms 台(図 4 の右参照)の容量型湿度センサとしては従来の報告を大きく上回る超高速応答が得られた。立ち上がり時間に関してはガス置換を速くするとさらに高速化しており、現在検討を進めているが、詳細は当日報告する。

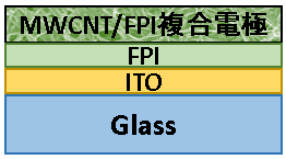

図 1 素子構造

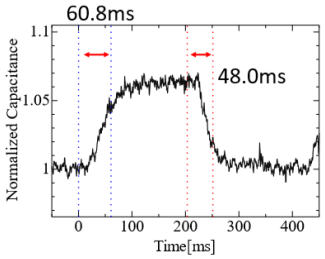

図 3 20%における超高速応答

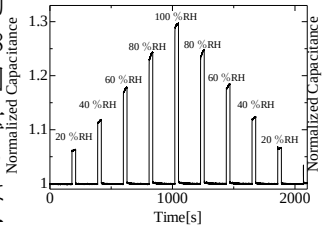

図 2 湿度に対する静電容量変化

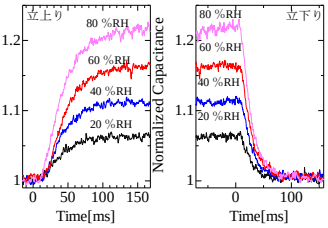

図 4 各湿度における超高速応答

【参考文献】

[1]Hamid Farahani, Rahman Wagiran, Mohd Nizar Hamidon: Sensors. 14(2014) 7881-7939
[2]Eiji Itoh and Zihan Yuan:Japanese Journal of Applied Physics(2017), Volume 56, Number 5S2

© 2018年 応用物理学会