

Langmuir-Blodgett 초박막의 gas 센서 특성

Characteristics of Gas Sensor in Langmuir-Blodgett Ultrathin Films

°최 용성*, 김 철홍**, 장 상목**, 권 영수*

* 동아대학교 공과대학 전기공학과

** 동아대학교 공과대학 화학공학과

°Yong-Sung Choi*, Chul-Hong Kim**,

Sang-Mok Chang**, Young-Soo Kwon*

* Dept. of Electrical Eng., Dong-A Univ.

** Dept. of Chemical Eng., Dong-A Univ.

Abstract

It was attempted to investigate the reaction of LB biological membrane in the gas surrounding by the use of LB method. The performance of the experiment was based on the idea that the adhesion of gas molecular on the surface of LB membrane, which induces the change of electrical properties, may make it possible to develop various sensor system modified from the sensor organs.

The experimental results showed that for the acetone gas, the frequency changes in the proportional to the concentration of the gas. The reappearance of the gas reaction vs. frequency change was also able to be obtained properly.

1. 서론

최근 생물의 감각기관을 모방한 각종 센서 시스템이 연구 개발되고 있으며 많은 연구자들에게 관심의 대상이 되고 있다. 생물의 감각기관에 있어서는 각종 화학물질의 수용막, 수용단백질의 조성 과 형태의 중요성이 강조되고 있으며, 각종 센서의 연구 개발에 있어서도 분자 level에서의 생체의 기능을 모방하고자 하는 연구가 진행중이다. 1) 특히 단분자막의 제작방법으로 널리 알려져 있는

Langmuir-Blodgett (LB)법에 의한 생체막을 모방한 수용막의 제작은 생물체와 거의 동일한 size 및 기능을 발휘할 수 있다는 점 등으로 인하여 매우 흥미로운 연구분야로 주목받고 있다. 시각, 청각, 촉각에 대응하는 광, 음향, 압력, 응력센서는 기존의 무기재료를 이용한 센서로 충분하였지만 이에 비해 미각, 후각에 대응하는 화학센서는 무기 재료를 이용한 센서로는 불충분하며 생체기능을 모방한 센서시스템의 개발이 필요하다. 2)

따라서 본 논문에서는 생물의 감각기관을 모방한 센서시스템을 개발하기 위한 기초 연구의 하나로 LB법에 의하여 생물 기능성막을 제작하여 특정 물질에 특이한 반응을 나타내는 gas 분자의 특성을 조사하였다.

2. 화학센서의 원리

일반적으로 화학물질을 측정 대상으로하는 센서를 화학센서라고 부르지만 화학센서의 기본 구조는 그림 1에 나타낸 것처럼 측정 대상으로 하는 화학물질을 인식하는 부위 (receptor)와 인식부위에서 발생하는 임의의 변화를 전기신호로 변환시키는 부위 (transducer)로 이루어져 있다. 3)

화학센서의 선택성은 주로 인식부위의 우열에 의해 크게 좌우된다고 알려져 있다. 따라서 이 인식부위의 제작방법이 중요하게 마련이다. 필자들은 이 인식부위의 제작방법으로 LB막을 사용하여 연

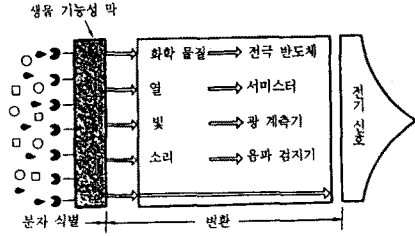


Fig.1. The principles of chemical sensors.

구하고 있는데, 이것은 다음과 같은 특징을 가지고 있기때문이다.

LB법은 상온·상압의 성막법이므로 파괴되기 쉬운 유기분자 (예를 들면, 생체기능성분자)를 비교적 안전하게 고밀도로 배열할 수 있다. 또한 단분자막의 형성법으로 막의 구조와 크기가 정밀하게 제어 가능함으로써 표면 계면에 의존하는 화학센서의 제작법으로 유력하다. 또한 LB막은 생체2중막의 한쪽을 구성 단위로 막을 형성하므로 유사(인공)생체막 구조를 간단히 제작할 수 있으며 막에 기능성을 부여할 수 있어 생체화학 수용기를 모방한 화학센서의 제작에 유력하다.

한편 화학센서는 측정대상물질 또는 사용하는 트랜스듀서에 따라 가스센서, 이온센서, 용액중 유기분자 측정센서, 전기화학 디바이스를 이용한 센서, 저항의 변화를 이용한 센서, 광디바이스를 이용한 센서, 음향 디바이스를 이용한 센서로 분류할 수 있다. 용액중 유기분자 측정센서 가운데 효소나 미생물 그리고 항원·항체의 특이성을 이용하는 효소센서, 미생물센서, 면역센서를 바이오센서라고 한다.^{1,3)}

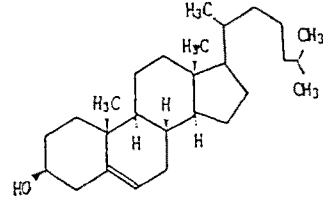
필자들은 LB막 (생체막)표면에 gas 분자가 흡착하면 유기박막 (LB막)의 저항이 변화되는 현상을 이용하여 가스센서 시스템을 연구 개발하고 있는데, LB막 누적시의 기판으로서의 수정진동자 (체적탄성파) 또는 SAW (Surface Acoustic Wave, 표면탄성파) 디바이스를 사용하여 측정대상의 분자가 디바이스 표면에 피복되어 있는 LB막에 흡착하면, LB막에 흡착한 분자량에 비례하여 질량부하효과 혹은 탄성 (점탄성)의 변화가 생긴다는 현상을 이용하여 LB막의 가스센서 특성을 조사 분석한다는 것이다.

3. 시료 및 실험방법

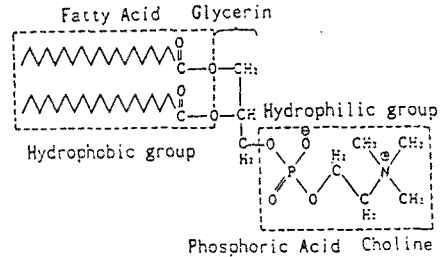
3-1. 시료

본 논문에서는 생체지질막인 cholesterol과 phosphatidylcholine을 LB막의 성막물질로서 사용

하였다.⁴⁾ 그림 2 (a), (b)에 cholesterol과 phosphatidylcholine의 분자구조를 각각 나타내었다.



(a) Cholesterol.



(b) Phosphatidylcholine.

Fig.2. Molecular structures.

3-2. 실험 방법

본 실험에서는 LB막의 누적시 기판으로서 수정진동자를 사용하였으며 Kyowa Interface Science Co., Ltd. (HBM-SS)의 trough를 사용하여 LB막을 누적하였다. LB막의 누적조건, 누적방법 및 기판 등에 대해서는 표 1에 정리하여 나타내었다. 한편 실험순서는 먼저 LB막의 누적에 필요한 π -A 곡선을 측정하였고, LB막의 누적상태를 누적비, 주파수변화, VIS-UV 흡광도 및 SEM 등으로서 LB막이

Table.1. Deposition conditions of LB films.

Parameter	Sample	Cholesterol	Phosphatidylcholine
Subphase		Distilled water	
Temperature		20~30 (°C)	
Concentration		1 (mmol/l)	2 (mmol/l)
Surface Pressure		30 (dyne/cm)	15 (dyne/cm)
Depositing speed of LB Films		up 50, down 25(mm/min)	25 (mm/min.)
Lifting method		Vertical dipping method 3l layers	Vertical dipping method 3l layers Horizontal lifting method 2l layers
Substrate		AT-cut Quartz Crystal [Ag electrode (0.2 cm ²), 0.8x0.8 (cm ²), 9 (MHz)]	

양호하게 누적된 것을 확인하였다. 그 다음 LB누적막의 gas 특성을 조사하기 위하여 batch형의 용기에 여러 종류의 alcohol을 넣어서 gas 반응을 조사하였다.

4. 실험결과 및 검토

4-1. π -A 곡선

그림 3은 cholesterol의 π -A 곡선으로서 barrier를 5회 압축하여서 측정된 결과이다. 그림 3에서 고체상이 되는 표면압은 약 30 (dyne/cm) 정도이었으며, 극한단면적은 50 ($\text{\AA}^2/\text{molecule}$) 정도이었다. phosphatidylcholine의 π -A 곡선은 25 (dyne/cm) 정도의 표면압과, 60~75 ($\text{\AA}^2/\text{molecule}$) 정도의 극한단면적이 관측되었다.

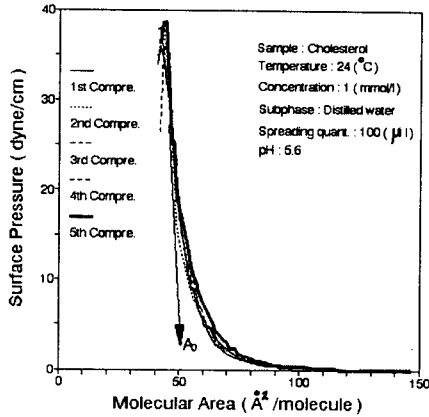


Fig.3. π -A isotherms of cholesterol.

4-2. LB막의 누적평가

그림 4는 수정진동자위에 누적된 LB막의 누적층 수와 주파수변화, LB막 누적시의 누적비의 관계를 나타낸 것이다. 그림 4에서 이상적인 주파수변화 및 누적비의 경우 (직선부분)와 실험에 의한 주파수변화 및 누적비의 측정값이 거의 일치함을 알 수 있다. 또한 VIS-UV 흡광도 및 SEM으로 LB막의 누적상태를 조사한 결과 역시 본 실험에서 제작한 LB막이 수정진동자 (기판)위에 양호하게 누적된 것으로 확인되었다.

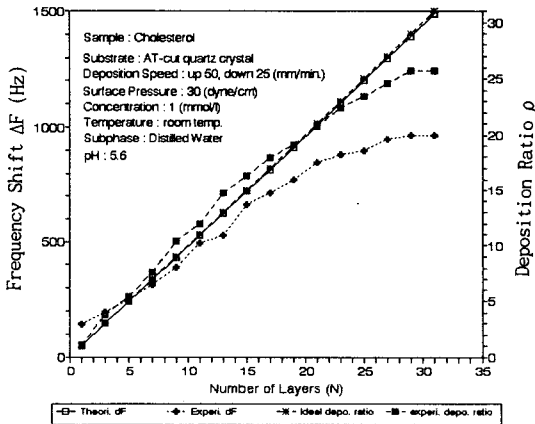


Fig.4. Correlation with Number of layers vs. frequency shift and deposition ratio of cholesterol LB films.

4-3. LB누적막의 gas 특성

그림 5는 cholesterol을 수직부착법으로 21층 누적한 후 일주일 동안 공기중에서 주파수변화를 관측한 것이다. 주파수변화는 ± 10 (Hz) 정도로서 매우 안정한 값을 나타내고 있다.

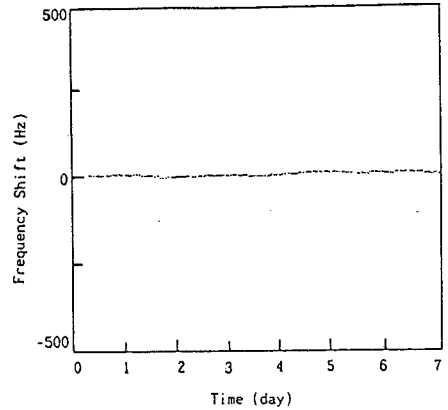


Fig.5. The stability of cholesterol LB films in air (room temp.).

그림 6은 phosphatidylcholine을 LB막으로 21층 누적하여 acetone gas 분위기에서의 gas 반응을 관측한 것이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 acetone gas의 농도가 높을 수록 주파수변화 역시 큰 값을 나타내고 있다. 또한 LB막의 누적층수가 증가할 수록 주파수 역시 크게 변화하는 것을 나타내고 있다.

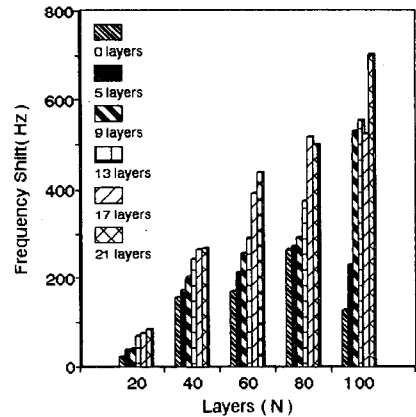


Fig.6. The gas response of phosphatidylcholine LB films to acetone gas.

그림 7은 cholesterol LB막의 acetone gas중에서의 주파수변화를 반복 측정한 것으로서 gas 분위기에서의 LB막의 gas 반응에 대한 재현성이 양호한 것을 나타내고 있다.

그림 5~7에서의 실험결과는 생체지질막을 LB법으로 수정진동자위에 누적시킨 후 gas 분위기에서 생체막의 gas 반응을 조사한 결과 그림 5에서와 같이 LB막의 안정성을 알 수 있었으며, 그림 6에

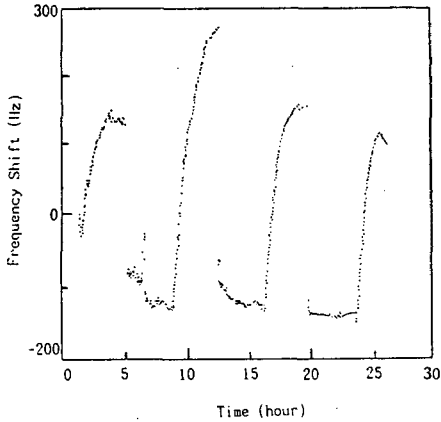


Fig.7. The reappearance of cholesterol LB films to acetone gas.

서와 같이 특정 gas에서의 안정한 gas 반응을 관측할 수 있었다. 또한 gas 분위기에서의 재현성을 조사한 결과 그림 7과 같이 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서, LB법에 의한 생체지질막의 gas 센서 개발 가능성을 나타내는 것으로 생각되어, 현재 여러 종류의 생체지질막, gas 등에 대해서 검토를 하고 있다.

5. 결론

이상, 생체막 (LB막) 표면에 gas 분자가 흡착하면 전기적 성질이 변화하여 생물의 감각기관을 모방한 각종 센서시스템이 개발 가능할 것으로 생각하여, LB법을 이용하여 생물기능성막을 제작한 후, LB 생체막의 gas 분위기에서의 반응을 조사하였다. 실험결과 acetone gas에서 gas 농도에 비례하여 주파수가 변화하는 gas 특성을 관측할 수 있었다. 또한 gas 반응에 대한 주파수변화의 재현성 역시 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

- 1) 권 영수, "분자소자", 전자공학회지, 제16권 제5호, p.434(1989).
- 2) 장 상목, 이 수미 번역, 바이오센서, 1991, 현대과학신서.
권 영수, "바이오칩", 전자공학회지, 제17권 제2호, p.202(1990).
- 3) W. Göpel, J. Hesse, J.N. Zemel, Sensors : Chemical and Biochemical Sensors Part I, VCH, 1992, Vol.2, p.6.
- 4) 최 용성, 박 만철, 권 영수, 장 정수, 배 진호, "생체 지질막의 n -A 특성 및 누적 상태", '92년도 하계학술대회 논문집(B), 대한전기학회, p.860~863(1992).