

헥사플루오르프로펜 플라즈마박막을 이용한 표면탄성파발진기 습도센서

surface acoustic wave oscillator humidity sensor using hexafluoropropene plasma thin film

박 남 천* 경남대학교 전자공학과
서 은 덕 경남대학교 화학공학과

PARK, NAM-CHUN DEPARTMENT OF ELECTRONIC ENGINEERING
KYUNGNAM UNIV.

SEO, EUN-DEUCK DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
KYUNGNAM UNIV.

ABSTRACT

Surface acoustic wave (SAW) oscillator offers many attractive features for application to vapor sensors. The perturbation of SAW velocity by the hexafluoropropene plasma polymer thin film has been studied for relative humidity sensing. Adsorption of moisture produces rapid changes in the properties of the film, resulting in a change in the velocity of surface acoustic waves and, hence, in the frequency of one SAW oscillator. The device used in our experiments have 55 MHz SAW oscillator fabricated on a LiNbO₃ substrate.

1 서 론

표면탄성파발진기 습도센서는 기존의 저항 및 캐패시턴스 등의 측정방법에 비해 감도가 매우 높기 때문에 최근 이에 대한 연구가 가속화되고 있다. 본 연구에서는 헥사플루오르프로펜플라즈마 박막을 이용한 표면탄성파발진기 습도센서를 처음으로 제작하여 습기감지특성을 조사하고 이의 실용성을 밝혔다.

1.1 표면탄성파발진기의 주파수변화

표면탄성파발진기 습도센서의 구조는 그림1과 같다. 표면탄성파발진기의 두 IDT(inter-digital transducer)사이에는 습기를 감지할 수 있는 막을 제조하고 습기가 변화함에 따라 표면탄성파발진기의

발진주파수 변화를 이용하여 습도를 측정한다. 이 구조는 가스감지가 가능한 막을 이용하면 가스센서로 사용할 수 있다. 막이 습기를 흡수함에 따라 이의 무게가 변화되고 이 무게의 변화때문에 표면탄성파속도와 위상이 변화된다. 이 위상의 변화는 표면탄성파발진기의 발진주파수 변화로 나타난다.

표면탄성파발진기의 자연주파수 ω_n 은

$$\omega_n = (2\pi N - \phi) V_R / L \quad \dots (1)$$

이다. 여기서 N은 정수이며 ϕ 는 IDT 및 증폭기에 의한 위상이동이며 L은 두 IDT 중심 간의 거리이며 V_R 은 SAW의 속도이다. 이 때 발진주파수 변화량 Δf 는

$$\frac{\Delta f}{f_n} = \frac{\Delta V_R}{V_R} = (K_1 + K_2) f_n h \rho' - K_2 f_n h \left[\frac{4\mu'}{V_R^2} \left(\frac{\lambda' + \mu'}{\lambda' + 2\mu'} \right) \right] \dots (2)$$

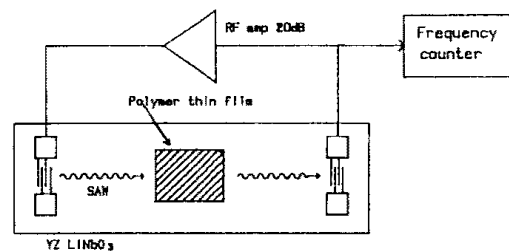


Fig 1. SAW oscillator humidity sensor.

이다. 여기서 K_1 및 K_2 는 압전물질에 따라 정해지는 상수, f_n 은 혼란을 받지 않은 표면탄성과 발진주파수, h 는 박막의 두께, ρ 는 박막의 밀도, μ 는 박막의 shear modulus 그리고 λ 는 박막의 first Lamé 상수이다. 박막의 first Lamé 상수가 표면탄성과 소자의 stiffness 보다 작으면 식(2)의 두번째 항은 무시할 수 있으며, 이 경우 Δf 는

$$\Delta f \approx (K_1 + K_2) f_m^2 h \rho' \quad \text{---(3)}$$

이고, Δf 는 ρ' 와 f_m^2 에 선형비례한다.

III. 실험

1. 표면탄성과 소자의 제작

표면탄성과 소자는 YZ LiNbO 웨이퍼에 알루미늄 박막을 증착하고 photolithography 방법에 의해 IDT를 만들었다. IDT의 중심주파수는 55MHz 이었고 IDT finger 폭은 $16\mu\text{m}$ 이었으며 인덕터 L을 IDT에 직렬로 연결하여 임피던스매칭을 하였다.

2. 습도감지박막의 제작

헥사플루오로프로펜을 13.56MHz의 RF발진기를 사용하여 방전출력 25W, 압력 140 mTorr 에서 두 IDT 사이에 플라즈마중합 하였으며 코팅된 박막 두께는 4000 Å 이었다. 반응기는 튜브형으로서 직경 3.8cm, 길이 75cm의 유리관을 사용하였으며 실험장치의 구성은 그림2와 같다. 코팅된 박막의 두께는 Leybold Inficon사 XTC로서 측정하였다.

생성된 헥사플루오로프로펜 플라즈마폴리머의 화학적구조를 알기 위해서 NaCl window상에 상기의 조건과 동일하게 플라즈마중합하여 그림3의 적외선분광스펙트럼을 얻었으며 사용된 적외선분광기는 Jasco사 AZ02이었다. 그림3에서 알 수 있듯이 1100-1300 cm^{-1} 에서 C-F신축진동흡수띠와 3400 cm^{-1} 에서 수소결합된 OH신축진동흡수띠를 볼 수 있다.

헥사플루오로프로펜 플라즈마폴리머를 습도센서로서 사용한 이유는 첫째, OH기가 공기중에 존재하는 수분과 수소결합을 형성하여 수분을 박막 표면에 흡착시킬 수 있기 때문이다. 둘째, 일반적으로 스프인코팅법에 의해서 사용되는 박막보다도 훨씬 얇은 박막을 만들 수 있고 두께조정이 용이하며 또한 공정이 간단하다는 등의 장점이 있기 때문이다.

U:Vac. pump N:Manometer,MKS F:Flowmeter
RFQ:Radio frequency generator, 13.56MHz
Monomer gas:Hexafluoropropene

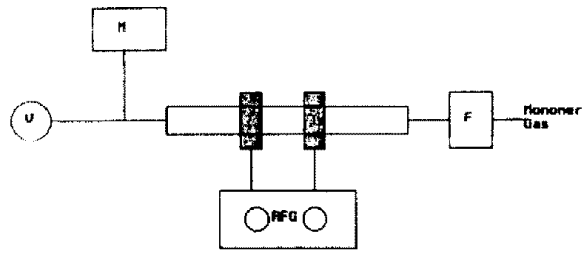


Fig.2 Blockdiagram of plasma polymerization system.

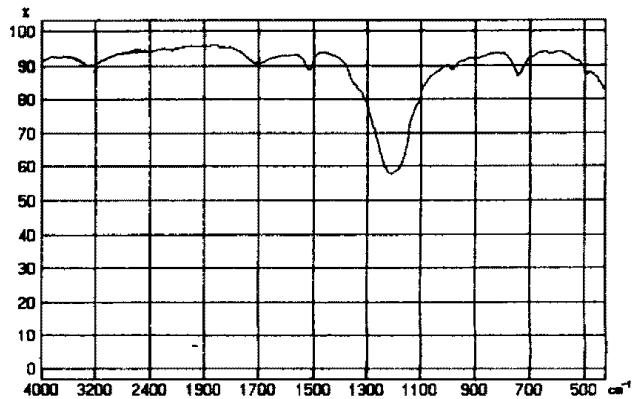


Fig.3 IR spectrum of hexafluoropropene.

IV. 실험결과 및 고찰

헥사플루오로프로펜 폴리머박막이 된 표면탄성과발진기, Pt-Nickle 온도계 및 습도계 (Vaisala 사 HM34)를 아크릴로 만든 상자속에 넣어 온도 6°C, 16°C 및 26°C 에서, 습도를 25%RH에서 85%RH까지 변화시키면서 표면탄성과발진기의 발진주파수 변화를 측정 한 결과는 그림4와 같았다. 습도가 25%RH에서 85%RH까지 변화할 때 나타나는 발진주파수 변화는 26°C에서 9kHz이었으며 상대습도가 높을수록 발진주파수 변화가 크게 나타났으며 온도가 낮아질수록 그 변화가 감소하였다.

Y-Z LiNbO의 표면탄성과전파속도의 온도계수는 약 -90PPM/°C 이다. Neumester등은박막을 증착하지 않은 표면탄성과발진기의 온도를 -50°C에서 150°C 까지 변화시킬 때의 발진주파수를 측정하여 그림5와 같은 결과를 얻었다. 이 때 이 발진기의 중심주파수는 42MHz이었다. 센서의 온도변화에 의한 주파수 변화의 영향을 최소화하기 위해서 습도감지박막이 있는 것과 없는 두 발진기를 만들고 습도가 변하됨에 따라 변화되는 두 발진기의 차(difference) 주파수를 측정함으로써 가능하다. 표면탄성과파발진

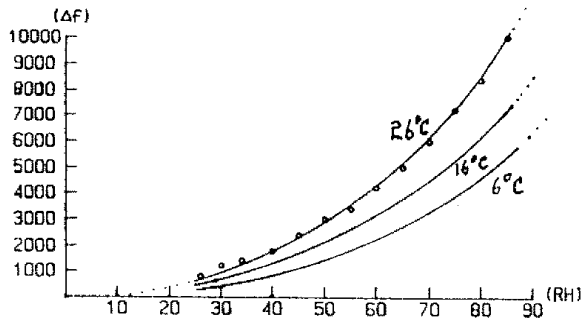


Fig.4 Frequency shift vs. relative humidity of SAW oscillator humidity sensor using hexafluorepropene plasma polymer thin film.

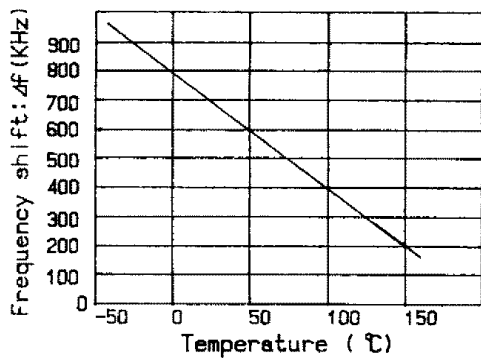


Fig.5 Frequency shift vs. temperature of LiNbO SAW oscillator.

기 습도센서의 응답특성을 측정하여 그림6과 같은 결과를 얻었으며 26°C에서, 25%RH에서 65%RH까지 변화되는 시간은 약 18초 정도로 비교적 빨랐으며 이는 온도가 낮아짐에 따라 약간 감소하였다.

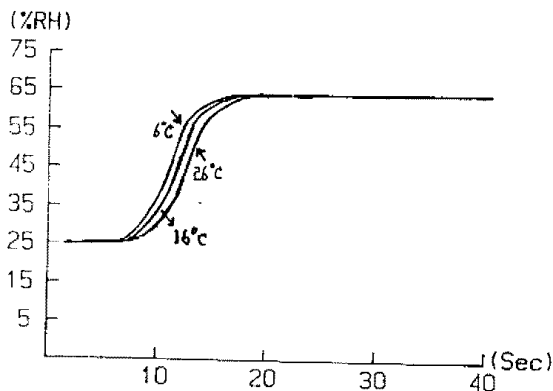


Fig.6 Response curve of SAW humidity sensor.

V. 결론

표면탄성파발진기의 두 IDT사이에 4000Å의 헥사플루오로프로펜 폴리머박막을 플라즈마중합한 표면탄성파발진기 습도센서를 제작하여 온도 6°C, 16°C 및 26°C에서, 습도를 25% RH에서 85% RH까지 변화시켜 표면탄성파발진기의 주파수 변화를 측정하였다. 그 결과 26°C에서 9kHz의 주파수 변화가 있었으며 습도가 높을수록 주파수 변화가 크게 나타났다. 26°C에서 습도가 25%RH에서 65%RH까지 변화하는 응답시간은 약 18초 정도로 비교적 빨랐으며, 온도가 낮아짐에 따라 약간 감소하였다.

본 결과를 기초로해서 센서박막의 제조조건, 두께, 발진기의 중심주파수등을 변화시켜서 이 센서의 직선성, 감도 및 온도특성 등을 향상시키기 위한 연구가 더 필요하다고 생각된다.

참고문헌

- 1 John G. Brace, Thomas S. Sanfelippo and Shrinivas G. Joshi " A study of polymer/water interaction using surface acoustic waves" Sensors and actuators, 14 pp 47-68, 1988
- 2 J. Neumeister, R. Thum and E. Luder "A SAW delay line oscillator as a high resolution temperature sensor" Sensors and actuators A21 -A23 PP 670-672, 1990
- 3 J.H. Collins and L. Massotti "computer-aided design of acoustic wave devices" Elsevier, 1976