

**외부자극에 대한 포화지방산의 물성평가**  
**A Study on the Physical Properties of Saturated Fatty Acids**  
**for External Stimulus**

조원제\*, 구창권\*, 송경호\*, 박태곤\*, 박근호\*\*

\* 창원대학교 전기공학과 \*\* 창원대학교 공업화학과

Wan-je Cho\*, Chang-Gwon Koo\*, Kyong-Ho Song\*, Tae-Gone Park\*, Keun-Ho Park\*\*

\* Dept. of Electrical Eng., Univ. of Changwon

\*\* Dept. of Chemical Tech., Univ. of Changwon.

**Abstract**

The structural changes of molecules on the water surface were measured by displacement currents and  $\pi$ -A isotherm. By using a theoretical equations we calculated charges( $\Delta Q$ ) and dipole moment( $m_z$ ) of saturated fatty acids( $C_{12}$ ,  $C_{14}$ ,  $C_{16}$ ). The dynamic behavior of saturated fatty acid monolayers at the air/water interface was investigated using a displacement current-measuring technique coupled with the so called Langmuir film technique and also the dipole moment of the acids was determined.

Key Words(중요용어)- displacement current(변위전류),  $C_{12}$ (Lauric acid),  $C_{14}$ (Myristic acid),  $C_{16}$ (Palmitic acid)

**1. 서론**

유기물질의 기능을 전자 디바이스에 이용하려고 하는 분자전자(molecular electronics)에 대한 관심이 매우 높아져 가고 있는데, 분자전자소자란 지금까지 반도체소자에서 많은 실리콘 덩어리가 행하던 일들을 대신하도록 몇 개 또는 단 한 개의 분자에 여러 가지 기능을 부여하여 소자의 고밀도화를 실현해 보고자 하는 것으로써 이는 21세기의 정보화 사회에서 중심적인 기술로서 기대되는 기술의 하나가 될 것이다.<sup>[1],[2],[3]</sup>

또한 현재의 전기전자 분야는 반도체 재료 위에 성립되었다고 해도 과언이 아니다. 이러한 전기전자 분야에서 분자전자소자(MED)로서 가장 큰 역할을 하는 소자로서는 유기재료를 이용하는 액정(Liquid Crystal)을 생각할 수 있다. 먼저, 액정 물성을 이해하기 위한 기초로서 물질의 관점에서 특성을, 화학의 관점에서 재료를, 전기공학의 관점에서 구동방법을 이해해야만 한다.<sup>[4]</sup>

변위전류법의 이론적 배경은 전자장의 맥스웰 방정식에 나타나는 기본적인 개념이고, 또한 실험적으로 간단한 구조를 가지고 있다. 이러한 변위전류법은 유기초박막의 구조 분석용 기초 연구이면서도 응용소자의 기본 구조로 측정이 가능하기 때문에 측정 결과의 출력이 바로 응용디바이스의 기본구조의 완성이라고 할 수 있으므로 이를 이용한 여러 가지 디바이스 실현의 기점이 될 수 있다. 또한 확립된 합성 기술을 기타 분자소자의 합성 기술에 적용함으로써

다양한 기능성 유기재료를 국산화하고 쉽게 연구에 이용할 수 있기 때문에 크게 활용할 수가 있다.<sup>[5],[6],[7],[8]</sup>

본 연구에서는 변위전류법<sup>[7],[8]</sup>의 이론을 바탕으로 하여 기능성 유기재료를 가지고 기관 상에 제작할 수 있는 액정소자 개발의 기초 단계를 수행하는 과정으로 수면상에서의 유기분자의 외부자극에 대한 구조변화를 살펴보고자 하였다.

포화지방산의 길이에 따른 수면상에서의 구조 변화를 변위전류(displacement current)로 측정된 다음 전하량( $\Delta Q$ )과 쌍극자 모멘트(dipole moment)를 이론적인 계산식에 의해 해석함으로써 정량적인 분석에서 정성적인 분석을 가능하게 하여 앞으로 액정소자를 비롯한 유기박막의 물리적 특성 연구에 도움이 될 것으로 본다.

**2. 이론적 배경**

유기분자막에 외부로부터 자극(광, 압력, 전계, 열 등)을 가하게 되면 개개의 유극성 분자 구조가 변화하게 되고  $m_z$ 가 변화한다. 그 결과 수면과 상부전극 사이에 전속밀도가 변화하여 양전극간에 변위전류가 흐르게 된다.

변위전류 I는

$$I \left( = \frac{dQ}{dt} \right) = \frac{N}{d} \frac{dm_z}{dt} + \frac{m_z}{d} \frac{dN}{dt} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \frac{d\Phi_s}{dt} \quad (1)$$

와 같이 된다.

압력에 따른 변위전류는 주로 분자가 압력을 받아 전극 밑에 모여 그 수가 증가하는 성분과 수면 상에 누워 있던 소수기 부분이 수면에서 바로 서면서 수직성분의 쌍극자 모멘트가 증가하는 것에 기인한다.

여기서, 기수계면에 시료를 전개시켰을 때에는 분자밀도가 낮아지므로 수직 방향의 쌍극자 모멘트는 작아지므로 부호가 반대가 되고, 압축시에 회로를 따라 흐르는 전하량  $\Delta Q$ 는

$$\Delta Q = \frac{Nm_z}{d} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \Delta \phi_s \quad (2)$$

압축 시에 수면의 표면전위는 변화하지 않기 때문에 식 (2)의 두 번째 항은 무시할 수 있다. 즉

$$\Delta Q = \frac{Nm_z}{d} \quad (3)$$

가 된다.

그러므로 압축 시에 측정된 전류의 적분치인  $\Delta Q$ 로부터 분자의 수직방향 쌍극자 모멘트의 평균치  $m_z$ 는

$$m_z = \frac{d \cdot \Delta Q}{N} \quad (4)$$

여기서 상부전극 아래의 분자개수  $N$ 은  $S/A$ 로 구할 수 있는데,  $S$ 는 상부전극의 유효면적,  $A$ 는 분자의 점유면적이다.

### 3. 실험

#### 3-1 시료 및 실험 조건

본 실험에 사용한 포화지방산의 종류는 팔미틱 산 ( $C_{16}$ ), 미리스틱 산( $C_{14}$ ), 그리고 라우릭 산( $C_{12}$ )을 Chloroform 용매에  $2 \times 10^{-4}$  [mol/l]의 농도로 하였고, 초순수 증류수(저항률 :18.2[MΩ·cm])를 subphase로 사용하였고, 배리어 속도는 50[mm/min]으로, 상부전극과 수면상의 거리는 1.5[mm]로 하여 기수계면상의 단분자막의 구조변화를 측정하였다.

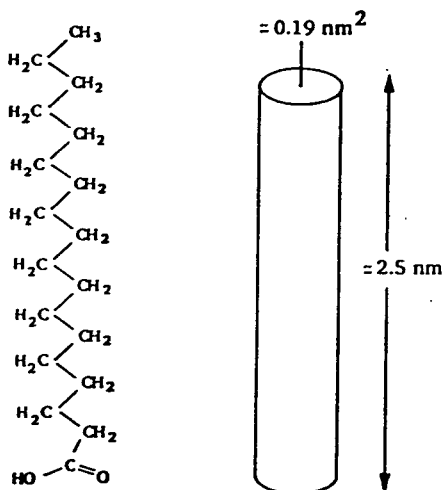


그림 1 포화지방산의 분자구조

Fig. 1 Molecular structures of using the experiment

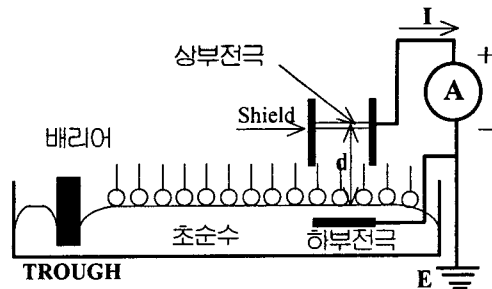


그림 2 실험장치도

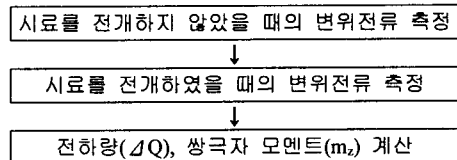
Fig. 2 The experimental setup

마지막으로, 시료 전개 후 용매의 증발을 위해서 5 분간 방치한 후, 상온에서 실험에 임하였다. 그림 1 은 시료의 분자 구조를 나타낸다.

#### 3-2 실험 장치

그림 2에서와 같이 먼저 상부전극은 수면과 평행하게 공기 중에 매달려 있는 반면 하부전극은 수중에 잠겨 있다. 투명전극으로 구성된 상부전극은 금선으로 만들어진 하부전극과 함께 민감한 일렉트로메타에 연결되어 있으며, 여기서 상부전극의 유효면적은 45.5[cm<sup>2</sup>]이고, 상부전극과 수면과의 거리 ( $d$ )는 1.5[mm]의 간격을 유지하도록 설치하였다.

#### 3-3 실험 과정



### 4. 결과 및 고찰

#### 4-1 시료를 전개하지 않았을 때

먼저 실험결과와 신뢰도를 확인하기 위해서 먼저 수면 상에 시료를 전개하지 않은 상태의 변위전류 측정이 있어야만 한다.

그림 3은 시료를 전개하지 않은 상태에서 분자간 점유면적이 감소할 때의 변위전류이다. 분자간 점유면적이 감소함에 따라 변위전류가 큰 변화를 가지지 않고 아주 미세하게 측정되었다. 그리고 전하량  $\Delta Q$  역시 0.01[pC]정도에서 거의 변화하지 않는 것으로 보아 전극 1과 수면상 간격의 공기 층이 매우 양호한 절연성을 보이고 있다는 것을 알 수 있다. 즉 수면의 표면전위  $\phi_s$ 가 0이 되고, 상부전극 밑의 분자의 변화가 없기 때문에 식 (1)에서 두 번째 항과 세 번째 항에 의한 변위전류는 흐르지 않고 오직 분자

의 배향 상태의 변화에 의해서만이 전류가 흐르게 된다. 또한 변위전류를 측정하기 위한 시스템이 매우 안정되어 있음을 보여주고 있다.

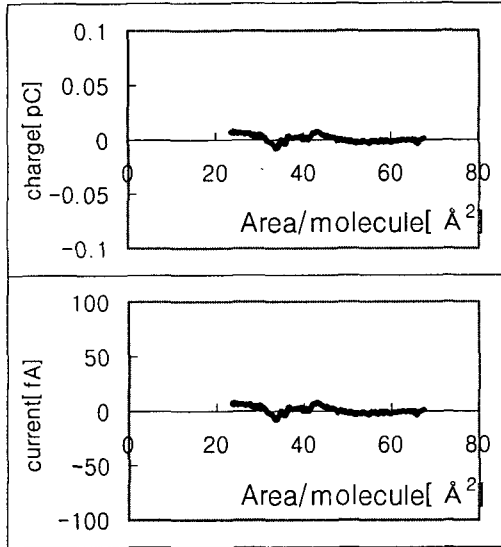
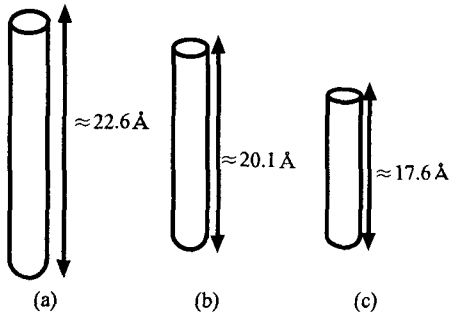


그림 3 시료를 전개하지 않았을 때의 변위전류  
Fig. 3 A displacement current when a sample was not spreaded

#### 4-2 포화지방산의 압축시 변위전류

우선 각각의 시료에 대한 변위전류 측정 결과로부터 기수계면 단분자막의 쌍극자 모멘트를 계산하여 분자길이에 따른 기수계면 단분자막이 순차적인 변화를 나타내는가를 살펴보았다. 그림 4는 본 연구에서 이용한 포화지방산의 탄소 수에 따른 분자길이 및 크기를 보여주고 있다.

그림 5는 길이에 따라서 변위전류의 크기와 표면 압의 변화가 순차적으로 일어나는가를 나타내고 있다.



스테아린 산 분자의 길이(L) 구하는 식  
 $L = 2.6 + 1.25 \times n$

그림 4 탄소 수에 따른 포화지방산의 길이

Fig. 4 The lengths of carbon chains for saturated fatty acids (a) C<sub>16</sub>, (b) C<sub>14</sub>, (c) C<sub>12</sub>

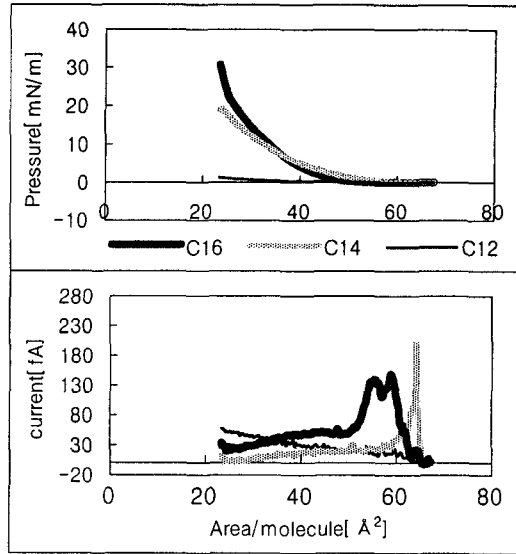


그림 5 시료를 전개했을 때의 변위전류  
Fig. 5 A displacement current when a sample was spreaded

#### 4-3 전하량(Q), 쌍극자 모멘트(m<sub>z</sub>) 측정

앞의 측정치를 토대로 하여 분자길이에 따른 전하량(Q)과 쌍극자 모멘트(m<sub>z</sub>)의 변화를 그림 6에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 분자길이에 따라 C<sub>16</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>12</sub> 순으로 순차적인 변화를 나타내고 있는 것을 볼 수가 있었다.

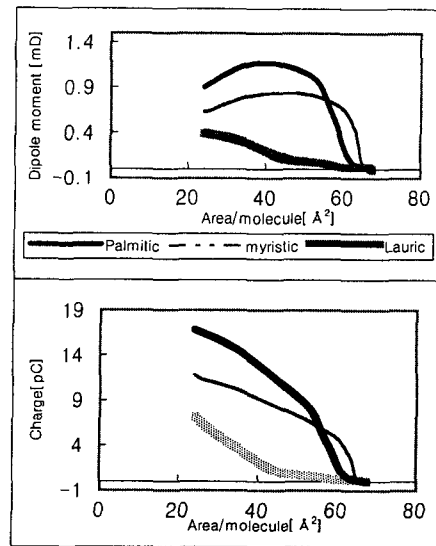


그림 6 전하량과 쌍극자 모멘트의 변화  
Fig. 6 The change of Q and m<sub>z</sub> for saturated fatty acids(C<sub>16</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>12</sub>)

수면 상에 C<sub>16</sub>, C<sub>14</sub>, C<sub>12</sub> 단분자막은 기체막에서는 친수성기(-COOH)부분은 수면과 접촉하여 배향하게 된다. 따라서 소수성기(CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>)부분은 수면으로부터 아무렇게 공기 중에 배향된다. 다시 말하면, 포화 지방산 단분자막은 2차원적인 기체와 같은 형태로 수면 상에 배향 한다는 것을 고찰할 수가 있다. 따라서 기체막 상태에서는 분자간의 움직임이 매우 활발하게 일어나기 때문에 쌍극자 모멘트 값이 급격하게 증가하게 된다.

액체 막에서는 변위전류가 서서히 감소하게 되는데 이는 수직 쌍극자 모멘트의 변화가 서서히 감소한다는 것을 알 수가 있다. 그 이유는 수면 상의 단분자막이 서서히 압력을 받기 시작하여 기체막에서 액체막으로 전이되는 시점에서는 분자 한 개당 점유 면적이 서로 작아져 일정한 간격을 가진 구조를 하기 때문에 쌍극자 모멘트의 변화가 거의 일어나지 않기 때문이다.

## 5. 결론

본 연구는 먼저 변위전류법의 개념과 측정원리를 익혀 이를 토대로 하여 기능성 유기재료를 가지고 기관 상에 제작할 수 있는 액정소자 개발의 기초단계를 수행하는 과정으로 수면 상에서의 유기분자의 외부 자극에 대한 구조변화를 살펴본 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

포화지방산 단분자막의 기체막과 액체막에서의 배향변화를 전류량으로 측정하여 분자길이에 따른 전하량(Q)과 쌍극자 모멘트(m<sub>z</sub>)의 변화를 이론적인 계산식에 의하여 해석한 결과 분자의 길이에 따라 순차적인 변화를 볼 수가 있었다. 즉, 표면압-면적 등온선을 통해 '어떻게 될 것이다'라는 정량적인 분석에서 기수계면 상의 분자 하나의 움직임을 확인할 수 있는 정성적인 분석의 토대를 확립할 수 있었다. 본 연구에서는 수면 상에서의 분자거동에 대한 분석을 행하였지만 앞으로 투명전극 위에 유기 단분자막을 누적시킨 액정소자를 비롯하여 유기박막의 물리적 특성연구에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

## 6. 참고문헌

- [1] 권영수, 강도열 "신기능소자 개발의 행방(III)-분자계산기" 전기학회지 37권, 11호. pp.41-49 1988
- [2] 전자신문, 제530호 14면, 제554호 7면 관련기사.
- [3] 권영수, 강도열 "신기능 소자의 행방(I), (II)", 전기학회지, 36권 8호 pp.51-56, 9호 pp.26-31, 1988
- [4] 이근철, 강영채 "액정 일렉트로닉스의 기초와 응용" 기전연구사
- [5] 眞島 豊, "變位電流 計測システムの開發 及び"

有機 單分子膜の 動的 舉動に 關する 研究", 博士學位 論文, 1991

- [6] 岩本 光正, 久保田 徹, 眞島 豊, "有機 超薄膜の 變位電流および", トンネル電流", 1991
- [7] Mitsumasa Iwamoto, Yutaka Majima, "Investigation of a fatty acid monolayer at the air-water interface using a current measuring technique", *Thin Solid Films*, 178, pp.67-72, 1989
- [8] Mitsumasa Iwamoto, Yutaka Majima, "Determination of the Dipole Moment of a monolayer at the Air/Water Interface a Current Measuring Technique", *JJAP*, 27-5, pp.721-725, 1988