



〈分子 Electronics 尖端 新機能素材開發을 위한〉

Langmuir-Blodgett法과 Resist材

姜道烈

(弘益大 工大 教授)

차례

- 1. 序 論
- 2. LB膜의 構築法
 - 2.1 LB膜이란?
 - 2.2 LB膜의 제작과 장치
 - 2.3 水相의 성질
- 3. LB法의 특징
- 4. LB膜의 應用性과 resist의 機能性
 - 4.1 LB膜의 應用性
 - 4.2 LB膜 resist의 機能性
 - 4.3 resist의 材料開發
- 5. 結 論
- 참고문헌

1. 序 論

인공 두뇌를 만들고자 하는 의욕이 거세게 나 들고 있는 가운데, 최근, 3, 4년 사이에 「分子 - Electronics」라고 하는 말이 자주 쓰이고 있다. 이 말이 쓰이게 된 동기는 1981년 3월 美國 Navel Research Laboratory의 Dr. F. L. Carter가 「Molecular Electronics Devices」라고 하는 이름으로 work shop을 개최하게 된 때 부터이다.” 여기에서 다른 주요 내용을 보면 LSI技術의 현황과 문제점 그리고 機能性 分子素材와 分子組織體 構築法의 전망 등이었다.

眞空管의 시대로부터 시작하여 transistor가 발명된 이래 devices의 集積度는 급격한 진전을 보여왔다. 그림 1에서 볼 때 直線의 연장선이 과연 어까지 갈 것인가에 대하여는 예측하기가 어렵다. 그러나 인공두뇌 computer의 실현을 위해서는 1cm² 속에 10¹⁸~10¹⁶개 이상의 素子가 들어 가야 하는 100Å급의 素子가 필요로 하게 된다. 현재 100nm이하 급의 구조에 대한 연구가 착수되고 있기는 하나, 超LSI集積化에서 이 정도의 소자를 만든다는 것은, 현재 silicon을 바탕으로 하고 있는 無機材의 입장에서든 그러하거나 加工技術의 면에서도 그의 限界性을 느낀다고 한다. 그리하여 有機物에 바탕을 둔 分子素子를 개발하여 이를 分子 level의 線까지 끌어 내려 보려는 꿈을 꾸고 있는 것이다. 이 꿈의 실현성은 有機電子材料의 物性的인 연구를 진행하고 있는 가운데에서 “어느 정도 可能性이 있다” 이렇게 생각하고 있기는 하나 分子devices란 아직 idea의 단계에 지나지 않고 있다. devices란 分子組織體의 構築法으로 願하는 機能分子的素子를 원하는 위치에 만들어 낼 수 있어야 하는 것인데, 현재 생각할 수 있는 超薄膜化技術 가운데에는 어느것하나 만족할 만한 방법이 없다. 그런 가운데에서도 최근에 Langmuir-Blodgett法이 연구의 목적으로 많이 쓰이고 있기 때문에 여기에 소개하고자 한다. 먼저 Langmuir-Blodgett

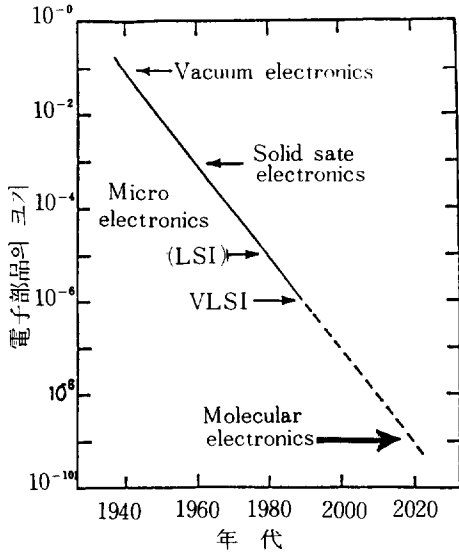


그림 1. 電子部品の 微細化 傾向

표 1. 薄膜形成技術²⁾

方法	特 徵	材 料 例	
wet法	cast法	溶媒除去法으로 薄膜을 形成함	多種多樣
	Langmuir-Blodgett法	水面上에서 單分子膜을 積層함	界面活性物質
	電解重合法	電極表面上에서 電解重合成長함	pyrrole
dry法	眞空蒸着法	여러 材料에 적용할 수 있음	stearic acid 등
	ion cluster beam法	低溫에서 結晶性 薄膜을 形成함	astrazene pyrene
	plasma 重合法	monomagas를 plasma 속에서 重合	弗素系材料

法에 대한 특징을 설명하고 그의 응용성과 여러 利用材料 중에서 resist材에 관하여 설명하기로 한다. 표 1은 박막성형기술의 방법과 그 특징 그리고 이용 재료에 대한 예 이다.

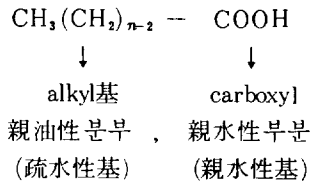
2. LB膜의 構築法

2.1 LB膜이란 ?

Langmuir-Blodgett膜(이하 LB膜이라함)이란 單分子를 二次元의 膜으로 만들어 基板위에 한

층씩 累積하여 三次元의 膜으로 만드는 것을 말한다. 이와같은 방법은 I. Langmuir와 Blodgett가³⁾ 1930년 중반에 제안했던 것인데, Langmuir法, Blodgett法, 또는 Langmuir-Blodgett法(LB法) 등으로 부르고 있다.

有機物 中에는 界面活性 物質이라는 것이 있는데, 이와 같은 물질의 分子構造는 다음과 같은 공통된 점이 있다. 즉 물과 친한 親水性基(예: -COOH-, -OH, -NH₂, -CONH₂, 등)와 기름과 친한 親油性基(疏水性基라고도 함. 예: alkyl基, CH₃(CH₂)_n, 등)의 兩性을 가지고 있다. 直鎖飽和脂肪酸의 예를 보면



로 되어 있다. 이 두 基가 균형을 잘 이루어 兩親媒性 balance를 이루면, 分子는 그림 2와 같이 水面 위에 單分子의 層으로 뜨게 된다.

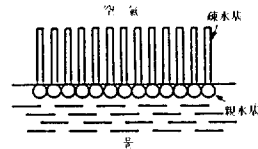


그림 2. 공기와 물 界面의 單分子層

보통 n= 16~22일때의 것이 물에 잘 떠 單分子膜으로 잘 된다고 한다. 이렇게 界面活性을 가진 물질을 benzene이나, chloroform등의 揮發性 溶媒에 녹여 水面 위에 떨어뜨리면 溶媒는 곧 증발하게 되고, 單分子層만이 물 위에 남게 된다. 水面의 넓이에 비하여 成膜分子의 수가 아주 적을 때에는 氣體膜의 상태로 있게 되는데, 이 때 表面의 壓力 π와 單分子의 面積 A와는 다음과 같은 二次元의 理想氣體의 식이 성립한다.

$$\pi A = KT \quad (1)$$

K : Boltzmann의 정수
T : 절대온도

A를 점차 좁혀가면 π 와 A와의 관계는 그림 3과 같이 氣體膜에서 점차 二次元的 固體膜으로 되어간다. 이렇게 單分子 층이 固體膜으로 되어가는 상태는 압축율 δ 가

$$\delta = -\frac{1}{A} \left(\frac{\partial A}{\partial \pi} \right)_T \quad (2)$$

어느 곳에서 급격히 작아지는 것으로부터 알 수 있다. 즉 고체막의 상태에서는 π 와 A의 관계가 거의 直線의 으로 나타난다. 직선부분을 연장하여 $\pi \rightarrow 0$ 으로 하였을 때의 面積 $A_{\pi=0}$ 를 極限積이라 한다. 이것으로 우리는 分子의 配列, 配向 그리고 分子의 構造등을 알아내게 된다. 이와 같이 水面 위에 凝縮된 固體膜을 表面壓을 일정하게 유지하면서 glass 등의 基板 위에 한 층씩 떠 옮기면 單分子 층이 累積하게 된다.

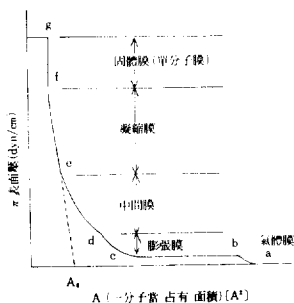


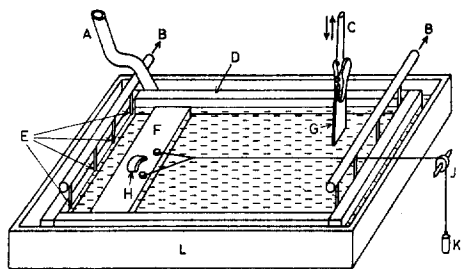
그림 3. 單分子系의 表面壓(π)와 占有面積(A)의 관계

2.2 LB膜의 제작과 장치

水面 위에 떠 있는 單分子層을 glass 등의 固體基板에 옮기는 방법에는 다음과 같은 두가지로 크게 나눌 수 있다.

1. 垂直浸漬法 (vertical dipping method)
2. 水平附着法 (horizontal lifting method)

여기에서는 연구목적에 주로 쓰이고 있는 1의 방법에 대하여 설명하기로 한다. 그림 4는 vertical dipping method의 LB膜 제작장치의 한 예이다. 이 장치는 Kuhn의 연구 group이 고안한 것인데, 얇은 角形水槽 (30×40cm 정도)의 안쪽



A, water supply; B, suction pump for surface cleaning; C, windlass for dipping and raising; D, barrier framework; E, capillaries for surface cleaning; F, float; G, substrate; H, magnet for clamping the float; J, pulley; K, weight adjusted for the desired surface pressure; L, tray

그림 4. Kuhn 학파가 개발한 LB製作裝置

에 떠를 둘러 水面에 칸막이 구실을 하게 하였다. 떠(barrier framework)의 안 쪽에는 직사각형으로된 浮子(float)가 떠 있는데 이 浮子は 二次元的 piston으로 되어, 좌·우로 잘 미끄러질 수 있게 되어 있다. 浮子は 연결된 추(錘)에 의하여 항상 그림 4와 같이 右側으로 끌려진 상태로 있게 된다. 水面 위에 展開된 單分子層에 추로 일정한 表面壓을 가하게 하여 固體膜상태로 유지 시키면서 水面에 수직으로 설치된 基板(substrate)을 위·아래로 작동시키면 그림 5와 같이 각 行程에 따라 單分子의 층이 基板에

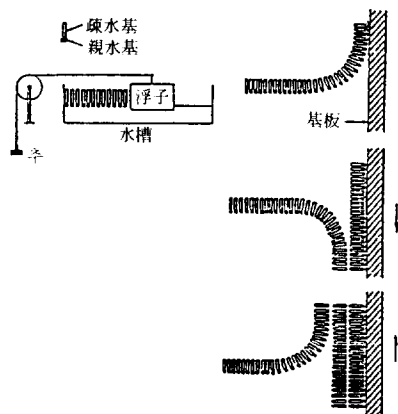
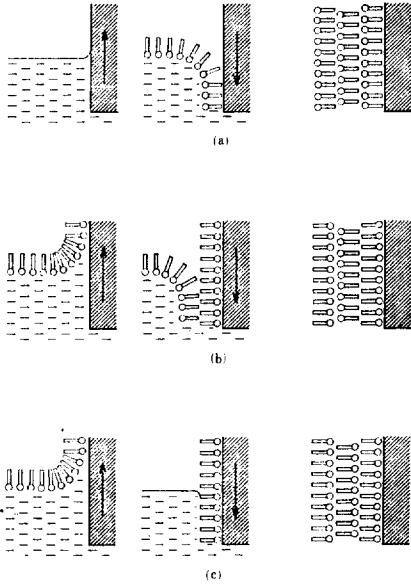


그림 5. 垂直浸漬 LB累積方式

한 층씩 누적된다. 浮子は單分子의 層이 기판에 옮겨 간 만큼 右側으로 이동하게 되는데, 이때 單分子層이 水面上에서 점유하고 있던 면적을 기판에 옮겨진 면적으로 나눈 것을 累積比 (deposition ratio : μ)라 한다. 基板을 올릴 때와 내릴 때의 累積化를 각각 η_v , η_d 라 하면, 水面上의 分子配列·配向이 理想的으로 基板에 옮겨질 경우 η_v 와 η_d 는 1이 될 것이다.



(a) X-type; (b) Y-type; (c) Z-type.

그림 6. LB膜의 累積型

그림 6에서

(a)와 같이 $\eta_v=0$
 $\eta_d=1$ } 로되는 경우를 X型膜

(b)와 같이 $\eta_v=\eta_d=1$ 로 되는 경우를 Y型膜

(c)와 같이 $\eta_v=1$
 $\eta_d=0$ } 되는 경우를 Z型膜

이라 한다. 그림 6에서 알 수 있는 바와 같이 Y型膜은 二分子單位胞를 가지고 있는데 반하여 X와 Z型膜에서는 成膜分子의 向이 모두 같은 一分子單位胞로 되어 있다. 累積比 μ 는 이상적인 경우 1 또는 0으로 될 것이지만, 單分子層의 분자질서가 좋지 않아 기판 위에 斑狀 또는 鳥狀 등으로 불균일한 累積이 될 때에는 0 또는 1로 확실하게 구별되지 않는다. 따라서 μ 는 LB

膜의 質을 평가하는데 이용 되기도 한다.

2.3 水相의 성질

LB膜은 제작할 때 쓰이는 물의 성질, 즉 水相의 組成에 영향을 받는다. 脂肪酸의 경우, 純水를 사용하면 遊離酸膜으로 되고, 水相에 金屬ion을 첨가하면 脂肪酸이 中和되어 金屬塩膜이 된다. 金屬塩膜은 陽ion의 성질에 따라 정도의 차이는 있으나 보통 遊離酸膜 보다는 구조적으로 안정된 상태로 된다. 二價 金屬ion은 一價인 경우보다 더 안정된 결과를 나타내고 있는데, 그중에서도 Ca^{++} 에서 Y型膜으로 할 때 더욱 우수하다. 三價ion을 사용하면, 水面上의 單分子層이 쉽게 強固하게 되기는 하나 剛性이 지나쳐 오히려 累積하기가 어렵게 되기도 한다. 표 2는 直鎖脂肪酸鹽 LB膜의 제작조건을 표시한 몇 가지 예이다. 연구 초기에는 Ba 鹽, Ca 鹽 등이 많이 사용되었으나 최근에는 Ca 鹽이 많이 쓰이고 있다.

표 2. 直鎖脂肪酸鹽 LB膜作製條件⁵⁾

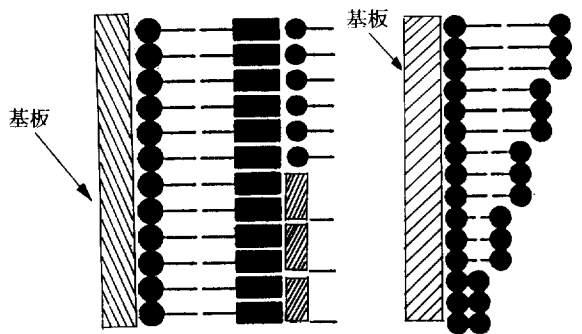
金 屬 이 온	累積型	水 相 組 成	pH	溫度 (°C)	表面壓 (mN/m)	文 獻
Ba^{++}	Y	$3 \times 10^{-4}M BaCl_2$ $4 \times 10^{-4}M KHCO_3$	7.0~7.2	<22	30	28)
	X	$5 \times 10^{-4}M CaCO_3$	7.4	15	30	3)
Ca^{++}	Y	$10^{-4}M CaCO_3$	6.4~6.6	22	16	3)
Cd^{++}	Y	$10^{-4}M CdCl_2$	6.0~7.7	-	-	29)
Co^{++}	Y	$5 \times 10^{-4}M CoCl_2$ $NHCl_4-NH_3$ 로 pH調整	9.2~9.6	-	30	30)
Mn^{++}	Y	$\sim 10^{-3}M Mn^{++}$	>6.5	-	-	31)
Pb^{++}	Y	$10^{-4}M PbCl_2$	5.02	-	-	29)
		$10^{-4}M FeCl_3$				
		$2 \times 10^{-4}M HCl$				
		$5 \times 10^{-4}M KI$				

3. LB法의 특징

LB法의 특징 중에서 크게 꼽을 수 있는 것은 成膜過程에서 energy가 적게 든다는 점을 들 수 있을 것이다. 만일 재래의 眞空蒸着法이나 sputtering法으로 常溫·常壓에서 超薄膜을 제작하

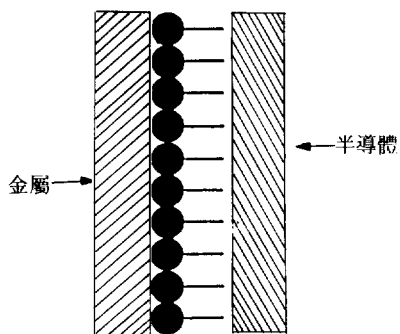
려고 한다면 무척 까다로운 精制御가 필요하게 될 것에 반하여, LB法은 常溫·常壓에서 分子의 自己組織能을 그대로 활용하는 것이기 때문에 외부에서 energy를 따로 加할 필요가 없다. 따라서 成膜過程에서 흔히 생기기 쉬운 成膜物質의 分해라든가, 劣化 그리고 成膜後 經時變化에서 생길 수 있는 變質의 염려도 적다. 또한 成膜原理로 볼 때 큰 膜으로 만들기가 용이하다는 것들을 들 수 있다.

子들을 몇 종류로 혼합하여 多成分系 單分子層으로 한 混合層으로 만들 수도 있다. 그리고 꼬리 $(CH_2)_{n-2}$ 를 조절하면 그림 7 (b)와 같이 單分子膜 사이의 거리를 조절할 수도 있을 것이며, (c)와 같이 MIS의 構造로 할 수도 있다. 그 밖에 超薄膜의 두께 및 分子의 配向·配列 등을 정확하게 조절하면 앞에서 언급했던 바와 같이 有機分子의 異方性을 이용할 수도 있을 것이다. 그리고 蛋白質과 같이 耐熱性이 작은 有機分子라 할지라도 그의 기능을 파괴함이 없이 成膜할 수 있다. 그 밖에 제작과정의 복잡하지 않으므로 누구나 쉽게 만들 수 있다는 점들이 그의 특징이라 할 수 있을 것이다.



(a) 서로 다른 單分子膜을 累積함

(b) 膜의 두께를 조절함



(c) MIS 구조로 만듦

그림 7. LB膜의 設計

LB法에서는 그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 組成이나, 構造的인 면에서 다양하게 변화시킬 수가 있다. 예를 들면, 膜을 구성하는 單分子의 層을 모두 동일하게 하는 homo膜 또는, ABAB, AABB 등으로(그림 7 (a) 참조) 하는 hetero膜으로 만들 수 있으며, 서로 다른 成膜分

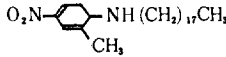
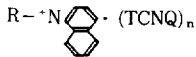
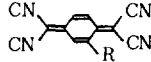
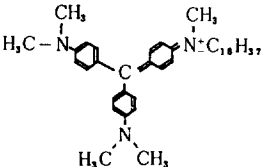
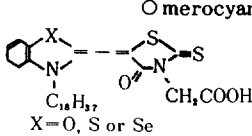
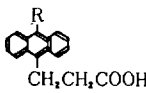
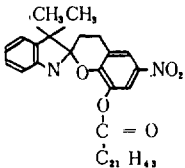
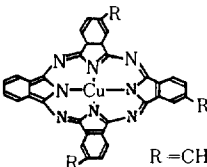
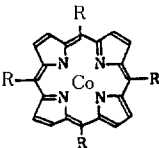
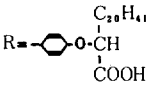
4. LB膜의 應用性和 resist의 機能性

4.1 LB膜의 應用性

LB法은 Langmuir와 Blodgett가 제안²⁶⁾한 이래 1950년대까지 주로 界面化學 分野의 基礎的 연구에 국한 되어 왔다. 60년대에 들어 독일의 H. Kuhn學派가 이 방법으로 分子組織體를 만들어 有機色素의 分光學的인 연구⁴⁾를 하게 되면서 應用의 可能性이 보이기 시작 하였다. 그후 G. G. Roberts 등이 1978년에 LB膜을 絶緣層으로 한 I_nP 電界効果 transistor를 만드는데 성공을 하였²⁷⁾, '81년에 McAlear 등이 蛋白單分子膜을 이용한 形成技術을 발표하여⁶⁾ 새로운 集積技術의 개발 가능성을 제시하게 되었는데 英國의 Durham대학의 Roberts가 '82년 9월에 International Conference on Langmuir-Blodgett Films를 개최 함으로써 이 분야에 대한 본격적인 연구의 계기가 되었다.

LB膜을 이용한 應用에 있어서는 그 범위가 너무 넓기 때문에 어디까지라 예측하기가 어렵다. 여기에서는 Electronics와 관계가 깊은 電磁的機能, 光學的機能, 生化學的機能 별로 대표적인 LB膜材料를 표 3에 소개하기로 한다. Gaines의 저서를 보면⁷⁾ 187종류나 되는 成膜物質이 소개되고 있다. 그러나 LB膜의 機能性에 관한 연구가 활발하게 되자 최근에는 더욱 많은 成膜物質

表 3. 分子 electronics材料 (LB 材料) 一覽⁹⁾

機能	材	料	參考文獻
電磁的機能	絶縁性	○直鎖飽和脂肪酸 $(CH_2(CH_2)_{n-2}COOH)$ Odiacetylene系 $(CH_2(CCH_2)_m - C \equiv C - C \equiv C - (CH_2)_n COOH)$ ○ ω -tricosenoic acid $(CH_2 = CHCCH_2)_{20}COOH$ ○ polyimide	7) 14), 17) 11) 18)
	強誘電性	○ diacetylene系 ○ benzene誘導體系 	19)
	導電性	○ TCNQ系 $R - \text{N} \langle \text{benzene ring} \rangle \cdot (TCNQ)_n$  	20) 21)
	光導電性	○ triphenylmethane系  ○ merocyanine系  X = O, S or Se	22)
光學的機能	發光	○ 芳香族炭化水素系 	23)
	spectrum變化	○ spiroopyran系 	24)
生化學的機能	化學物質檢出	○ phtalocyanine系  R = $CH_2NHC_2H_5$	25), 26)
	biomimetic	○ porphyrin系  R = 	20)

들이 合成되어 그 數가 數千種類에 달하고 있다. 것 몇가지만을 다음章에서 소개 하기로 한다.
여기에서는 resist 材料에 국한하여 대표적인

4.2 LB膜 resist의 機能性

그림 1에 표시한 바와 같이 電子部品은 VL-SI技術의 진전과 함께 微細加工의 高度技術이 요구되고 있다. 超薄膜 resist의 실현을 위한 방법의 하나로 그림 8에 나타낸 바와 같은 electron beam micro lithography의 加工術을 들 수 있는데, 어려운 문제들이 없지 않다. 다음으로 생각할수 있는 것은, 이 LB膜을 꼽을수 있

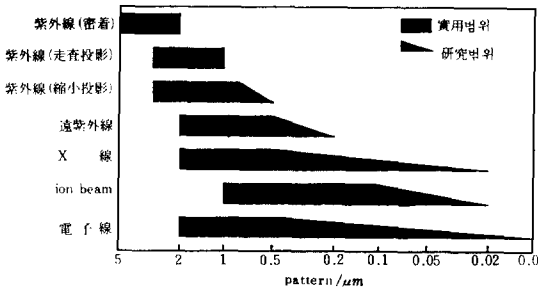


그림 8. 각종 lithography技術의 적용범위

는데, 그 이유는 매우 얇은 膜(數10~1,000Å)으로 할 수 있다는 매력 때문인 것이다. 얇은 薄膜이 超微細化技術에 어떻게 도움이 되는가를 생각해 보기로 한다. 電子線(election beam-이하EB라 함)으로 resist膜에 pattern을 그릴 경우, resist材의 表面에 EB를 照射하면 電子는 材料안으로 충돌을 반복하며 뚫고 들어 가면서 가지고 있던 energy를 잃게 된다. 한편 電子는 運動方向의 변화를 일으키어 그림 9¹¹⁾의 實線으로 표시한 바와 같은 領域으로 energy를 放出(電子散亂)하게 된다. 基板에 도달한 電子가 後方散亂을 일으키면 解像度에 나쁜 영향을 주게 되는데, 이와 같은 영향을 줄이기 위해서는 그 原因이 되는 基板의 두께를 얇게 해야 할 것이고, 二次 電子의 散亂을 줄이기 위해서는 resist의 두께를 최소 한으로 얇게 하여 EB의 加速電壓을 $E = E_{min}$ (그림에서 點線)으로 줄일 수 있게 된다면, 解像度는 좋아지게 될 것이다.

Barraud등은 LB膜이 高解像度 resist로 가능성이 있음을 처음으로 시사하였는데¹⁰⁾, 이들은 ω -tricosenoic acid로 45nm (15층)~60nm되는 두께

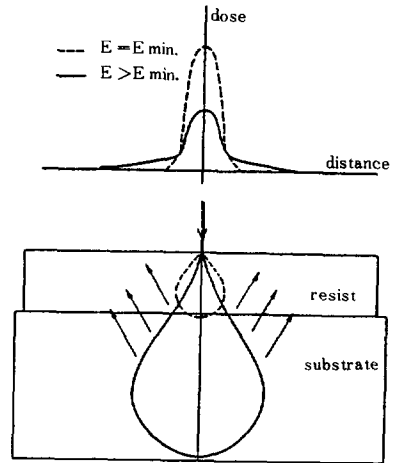


그림 9. 電子線 照射效果

의 膜을 만들어낸 것이다.

4.3 resist 材料의 開發

LB膜에서 결함이라 하면, 耐熱性과 強度가 약하다는 점을 들 수 있다. 이를 극복하기 위하여, 최근 重合LB膜에 대한 연구가 진행되고 있다. 이는 成膜分子의 配列을 혼어지지 않게 하면서 分子들을 共有結合시켜 보려고 하는 발상에서 시작된 것이다. 최근 開發되고 있는 重合 LB膜에 대한 예를 group별로 대표적인 것 몇가지를 표 4에 나타내었다.⁵⁾

제 1 group은¹²⁾ alkyl鎖의 ω 위치에 二重結合을 갖는 脂肪酸인데, 그림 10 (a)와 같이 EB를 照射하여 重合시키는 방법이다. 이 group에 속하는 ω -tricosenoic acid의 遊離酸 LB膜을 EB로 重合시킨 이 分子는 negative type resist로 사용할 수 있는데, Barraud 등은 glass基板에 먼저 Al을 蒸着(約1500Å)하고 그 위에 ω -tricosenoic acid LB膜을 15층(450Å)을 累積하였다. 그리고 여기에 EB(加速電壓 5 kV)로 pattern을 그린 다음 ethanol로 현상하여 600Å의 解像度를 가진 線을 그릴 수 있었다.¹¹⁾ 이렇게 解像도가 높은 線 pattern을 가능하게 한 것은 ω -tricosenoic acid LB의 累積狀態에도 큰 관계가

표 4. 重合LB膜의 製作條件⁵⁾

成膜分子	累積型	水相組成	pH	溫度 (°C)	表面壓 (mN/m)	文獻
ω -tricosenoic acid 遊離酸 Ca 塩	Y	無添加	-	-	32.5	12)
	Y	$10^{-3}M$ CaCl ₂	7.5~8	-	32~35	12)
diacethylene 誘電體 m=8, 9; n=0 Cd 塩 m=11, 13; n=8 Cd 塩	Y	{ $10^{-3}M$ CdCl ₂ NaOH-HCl로 pH調整	>6.5	12	20	14)
	Y		>6.5	20	20	14)
α -octadecylacrylic acid Ba 塩	Y	$10^{-4}M$ BaCl ₂	-	21	25	15)

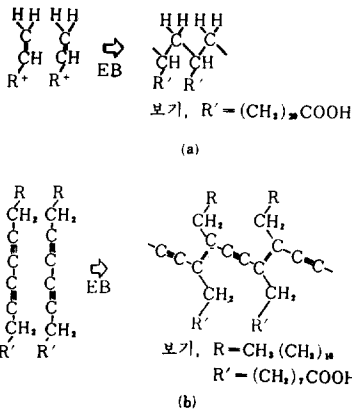


그림 10. 重合LB膜의 例

있는 것이지만, 重合過程에도 깊은 관계가 있는 것이다. ω -tricosenoic acid의 二價 金屬塩은 強度가 매우 우수하다. 그러나 아직 적당한 현상용 溶媒가 발견되지 못하며 쓰이지 못하고 있다.¹²⁾

제 2 group은¹⁴⁾ diacethylene의 誘電體이다. alkyl鎖에 carboxylic acid基를 붙쳐 兩親媒性의 balance를 취하여 LB膜이 되도록 한 다음, 紫外線으로 照射하거나 熱을 가하면 그림 10 (b)와 같은 重合을 이끈다. 이와 같은 종류의 成膜分子 $CH_2(CH_2)_m-C\equiv C-C\equiv C-(CH_2)_n-COOH$ 는 여러 종류의 鎖長 m, n의 것들이 合成되고 있다. diacethylene殘基 $-C\equiv C-C\equiv C-$ 가 分子의 中央 부근에 있는 것은 重合할 때 分子의 配列이 亂어지지 않아 強度나 耐熱性이 우수할 뿐

만 아니라 重合 후 絶緣性에도 변화가 없다. m = 11, n = 8인 것은 230°C까지도 層狀構造가 붕괴하지 않아 현재 MIS 또는 MIM 등에 쓰이고 있다.³³⁾ 최근에는 光集積回路에도 응용이 가능하다는 보고가 나오고 있다.³⁴⁾

제 3 group은¹⁵⁾ 親水基 부근에 있는 二重結合이 重合되는 成膜分子이다. 이와같은 종류의 分子는 종래 부터 잘 알려진 것인데, vinyl stearate $CH_2(CH_2)_{16}COOCH=CH_2$ 와 같은 脂肪酸의 不飽和 alcohol ester가 하나의 대표적인 예가 된다. 포에서 α -octadecyle acrylic acid는 비교적 새로운 物質이다. 그것은 ester와는 달리 金屬塩LB膜으로 될 수 있다는 것이 그 특징이다. 膜을 60°C- γ 線으로 重合시키고 P₆-I_n 合金電極으로 하여, 4.2°K에서 200~820A·cm⁻² 되는 臨界電流密度를 얻은 보고가 있다.¹⁶⁾

5. 結 論

누군가가 곧 人工頭腦를 만들고 말것만 같다. 人間 보다 더 머리가 좋은 것이 생긴다면 이세상은 어떻게 달라지게 될까.....

分子 Electronics의 立場에서 볼 때, 현 단계의 LB膜은 아직 꿈과 같은 이야기 일지 모른다. 그러면서도 현실적으로는 표 3에서 알 수 있었던 바와 같이 導電性, 光導電性, 그 밖에 여러 機能性 LB膜材料 들이 分子Electronics를 構築하기 위하여 현실적으로 착실하게 나오고 있다. 작년에는 세계에서 가장 얇다는 4Å의 LB 絶緣

膜이³²⁾ 발표되고 있다. 그러나 分子Electronics 를 완성하기 까지에는 많은 시련이 있을 것으로 생각한다. “생각하기는 쉬우나, 行하기는 어려운 것” 이分野의 연구라 하여 예외일 수는 없다.

세상은 이 분야에 열을 올리고 있다. 우리나라에서도 많은 사람들이 관심을 가지고 尖端産業의 대열에서 많은 공헌이 있기 바라는 마음이다.

參 考 文 獻

- 1) F. L. Carter : Molecular Electronic Devices, Marcel Dekkers Inc. New York, 1982.
- 2) 川端, 藤堂 : 日本 電氣評論 10, 885, 1985.
- 3) K. Blodgett : J. Am. Chem. Soc., 57, 1007, 1935.
- 4) H. Kuhn, D. Möbius and H. Bücher : Techniques of chemistry, ed. A. Weissberger and B. W. Rossiter (John Wiley & Sons, New York, 1973) Vol. I, Part III B,p.577.
- 5) 杉, 齊藤, 福井, 飯島 : 固體物理 17, No. 12, 745, 1982.
- 6) J.H.Mc Alear and J.M. Wehrung : 1981 Symp. on VLSI Technology, Digest of Tech. papers, 82, 1981.
- 7) G.L.Gaines, Jr. : Insoluble Monolayers at Liquid Gas Interfaces, Interscience, New York, 1966.
- 8) 村瀬 : 高分子, 34, No. 4, 297, 1985.
- 9) 岩本, 中桐 : 日本結晶學會誌, 28, 188, 1986.
- 10) A. Barraud, C. Rosillio : Proc. of Int. Conf. on Microolithography, 271, 1977.
- 11) A. Barraud, C. Rosillio, A. Ruauadel-Teixier : Solid State Technology, 22, 120, 1979.
- 12) A. Barraud, C. Rosillio, A. Ruauadel-Teixier : J. Colloid, Interface Sci. 62, 509, 1977.
- 13) A. Barraud, C. Rosillio, A. Ruauadel-Teixier : Thin Solid Films, 68, 91, 99, 1980.
- 14) G.Lieser, B. Tieke and G. Wegner : Thin Solid Films, 68, 77, 1980.
- 15) V. Enkelmann and J.B. Lando : J. Polm. Sci. Polm. Chem. Ed., 15, 1843, 1977.
- 16) G. L. Larkis, Jr., C. W. Burkhart, E. D. Thompson, J. B. Lando and E. Ortiz : Thin Solid Films, 99, 1983.
- 17) David Day and J. B. Lando : Mecro Molecules, 13, 1478, 1980.
- 18) 鈴木, 柿本, 小西, 今井, 岩本, 日野 : 日本化學會, 第51春季年會, 1986.
- 19) 松田, 中西, 加藤 : 第2回 オプティックスとエレクトロニクス有機材料に関する シンポジウム, 3AC4, 61, 1985.
- 20) A. Barraud : Proceedings of International Symposium on Future Electron Devices Bioelectronic and Molecular Electronic Devices, I-1, 97, 1985.
- 21) 中村, 田中, 關口, 川端 : 日本電氣學會研究資料, EIM 85-144, EFM 85-47, 29, 1985.
- 22) M. Sugi, M. Saito, T. Fukui and S. Iizima : Thin Solid films, 99, 17, 1983.
- 23) G. G. Roberts, T. M. McGinnity, W. A. Barlow and P. S. Vincett : Thin Solid Films, 68, 223, 1980.
- 24) E. Ando : Proceedings of International Symposium on Future Electron Devices, Bioelectronic and Molecular Electronics Devices, II -5, 47, 1985.
- 25) S. Baker : ibid, II -6, 53, 1985.
- 26) S. Baker, G. G. Roberts and M. C. Petty : IEE Proceedings, 130, Pt I., 260, 1983.
- 27) G. G. Roberts, K. P. Pande and W. A. Barlow : IEE Solid State Electron Devices, 2, 169, 1978.
- 28) K. B. Blodgett and I. Langmuir : Phys. Rev., 51, 964, 1937.
- 29) H. H. Race and S. I. Reynolds : J. Am. Chem. Soc., 61, 1425, 1939.
- 30) 水野, 森干, 渡邊 : 應用物理, 45, 541, 1976.
- 31) M. Pomerantz and A. Segmüller : Thin Solid Films, 68, 33, 1980.
- 32) 鈴木, 岩本, 日野(外) : 日本電氣學會論文誌(A), 106, 37, 1986.
- 33) 예로 들면,
G. G. Roberts : in Insulating Films on Semiconductors, eds. by M. Schulz and G. Pensl, Proc. 2nd Int. Conf., INFOS 81, Erlangen(Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1981)
- 34) 예로 들면
C. W. Pitt and L. M. Walpita : Thin Solid Films, 68, 101, 1980.