

# LB 초박막의 기전력 발생

## The Electro-Motive Force Generation in LB Insulating Films

\* 권 영 수      동아대학교 전기공학과

강 도 열      홍익대학교 전기제어공학과

국 상 훈      조선대학교 전기공학과

### Abstract

It is well known that D.C voltage is generated at the element of MIM structure which is sandwiched between two electrode of Langmuir-Blodgett(LB) ultra-thin films.

In this paper, the experiments are processed for the sample which is leaved at the atomosphere since it is fabricated in 1986. we measured the same voltage as the time of fabricating in LB films.

### 1. 서론

Langmuir-Blodgett(LB) 초박막을 금속으로 샌드위치 시킨 MIM(Metal Insulator Metal) 구조의 소자에서 직류전압이 발생한다는 사실이 많은 연구자들에 의해 밝혀지고 있다.<sup>1)</sup> 전압발생 원인은 LB막 또는 LB막과 전극사이의 화학반응에 의한 것으로 알려져 있다. 필자들도 LB초박막에서 전압발생 현상을 검토하여 전압발생에 따르는 여러 전기적 성질을 이미 보고 하였다.

본 논문에서는 1986년에 제작된 LB초박막을 공기중에 그대로 방치하였던 것을 시료로 하여 실험을 하였다. 실험결과, 시료제작시에 발생하였던 전압 현상 및 전기적 성질과 동일한 전압 발생 현상 및 여러 전기특성이 관측되었으므로 측정결과를 보고한다.

### 2. 시료 및 실험방법

본 연구에서 사용한 MIM소자의 구조를 그림1에 나타내었다. 현미경용 slide glass를 기반으로 사용하여 Al를 진공 증착하였으며 그 위에 LB막을 누적하였다. 이때 LB막은 주로 Polyimide<sup>3)</sup>를 성막물질로 하여 누적하였다. 또한 아라킨산(C<sub>20</sub>)과 TCNQ(C<sub>15</sub>.TCNQ)를 형태로 구조로 한 시료도 실험하였다.

그림2는 본 실험의 측정회로이다. 시료에서 발생하는 직류전압은 콘덴서 C 와 시료자체의 용량 (약 0.136  $\mu$ F)을 충전하여 저항 R에 전류가 흐르게 된다. 이때 C와 R의 양단에 발생한 전압 V를 전자 전압계 M로서 측정하였다. 측정시 사용한 전자 전압계는 내부 저항이 10<sup>14</sup>( $\Omega$ )정도로서 대단히 큰것이며 출력은 X-Y Recorder에서 기록하였다. R로서는 10<sup>11</sup>, 10<sup>10</sup>, 10<sup>9</sup>, 10<sup>8</sup> ( $\Omega$ )등을 사용하였으며, 저항 R이 없는 경우 또는 콘덴서 C가 없는 회로의 경우에도 측정을 하였다.

### 3. 실험결과 및 검토

MIM소자에서 하부전류 Al증착막의 표면에는 약 30 Å정도 두께의 비유전율 8인 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>자연 산화막이 형성되게 된다. 따라서 직경 5mm의 원형 면적을 가진 MIM소자의 정전용량은 다음과 같이 계산된다.<sup>4)</sup>

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{ox}} + \frac{1}{C_{p1}} \quad \text{----- (1)}$$

$$C_{ox} = (\epsilon \cdot S / d) = 0.35 \times 10^{-6} \text{ [F]}$$

$$C_{p1} = 0.210 \times 10^{-6} \text{ [F]}$$

$$\text{따라서, } C = 0.136 \text{ [\mu F]} \quad \text{----- (2)}$$

여기서 S는 전극면적, d는 LB누적막의 두께이다. 한편, 아라킨산(C<sub>20</sub>)과 TCNQ(C<sub>15</sub>, TCNQ)를 헥세로 구조<sup>5)</sup> 소자의 용량을 식(1)에 의해 계산하면 다음과 같다

$$C = 7.68 \times 10^{-12} \text{ [F]} \quad \text{----- (3)}$$

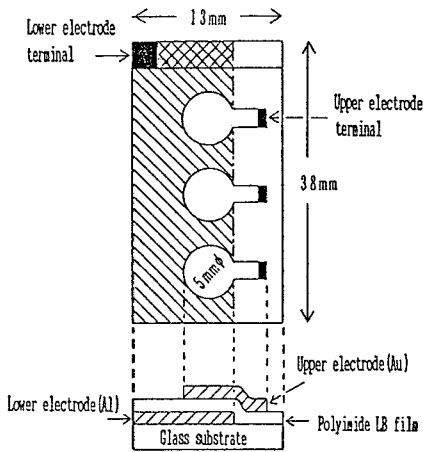


Fig. 1. Structure of MIM element.

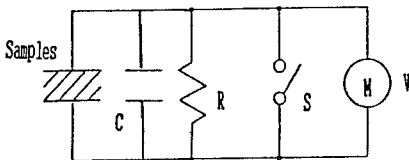


Fig. 2. Measuring circuit.

그림 3은 저항 R이 없는 경우, 삼입도의 회로로서 1분간 간격으로 스위치 S를 1초정도 ON하였을 때 콘덴서 C와 시료에 충전된 전하를 방전 시킬때의 발생전압을 측정한 것이다. 이때, 스위치 S는 전압계에 내장된 단락 스위치를 사용하였으므로 10<sup>8</sup>(Ω)을 통하여 단락하게 되었고, 콘덴서와 시료의 전하는 충분히 방출되어 있지 않기 때문에 스위치를 Open한 순간에 어느 정도 전압이 발생하고 있다. 그러나 그 후 1분간 간격으로서 발생전압은 상승하고 있다. 또한 방전 횟수와 함께 발생전압은 작게되지만, 10회정도 충전 후 방전을 반복하면 전압감소의 비율은 상당히 감소하게 된다. 그림3과 같이 충전측정을 한 후, 측정회로로부터 시료를 분리하여 공기중에 방치하면, 발생전압은 다시 증가하여 그림 4와 같이 된다.

그림 4에서는 스위치S에 의한 단락직전의 발생전압의 값만을 나타내었지만, 1st run 종료후 30분 공기중에 방치하여 다시 그림3의 측정을 한 2nd run의 결과와 10분간 공기중에 방치한 후 3rd run의 결과를 최초의 1st run과 함께 나타내었다. 즉, 방치시간이 길수록 발생전압이 그림3, 그림4의 경우 보다는 더욱 작게 되어 전압 회복에는 1일 정도의 방치시간이 필요하였다.

그림2의 회로에서 콘덴서 C를 연결하지 않고 최소 스위치 S로서 시료의 양전극을 단락한 후 S를 Open하면 회로 Open과 동시에 발생전압의 시간의존성을 측정 한 것이 그림 5이다. 시간경과에 대해 전압은 상승하지만 어느시간 전압이 최대가 된 후 감소하게 된다. 측정할 때 부터 최대가 될때까지의 시간은 저항R이 클수록 시간도 길어지며 발생전압도 큰값이 측정되었다.

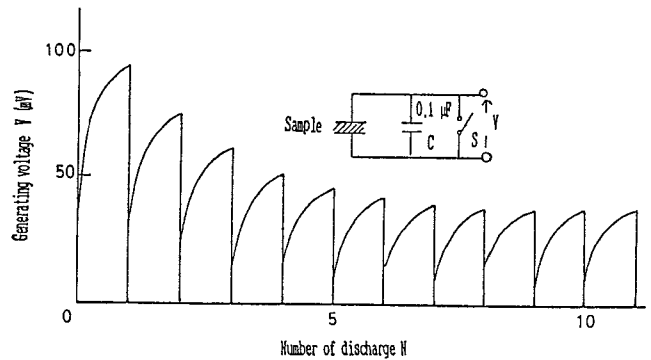


Fig. 3. Characteristics of charge and discharge of condenser by generating voltage.

특히 6시간 이상 경과되어도 전압은 0이 되지 않으며 일정한 값을 나타내었다. 저항R을 연결하지 않는 경우 ( $R = \infty$ )에는 전압의 감소가 측정되지 않았다.

그림6은 시료를 그림 2의 회로에서 분리하여 1일 동안 공기중에 방치하였다가 양전극을 단락하지 않은 상태에서 발생전압의 시간의존성을 측정한 것이다. 전압은 시간에 따라 감소하고 있지만 10시간이 경과하여도 전압이 0이 되지 않으며 이러한 상태의 일정전압을 계속 유지할 것으로 생각된다. 또한 저항을 연결하지 않는 경우에는 전압이 시간에 따라서 증가하다가 일정한 값을 유지하는 경향을 나타내고 있으며, 전압의 감소는 관측되지 않았다.

#### 4. 결론

LB막을 MIM구조로 제작한 소자에서 전압이 발생한다는 사실은 오래전부터 연구되어 왔으며 필자들도 발생전압에 대한 전기현상을 이미 발표하였다. 본 논문에서는 시료를 제작한 후 6 ~ 7년의 장기간 동안 공기중에 방치된 시료를 측정함으로써 시료 제작당시와 동일한 발생전압 및 전기특성이 관측된 것을 논의하였다. 이와같이 오랜기간동안 발생전압이 계속된다는 사실은 발생전압의 원인이 LB막등에 의한 일종의 화학반응이라는 종래의 설명에 의문을 제기하는 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

- 1) A. K. Kapil et al., "Temperature variation of the internal voltage in metal / insulator / metal structure with insulating film of barium stearate", J. Appl. Phys. 50 p.6417 (1979).
- 2) T. Hino, M. Kushida and Y. S. Kwon, "Voltage Generated in Ultra Thin Film MIM Element", Trans. IEE Jpn., 109 - A(7), p.287 (1989).
- 3) 권 영수, 강 도열, 히노다로, "Langmuir-Blodgett 막과 미래의 Electronics 소자", 한국전기전자재료학회지 Vol. 2(1) p.1 - 13 (1989).
- 4) 권 영수, 박 만철, 이 원재, 홍 언식, 강도열, "기능성 초박막을 이용한 Electret 소자의 제작과 전기물성에 관한 연구", 대한전기학회 논문지 40(5) p.489 (1991)

5) Y. S. Kwon, D. Y. Kang and T. Hino, "Generation in Inner Electrical Field in Hetero Structure of LB Ultra Thin Films", Trans KIEE 38(8) p.600 (1989).

6) Y. S. Kwon et al., "The Electromotive Force Generation in MIM Structure of LB films", Trans. IEE Jpn., To be published.

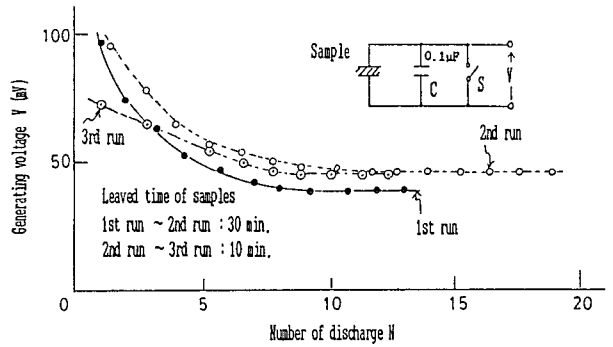


Fig. 4. Recovery of generating voltage by leaved time.

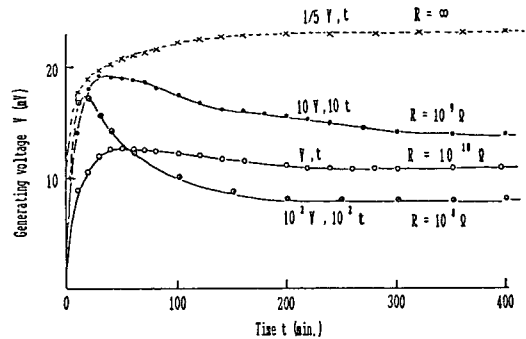


Fig. 5. Time dependence of generating voltage.

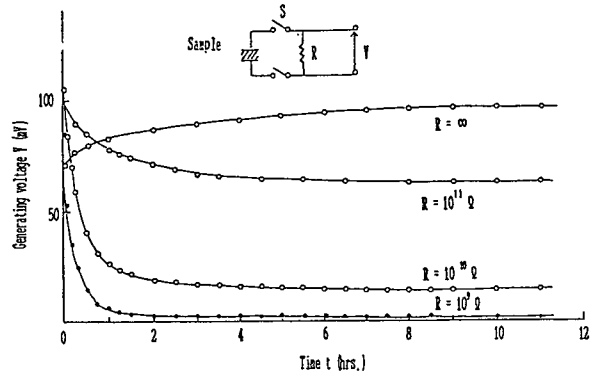


Fig. 6. Time dependence of generating voltage.