

# 폴리이미드 박막을 이용한 습도 센서의 개발에 관한 연구

° 정광희\* 조동현\* 이병성\* 징병기\* 한상옥\* 김용락\* 박강식\*\* 김종석\*\*\*  
\*충남대학교 \*\*충남전문대학 \*\*\*대전산업대학교

## A Study on The Development of Humidity Sensor Using Polyimide Film

° K. H. Jeong\* D. H. Cho\* B. S. Lee\* B. K. Jeong\* S. O. Han\* Y. L. Kim\* K. S. Park\*\* J. S. Kim\*\*\*  
\*Chungnam Univ. \*\*Chungnam Jun. Col. \*\*\*Taejon Inst. Univ.

### Abstract

In this work, polyimide thin films fabricated by the electrophoretic deposition are investigated as a humidity sensing material. Capacitance and impedance are measured with increasing relative humidity to find the nature of the film.

From the results, the polyimide humidity sensor is not classified impedance change type but capacitance change type and appear more sensitive in the region of higher humidity than that of lower humidity.

### 1. 서론

습도센서란 일반적으로 습도의 변화를 전기적인 변화로 변환시키는 것으로 이 변화에 의해서 전자기기가 제어된다. 제어대상이 되는 습도범위는 용도나 목적에 따라 저습도(수 % RH -), 고습도(- 100% RH) 및 결로 등의 상태로 나뉘어 진다. 그러나 저습도에서 결로 범위까지의 전범위에 걸쳐 1개의 센서로 좋은 감도를 나타내는 센서는 아직 개발되지 않고 있다. 따라서 각각 용도와 목적에 따라 적절한 종류의 센서를 선정할 필요가 있다.

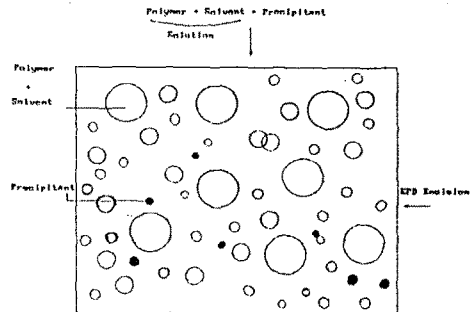
습도센서는 센싱 방법에 따라 임피던스 변화형과 장전용량 변화형으로 나뉘어지며, 또한 감습재료에 따라 유기재료와 무기 재료로 나뉘어 진다. 최근까지 센서는 주로 무기물계의 임피던스 변화형 감습재료가 주로 사용되어 왔으나 사용상 감도저하를 방지하기 위해 주기적인 가열을 하여 리플래쉬 해야 하는 번거로움과 이에 의한 전력소모가 크다는 것이 단점으로 지적되고 있다. 반면 최근 유기막을 이용한 용량 변화형의 습도

센서는 이와 같은 단점을 보완한 형태로 그 용도 및 응용 가능성이 점차 확대되고 있다. 그러나 유기막 감습재료는 일반적으로 내열성이 낮기 때문에 고온의 장소에는 사용이 불가능하다는 단점이 있다. 따라서 본 실험에서는 내열성이 우수한 폴리이미드 박막을 전기영동법에 의하여 제작한 후 이들의 감습특성에 대하여 조사하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 유탁액의 제작

유탁액은 두 종류의 액상 물질이 서로 섞이지 않고 분산되어 있는 형태로서 본 실험에서는 듀폰사의 pyre-ML RC 5057 폴리이미드 고분자 용액과 침전제를 혼합하여 제조하였다. 우선 고농도의 이미드 용액에 용매(NMP)를 섞어 저농도의 희박용액으로 만든다. 그리고 침전제인 아세톤과 계면활성제인 트리에틸아민(Triethyl amine: TEA)을 40℃에서 혼합하여 4 시간 동안 교반하였다. 그 다음 위의 두 물질을 혼합하여 수시간 동안 교반하였다. 이와 같은 과정에서 폴리이미드 분자들은 계면활성제의 작용으로 말단기들이 해리되어 - 전기를 띠게 되고 침전제 입자는 + 전기를 띠게 된다. 이들 두 물질은 서로 다른 극성의 전기를 띠게 되어 두 물질의 계면에 전기 이중층이 형성되며 이들의 형성 모델을 그림 1.에 도시한다.



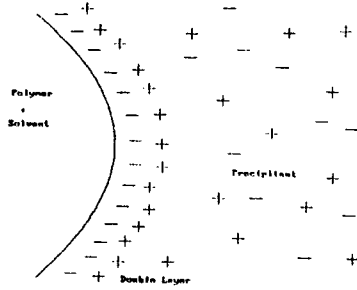


그림 1. 유상액의 형성 모델  
Fig.1. Schematic of emulsion formation

## 2) 이미드막의 제작

폴리이미드 유탁액 속에 두 개의 전극을 설치하고 + 극에는 막을 입히고자 하는 기판을 설치하였으며 - 극에는 전하를 공급하기 위한 동기판을 설치하였다. 이미드막을 전착할 기판에는 미리 Si로 하부전극을 진공증착하였다.

유탁액 속에서 각각의 전극에 직류전압을 인가하여 전착된 막은 70 °C의 온도로 미리 세트된 전기오븐에서 2시간 동안 건조시켰다.

이 상태의 막은 분자와 분자간의 결합이 완전히 이루어지지 않은 상태이기 때문에 200°C와 300°C로 각각 3 시간 동안 열처리 하여 이미드화시켰다. 시편의 제조 공정도를 그림 2.에 나타냈다.

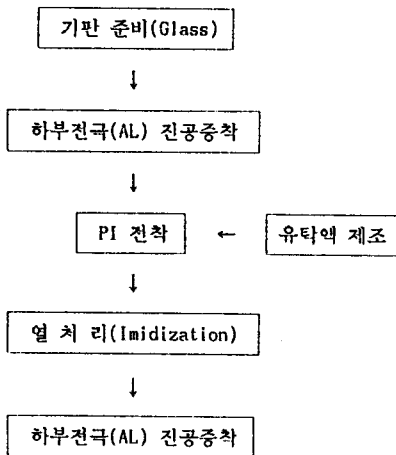


그림 2. 시편의 제조공정  
Fig.2. Process of the sample fabrication

## 3) 상부전극의 제작

상부전극 역시 Si로 진공증착하였으며 전극의 패턴을 그림 3.에 나타냈다. 습도 센싱 부분과 수분입자의 침투부분을 교대로 한 빗살형으로 증착하여 수분의 침

입을 용이하게 하였으며 센싱 부분전체의 크기는 폭이 16mm, 길이 15mm이고 각 전극 라인의 폭은 2mm, 수분 침투 라인의 폭은 1mm로 하였다. 또한 전극부분(센싱부분)을 통한 수분의 직접적인 침투를 용이하게 하기 위해 상부전극의 두께를 400Å 정도로 얇게 증착하였다.

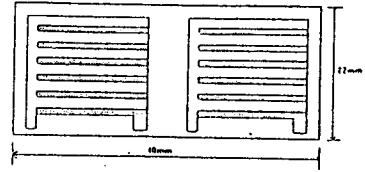


그림 3. 습도센서의 전극패턴  
Fig.3. Electrode pattern of the humidity sensor

## 3. 결과 및 고찰

### 1) PI 막의 전착시간 의존성

그림 4.는 5V에서 전착 시간을 각각 20, 25, 30, 35, 40 초로 하였을 때의 PI 막의 두께와 이에 따른 정전용량의 변화를 나타낸 것이다. 석출되는 막의 두께는 전착시간이 길수록 두께가 컸고 정전용량의 값은 떨어졌다. 그러므로 PI 막을 정전용량 변화를 이용하려 할 경우 전착시간을 짧게 하여 될 수 있는대로 막을 얇게 제작하는 것이 유리함을 알게 되었다.

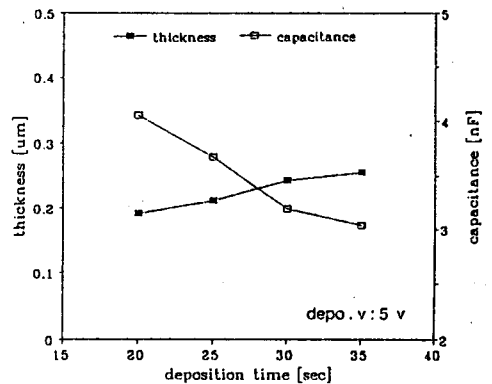


그림 4. PI 막의 시간 의존성  
Fig.4. Time dependance of PI film

### 2) 상대습도 변화에 따른 정전용량과 임피던스 변화

항온항습조를 이용하여 폴리이미드 막의 흡습특성을 측정하여 그림 5.에 나타냈다. PI의 비유전율이 3.5인 반면 물은 80으로 두 물질의 비유전율이 현격한 차이를 보임으로써 수분의 흡탈착에 의해 정전용량의 변

화가 나타나게 된다. 이러한 상대습도 변화에 따른 정전용량 변화는 거의 비례적인 증가를 나타내고 있음을 관측할 수 있었다. 특별히 상대습도가 60% 이상에서 확실한 경향을 띠고 있음이 발견되었는데, 이처럼 낮은 습도영역에서 낮은 정전용량값을 나타내는 원인으로서는 두 가지 가능성을 예상할 수 있다. 첫째는 단분자층의 수분만이 부착되어 있을 경우에는 전계변화에 의한 쌍극자의 회전이 원활하지 못하나 높은 습도에서는 여러 층의 수분이 부착됨에 따라 전계변화에 대한 쌍극자의 회전이 자유롭게 일어나기 때문으로 추정된다. 둘째로는 낮은 습도영역에서는 수분 흡착량이 적어 상하부 전극에 물분자가 직접적으로 접촉되지 않아 그 영향이 낮게 나타나지만 고습영역에서는 상하부전극에 직접적인 접촉이 일어나 고습영역에서 급격한 정전용량변화를 나타내는 것으로 추정해 볼 수 있다.

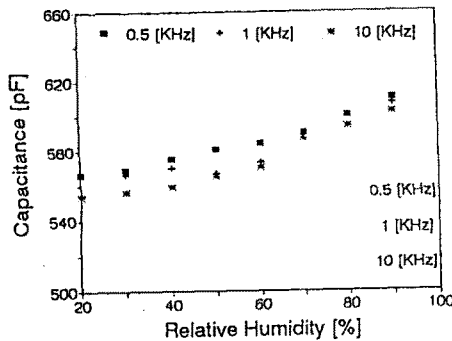


그림 5. 상대습도 변화에 따른 정전용량의 변화  
Fig.5. Change of capacitance for that of RH

한편 상대습도의 변화에 따른 정전용량의 변화량과 임피던스 변화량을 비교해 보았는데(그림 6.). 본 실험의 시편에서 측정된 임피던스값은 습도변화에도 불구하고 거의 일정한 값을 나타냈다. 일반적으로 센서의 동작타입이 임피던스 변화형일 경우에는 습도 증가에 의해 도전율 증가에 의한 임피던스의 감소를 나타내는 것으로 알려져 있는 사실과 실험 결과를 고려할 때 PI 박막은 임피던스 변화형이 아니라 정전용량 변화형임을 알 수 있었다.

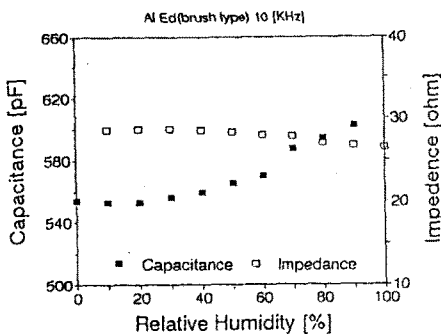


그림 6. 상대습도 변화에 따른 정전용량 변화와 임피던스 변화의 비교

Fig.6. Capacitance vs. impedance according to RH changes

#### 4. 결론

본 논문에서는 전기영동법에 의해 제작된 폴리이미드 박막의 감습막으로 하여 습도센서를 제작하여 이들의 특성을 조사하였다.

전기영동법에 의한 막의 작성법은 두께 조절이 용이하고 필요한 패턴에만 선택적으로 전착할 수 있었으며 PI 습도 센서는 고습 영역에서 우수한 감습특성을 나타냈다. 이와 같은 특성은 고습 영역의 센서나 결로 감지용 센서로서 우수한 특성을 갖고 있음을 확인할 수 있었다.

#### 5. 참고 문헌

- 1). 조동현 외 5인, "전기영동법에 의해 제작된 폴리이미드 박막의 습도 특성", 한국전기전자재료학회 춘계 학술대회 논문집, 1994.
- 2). J.Melcher, Y.Daben, G.Arit, "Dielectric Effects of Moisture in Polyimide", IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.24 No.1, 1989.
- 3). W.L.Alvino, L.C.Scala, "Electrodeposition of Polymers from Nonaqueous Systems. I. Polyimides : Some Deposition Parameters", Journal of Applied Polymer Science, Vol.27, p.341~351, 1982.
- 4). M.Uebner, KA M. NG, "Electrodeposition of Polyimides from Nonaqueous Emulsions", Journal of Applied Polymer Science, Vol.36, p.1525~1540, 1988.
- 5). P.J.Schubert, J.H.Nevin, "A Polyimide-Based Capacitive Humidity Sensor", IEEE Trans. on Electron Devices, Vol.ED-32, No.7, July 1989.