

印刷形成での SWCNT 電極の静電容量型湿度センサーの作製と高性能化 Fabrication of high speed humidity sensor using printed single wall carbon nanotube water permeable electrode

信州大工¹、高田 明典¹、伊東 栄次¹
Shinshu Univ.¹, Akinori Takada¹, Eiji Itoh¹
Email: eito@shinshu-u.ac.jp

1. まえがき 湿度センサーの感湿膜として用いられているポリイミドは、絶縁性・耐熱性・耐薬品性に優れている材料であり、加えて他の高分子材料と比較して、非常に良好な吸湿・放湿性をもつ。中でもフッ素化ポリイミドは、疎水性を一部有しており、良好な応答特性が期待される。^[1] 上部電極に Au が用いられているが、この場合は水分子を通過させやすくするため薄く蒸着するか厚く蒸着した後に μm の微細孔を形成する必要がある。また、くし形電極にする方法もあるが静電容量が小さくなるため感度が低くなりそれを補うには高周波回路を要する。^[2] そこで高感度で応答速度の速い湿度センサーを簡易プロセスで作製することが求められている。高性能なデバイス作製には μm オーダーの電極等のパターン分解能も要求され、フォトリソグラフィを用いた工程が用いられてきたが、ダメージやエッチングによる廃材の問題も懸念される。こうした中でソフトリソグラフィは高分解能の直接印刷を可能とし、量産性に優れている。^[3] また、近年、Au、Cu、Ag 等の直径 10nm 前後のナノ粒子からなるナノメタルインクの開発が進められており、これとカーボンナノチューブ(CNT)を組み合わせて複合配線パターンをソフトリソグラフィにより作製すれば導電性や生産性と機能性の発展が期待できる。^[4] そこで本研究では印刷形成可能なガス透過性電極として SWCNT(シングルウォールカーボンナノチューブ)を静電容量型湿度センサーに応用し高性能化を試みた。

2. 実験方法 静電容量型湿度センサーはパターン化した ITO 付きのガラス基板上にフッ素化ポリイミドを塗布し、SWCNT を塗布後、 350°C で加熱してポリイミドのイミド化と分散剤除去を同時に行った。また、特性比較のため Au 電極を薄く蒸着した静電容量型湿度センサーも作製した。相対湿度を 30%-90% に制御した空間に小さな箱をいれて蓋を開閉し、蓋を閉じている時は乾燥ガスを流した。この時の静電容量を LCR メーター(Agilent 4284A)を用いて測定した。また、周波数は 10kHz、振幅は 0.5V とした。

3. 結果と考察 図 2 に静電容量特性を示す。Au 電極、SWCNT 電極とも相対湿度に対し比例して静電容量が変化することが分かる。水の誘電率は高分子の誘電率に比べて大きいため、水分子が膜に侵入することで、見かけ上の誘電率が増加すると考えられる。よって、静電容量型湿度センサーとして機能していることが言える。また、定常状態において静電容量が変化しているが、容器内の湿度変化によるものだと考えられる。湿度変化に注目し応答時間を求めたところ立ち上がり時間は SWCNT 電極では 0.7s、Au 電極では 1.62s となり、立ち下り時間は SWCNT 電極では 1.56s、Au 電極では 2.15s となった。SWCNT 電極の方が高速応答し、水分子を容易に通過させるためと考えられる。立ち上がり時間より立ち下り時間の方が応答時間が長くなったのは乾燥ガスの充てんに時間を要したためだと考えられる。また、1%RH 当たりの容量変化は SWCNT 電極では 0.79pF、Au 電極では 0.92pF となった。ポリイミドの膜厚を薄くすることで容量変化の向上ができると考えられる。詳細は当日報告する。

4. 謝辞 本研究の一部は JST の FS ステージ(探検)「カーボンナノチューブ/ナノメタル複合体配線の実用化にむけた要素技術開発」(課題番号 AS242Z02102J)により行われた。

参考文献

- [1] 金森裕太 伊東栄次 宮入圭一, ポリイミド静電容量型湿度センサの薄膜化による高感度化の検討, 電子情報通信学会 (105-425-2005), P.35-40
- [2] Ching-Hsiu Che-Hsin Lin, A novel method to fabricate ion-doped microporous polyimide structures for ultra-high sensitive humidity sensing, Sensors and Actuators B 135(2008)276-282
- [3] 菅沼克照監修, プリントドエレクトロニクス技術最前線, シーエムシー出版, (2010)
- [4] Da Zhao, Tao Liu, Jin Gyu Park, Mei Zhang, Jen-Ming Chen, Ben Wang, Conductivity enhancement of aerosol-jet printed electronics by using silver nanoparticles ink with carbon nanotubes, Microelectronic Engineering 96(2012)71-75
- [5] 大竹尚登 榎本和城 安原鋭幸, カーボンナノチューブ複合材料, 日本複合材料学会誌(28-6-2002), P.220-227
- [6] 伊東栄次, 容量型ガスセンサ, 特願 2013-112931

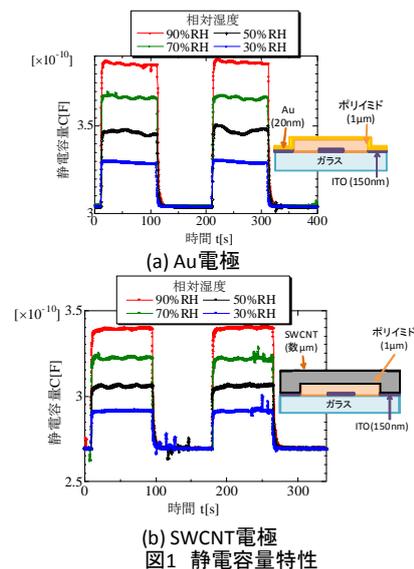


図1 静電容量特性