

일렉트렛트의 응용

Application of Electrets

황명환*, 이덕출**

* : 인천대학교 산업안전공학과

** : 인하대학교 전기공학과

일렉트렛트(電石)이란 자석과 대칭한 호칭으로 영구전기분극을 갖는 절연체를 말한다. 일렉트렛트는 1919년 江口에 의해 창제^{1,2)}되었는데, 이것은 왁스와 松脂를 동량으로 혼합하여 만든 것이었으나, 최근에는 테프론이나 마이러, 폴리프로필렌등의 고분자 필름으로 만들게 되었다. 많은 고분자 재료는 절연성이 좋고, 가공 성형도 용이하기 때문에 일렉트렛트로 하기에 편리하다. 그 중에서도 합성고분자 필름에 의한 일렉트렛트는 마이크로폰이나 카트리지 등의 음향소자에 쓰이는 외에 정전모우터, 릴레이스위치, 에어필터나 의용재료에 널리 이용될 가능성^{3,4)}이 나오고 있다.

일렉트렛트를 이용할때에 생기는 최대의 결점은 그 표면전하가 감쇄하는 것이다. 그 때문에 일렉트렛트 표면을 개방상태로 방치해두면 그 표면전하는 공기 중에서 반대극성의 전하가 부착해서 중화되기도하고, 공기중으로 방전되어 소멸되기도하고 내부전계의 작용으로 트랩전하가 이탈하고 이동해서 쌍부호의 전하와 결합하여 소실하기도 한다. 그래서 이제까지는 전하의 life time을 길게 유지하기 위해 많은 노력을 기울여 왔다.

특히, 일렉트렛트의 특성을 조사하기 위해서는 그 표면전하 측정이나⁵⁾ 열자극 전류⁶⁾ 그리고 메카노일렉트렛트⁷⁾인 구부림압전율이 측정된다. 본 해설에서는 이들의 측정방법과 결과를 소개한다.

1. 코로나 하전법 및 표면전하의 측정

시료 막면으로 부터 수직상방 10mm의

위치에 針狀전극을 고정하고 양극간에 실온에서 직류 9kV의 고전압을 30초간 인가해 코로나 하전하고 코로나 하전된 시료표면의 표면 전위를 비접촉전극 법으로 측정한다⁸⁾. 또한 코로나 하전한 시료의 양극을 단락해서 불안정한 전하를 제거한 후, 그 시료를 각종의 온도에서 30분간 열처리하고, 실온

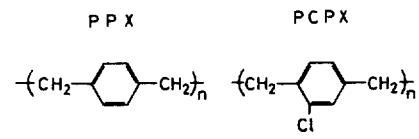


Fig.1. Chemical formula of Poly-p-xylylene(PPX) and polychloro-p-xylylene(PCPX).

으로 식혀 그 표면전하 밀도를 정전 유도법⁸⁾으로 측정한다.

그림 1은 표면전하의 측정에 사용된 시료의 화학구조식이고, 그림 2와 3은 실온에서 코로나 하전한 시료막의 표면전하의 감쇄를 살펴본 표면전위의 대수(ℓnV)를 시간에 대해 프로트한 결과를 나타낸다⁵⁾. 감쇄곡선은 어느것이든 3개의 직선으로 근사되지만 극성에 따른 전하감쇄의 차이는 그다지 보이지 않는다.

코로나 하전한 시료표면의 전하감쇄는 식(1)로 나타내듯이 3개의 지수함수의 합으로 주어진다고 가정한다⁹⁾.

$$\sigma_t / \sigma_0 = A_0 + \sum_{i=1}^3 C_i \exp(-t/\tau_i) \quad (1)$$

여기서 δ_0 및 δ_t 는 시간 $t = 0$ 및 t 에 있어서의 실효표면전하밀도(全電荷)이며, A_0 는 충분히 시간이 경과한 후의 잔류표면전하의 비율, C_i 는 시정수 τ_i 로 감쇄하는 전하가 측

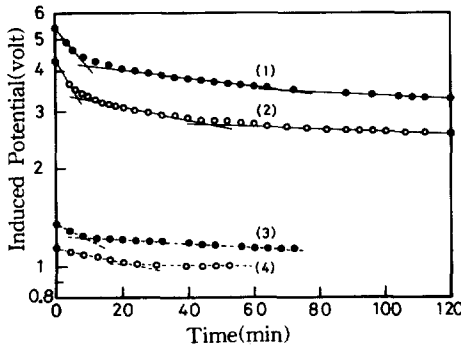


Fig.2. Decay of surface charges for corona charged PPX films. Curve:(1)positive charge(unshorted after poling); (2)negative charge(unshorted after poling); (3)positive charge (shorted after poling); (4) negative charge(shorted after poling).

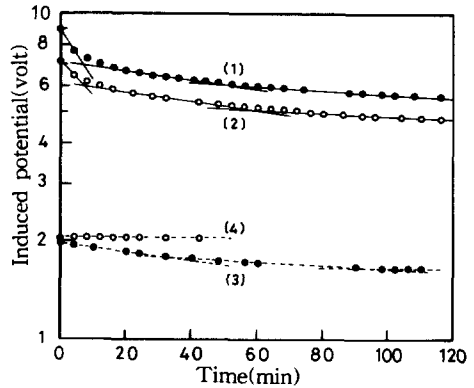


Fig.3. Decay of surface charges for corona charged PCPX. Curve: (1)positive charge(unshorted after poling); (2) negative charge(unshorted after poling) (3) positive charge (shorted after poling); (4) negative charge(shorted after poling).

Table 1. Relaxation time τ_i and electric resistivity ρ_i for PPX and PCPX by corona charging.

Sample	Treatment	Polarity	τ_1	τ_2	τ_3	ρ_1	ρ_2	ρ_3
			(s)			($\Omega \cdot \text{cm}$)		
PPX	Unshorted	+	2.8×10^2	9.0×10^2	9.8×10^2	1.1×10^{15}	3.4×10^{15}	3.7×10^{15}
PPX	Unshorted	-	4.2×10^2	1.2×10^3	2.5×10^3	1.6×10^{15}	4.4×10^{15}	
PPX	Shorted	+	3.3×10^2	7.3×10^2		1.2×10^{16}	2.7×10^{16}	
PPX	Shorted	-	1.9×10^4	1.2×10^5		7.4×10^{16}	4.5×10^{17}	
PCPX	Unshorted	+	1.9×10^2	6.5×10^2	1.4×10^3	7.0×10^{14}	2.5×10^{15}	5.2×10^{15}
PCPX	Unshorted	-	2.4×10^2	7.1×10^2	1.5×10^3	9.0×10^{14}	2.7×10^{15}	5.7×10^{15}
PCPX	Shorted	+	1.9×10^2	7.0×10^2		7.4×10^{15}	2.7×10^{17}	
PCPX	Shorted	-	$> 1.9 \times 10^2$			$> 7.4 \times 10^{15}$		

The τ_i and ρ_i were calculated from eqs. (1) and (2).

$V_t = V_0 \exp(-t/\tau_i)$ (1); $\rho_i = \tau_i / \epsilon \epsilon_0$ (2). Where V_0 is the initial surface potential and V_t the surface potential at time t , ϵ_0 and ϵ the dielectric constant of vacuum and the material. The ρ_i was calculated as $\epsilon = 3$.

정초기($t=0$)에 있어서 충전하에 대해서 점유하는 비율을 나타내는 정수이다.

지금 표면전하감쇄의 측정을 개시 후, 1분 경과한 시점에서의 직선의 구배로부터 표면전하의 완화시간(τ_i)을 정한다.

여기서 시료 및 진공의 유전율을 ϵ_s 및 ϵ_0 시료의 전기고유저항율을 ρ_i 이라하면

$$\tau_i = \epsilon_0 \epsilon_s \rho_i \quad (2)$$

로부터 ρ_i 의 값이 구해진다. 그림 2로부터 $\tau_1 = 2.8 \times 10^2 \text{s}$, $\epsilon_s = 3$, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-14} \text{ (F/cm)}$ 의 값을 식(2)에 대입해서 $\rho_1 = 1.1 \times 10^{15} \text{ (\Omega cm)}$ 가 얻어진다. 또한 25분 경과후의

직선의 구배로부터 구한 $\tau_2 = 9.0 \times 10^2 \text{s}$ 를 써서 $\rho_2 = 3.4 \times 10^{15} \text{ (\Omega cm)}$ 가 얻어진다. 따라서 코로나 하전 직후의 표면전하 감쇄는 폴리플로필렌이나 FEP테프론 막(4불화에틸렌과 6불화프로필렌의 공중합체)에 코로나 하전하 표면전하의 감쇄에 비해 현저히 빠른것을 알 수 있다.

코로나 하전직후의 시료표면의 전하밀도는 $(1 \sim 2) \times 10^{-3} \text{ C/m}^2$ 이기 때문에 그 표면전하의 대부분은 공기중으로의 방전, 시료표면에 연면한 전도나 시료 내부으로의 전도에 의해 소멸하는 것으로 생각할 수 있다. 여

기서 코로나 하전직후 시료면을 단락하면 많은 불안정한 전하가 中和化되어 잔류표면 전하 밀도는 $(1\sim 2)\times 10^{-4}\text{C}/\text{m}^2$ 으로 감소하여 안정화 한다. 그러므로 표면전하감쇄가 현저히 느려진다. table 1은 각 시료의 전하감쇄곡선의 구배로부터 구한 완화시간(τ_i) 및 전기고유저항율(ρ_i)의 값을 나타내고 있다.

여기서 사용한 시료의 경우 표면전하의 감쇄특성 및 열 안정성은 그다지 좋지 않은데 Rasche⁽¹⁰⁾등에 의하면 시료표면에 코로나 하전후 하전층을 보호하기 위해 시료표면에 같은 시료로 코팅을 해서 사용하면 열 안정성등이 뛰어나다고 보고하고 있다.

2. 열자극 탈분극 전류(TSDC)의 측정

시료표면에 금을 진공증착해서 전극(면적 3.14cm^2)으로 하고, 이들을 140°C 로 가열해서 $E_p=3\times 10^7\text{V}/\text{m}$ 의 직류 전압을 인가하면서 실온까지 그리고 -170°C 가까운 저온으로 냉각하고 인가전압을 제거한 후 시료의 양극을 피코암페터에 접속해서 일정한 승온속도 $\beta(=2.8^\circ\text{C}/\text{min})$ 로 가열한 때의 열자극 탈분극 전류(TSDC)를 측정한다. 상세한 것은 별지와 같다⁽⁸⁾.

그림 4는 위와 같은 방법으로 처리한 PPX 및 PCPX의 -170°C 로부터 150°C 까지의 온도역에 있어서의 TSDC곡선이며 前者의 경우 $-155, -70, -17.35$ 및 94°C 부근에서 전류의 피크를 나타내고 후자의 경우에는 $-100, -40, 66, 95$ 및 145°C 부근에서 피크를 나타내고 있다.

그림 5는 PPX 및 PCPX의 막을 140°C 로 가열하고 $3\times 10^7\text{V}/\text{m}$ 의 직류 전압을 인가한 채로 실온으로 식힌후의 TSDC의 곡선이다. PPX의 경우 135°C 부근에 전류의 피크가, PCPX의 경우에는 70 과 140°C 부근에 큰 피크가 나타나 있다.

또한 table 2에 PPX의 열일렉트렛트와 코로나 하전한 것의 TSDC의 피크온도 및 점탄성측정에 의한 손실영율(G'')의 피크 온도를 나타냈다. 그리고 Mizutani등의 결과 즉 PPX을 액체 질소 온도로 해서, X선을 조사한 후의 TSDC의 피크 온도^{11,12)}를 비교

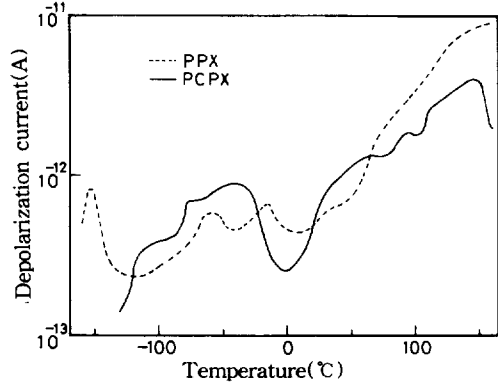


Fig.4. TSDC curves in poled PPX and PCPX films. Poling condition: $E_p=3\times 10^7\text{V}/\text{m}$; $T_p=140^\circ\text{C}$; $t_p=10\text{min}$.

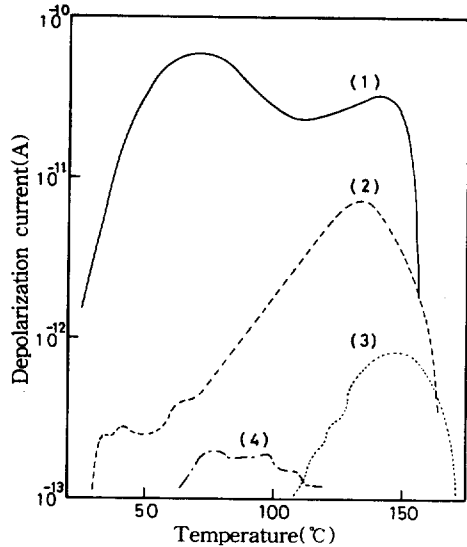


Fig.5. TSDC curves in unpoled or poled PPX and PCPX films. Poling condition: $E_p=3\times 10^7\text{V}/\text{m}$; $T_p=140^\circ\text{C}$. Curve:(1)poled for PCPX and (2) poled for PPX; (3) unpoled for PPX and (4)unpoled for PCPX.

하기 위해 나타냈다. 즉 열일렉트렛트에 있어서의 -155°C 로부터 실온까지의 온도역에서 TSDC곡선에는 3개의 피크가 나타나 있다. 이결과를 X선을 조사한 시료의 TSDC의 피크온도와 비교해보면 $-155, -17$ 및 94°C 의 피크는 분극시에 각종의 포획준위에 묶여 있던 전자나 정공, 또는 불순물이온이 각종 분자쇄의 운동의 개시에 수반하여遊

Table 2. Peak temperature of TSDC and loss modulus(G'') on PPX

No.	T_p (°C)	E_p (V/m)	Range (°C)	Peak temperature (°C)						
1	140	3×10^7	-160~150	-155 ^{a)}	-70	-17	35 ^{b)}	135 ^{c)}		
2	140	3×10^7	20~150				42	135		
3	20	Corona charging	20~150				45	120	150	
4	-190	X-Ray irradiation		-150	-110	-90	-40	40	120	160
5		Viscoelasticity (G'')	-100~150			-85		40	102	

Assignment: ^{a)} γ -Relaxation (local motion of phenylene group).

^{b)} β -Relaxation (segmental molecular motion in amorphous region).

^{c)} α -Relaxation (crystalline dispersion).

離한 것으로 생각된다. PPX의 유전⁽¹³⁾ 및 점탄성 측정⁽¹⁴⁾에 의하면 PPX의 γ 완화는 -90(100Hz)로 부터 -114°C(0.54Hz)에 나타나고 또한 유전측정에서는 -50°C(1 kHz)에서 피크가 나타난다. TSDC는 초저주파수역($10^2 \sim 10^3$ Hz)에서의 유전측정과 동가이기 때문에 -155°C의 피크는 PPX 주쇄인 페니렌基의 국소운동에 수반하여 전하의 이동이 일어난것으로 생각된다.

다음으로 40°C부근의 TSDC피크는 시료의 분극시에 140°C의 고온에서 가열하고 있기때문에 무정형역 분자쇄의 불규칙한 배열에 의해 생긴 포획준위에 트랩된 이온의 유리(遊離)에 의해 생긴것으로 여겨진다.

또한 115~138°C의 TSDC피크는 점탄성 측정에 의한 G'' 의 피크온도(100°C)에 대응하고 있으며 PPX의 결정(結晶)전이 ($\alpha \rightarrow \beta$)에 수반하여 결정내에 트랩되어 있던 전자 또는 정공이 유리해서 생긴것으로 생각된다⁽¹¹⁾

그림 5에 나타냈듯이 未분극의 PPX막에도 TSDC가 관측되었지만, PPX막의 형성과정에서 일종의 메카노일렉트렛트가 생성하고 있으며, 각종의 포획준위에 묶여져있던 전하가 가열과 더불어 유리해서 전류에 기여했을 것이다.

또한 TSDC곡선의 초기 구배로 부터 전하 트랩의 포획준위(ΔE)가 다음식으로 주어진다.

$$e n J(\tau) = A - \Delta E / kT \quad (3)$$

여기서 A는 정수, k는 볼츠만정수이다.

PPX의 경우 120~135°C의 피크온도 역에서는, ΔE 는 0.6eV가, PCPX에서는 140~145°C의 온도역에서 0.77eV의 값이 얻어진다. PPX의 수소원자 1개를 염소원자로 치환하므로 PCPX의 분자간의 입체장애가 증가하여 TSDC의 피크온도의 상승과 전하의 포획준위의 값이 증가한것으로 생각된다.

3. 구부림압전율(β_{331})의 측정법

그림 6에 나타내듯이 길이 3cm, 폭1.5cm의 필름의 상단을 고정하고 하단면에는 수직으로 힘을 가해 구부림 변형을 주었을때에 필름의 양면에 유기되는 전위(ΔV)를 진동용량형 전위계로 측정하는 것으로, 이때 양극간의 전류가 무시되는 조건으로 전위 측정을 행한다.

여기서 자유단의 구부림변위를 Δx 라하면 필름의 평균곡률반경 $\langle 1/R \rangle$ 은

$$\langle 1/R \rangle = 3\Delta x / 2l^2 \quad (4)$$

로 주어져, 구부림압전율(β_{331})은 (5)식으로 주어진다.

$$\beta_{331} = \epsilon_0 \epsilon_3 l^2 V_3 / 6 \pi d \Delta x \quad (5)$$

여기서 ϵ_0 및 ϵ_3 는 진공 및 필름의 두께 방향의 유전율, l 및 d는 시료의 길이 및 두께이며, V_3 는 시료 및 측정계의 입력정전용량을 C 및 C_0 로 하면 다음식으로 주어진다.

$$V_3 = \Delta V (C + C_0 / C) \quad (6)$$

그림 7은 폴리프로필렌(PP)필름의 未分極 및 분극처리한 경우의 구부림변위(Δx)와 유기전위(ΔV)의 관계를 나타낸다. 미분극

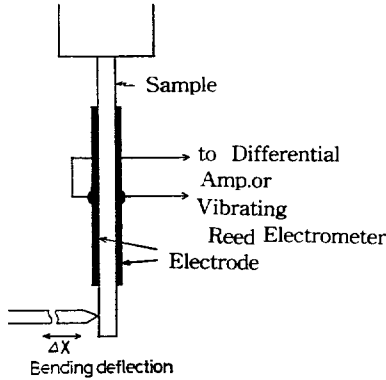


Fig.6. Schematic representation of apparatus for bending piezo-electricity measurement.

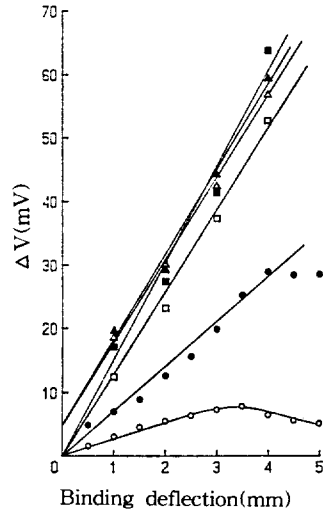
시료에서도 Δx 의 증가에 비례해서 ΔV 는 증가하고 있다. 분극 처리한 경우 분극 전위(E_p)의 증가에 수반하여, 같은 Δx 에서 ΔV 의 값은 증가하고, $E_p \geq 2.7 \times 10^7 \text{V/m}$ 에서 포화의 경향이 보인다.

PP필름의 β_{331} 의 값은 E_p 의 증가와 더불어 증가한다. PP는 무극성이기 때문에 쌍극자에 의한 배향분극은 존재하지 않는다. 그래서 분극온도가 실온이면서 저전압을 인가하면 직류 전기전도도가 극히 작아 불순물 이온의 거시적 이동이나 트랩을 포함하는 이온의 미시적 변위는 일어나기 어려울 것이다. 그러나 고전압을 인가한 경우에는 전극으로부터 시료표면에 전자가 주입되든지, 시료 표면으로부터 전자가 빠져나와 정공이 잔류하며 불균일한 호모 전하에 의한 분극이 형성될 것이다. 고로 구부림 변형에 대해 호모전하의 분포가 변화해서 β_{331} 의 값이 증가할 것이다.

3. 고분자 일렉트렛트의 응용에

일렉트렛트는 에너지를 부여하지 않으면 스스로가 작동하는 전원으로 될수 없지만 각종의 에너지(즉 전기, 열, 기계등)를 주면 기록재료, 스위치, 음향기기, 필터, 각종계측기, 센서, 모터 의용재료로서 응용될 수 있기에 두세가지 소개 하고자 한다.

3-1. 디젤엔진 회로계 센서



Curve	○	●	△	▲	□	■
E_p (10^7V/m)	0	0.9	1.8	2.7	3.5	4.4

Fig.7. Relationship between Δx and ΔV for the unpoled and the poled PP films.

그림 6과 같이 리드선의 접속이 간단한 직렬형의 bimorph구조를 채용해서 미소변위를 검출하기 때문에 2枚의 압전체 사이에 금속판등의 중간층을 설치해서 동일구부림 반경에 대해 각 압전체의 찌그러짐이 커져 큰 출력이 얻어지도록 한 것이다. 디젤엔진은 실린더 내에 공기만을 도입해서 압축하고 압축공정이 끝날때에 노즐로부터 연료를霧狀으로 분사시켜 이 분무연료가 공기의 압축열에 의해 자기착화해서 연소한다. 그 후 연소가스를 배기하게되는데(그림 8) 이때 그림 9와 같이 bimorph를 delivery파이프에 밀착시켜 셋트 해 놓으면 연료를 분사노즐에 압송할 때 delivery 파이프의 내압이 100kg/cm^2 이상이 되므로 계산에 의하면 $0.07 \mu\text{m}$ 정도 관경이 변화한다. 이 관경의 변화가 bimorph에 전달되어 관경의 변화량에 상응한 전하(전압)이 얻어진다. 또한 bimorph구조로 하는 이유의 하나는 엔진의 진동에 의해 발생한 가속도에 의한 관성력이 bimorph의 두께방향으로 가해진 경우 2枚의 압전체에 발생한 전하가 서로 상쇄되므로 가속도(진동)에 의한 노이즈를 없앨수가 있다. 본 센서는 연료의 압송시기를 bimorph구조의 센서로 검출하므로 회전수

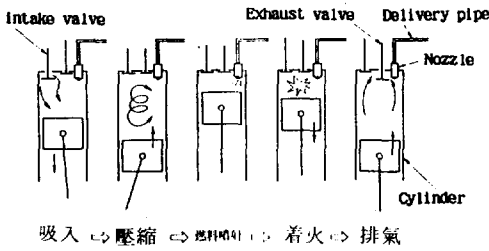


Fig.8. The motion of Diesel Engine.

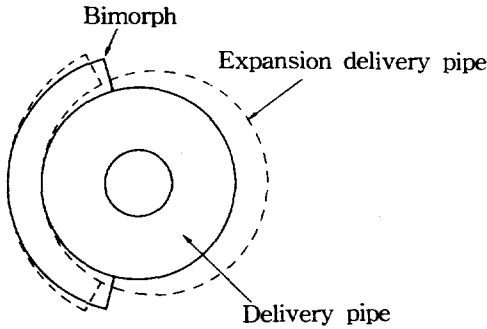


Fig. 9. The variation of pipe diameter.

를 측정⁽¹⁵⁾한다.

고분자 압전체의 응용제품의 개발은 아직 세라믹 압전체에 비해 아주 적지만 앞으로 많은 응용제품이 기대되는 분야이다.

3-2. 광 메모리 재료로서의 일렉트렛트

2차원 기록매체로서 잘 알려져있는 것으로서는 광자기 디스크, 콤팩트디스크(CD) 비디오디스크(VD)등이 있다. 광자기 디스크는 기록 및 읽어내기가 가능하지만 CD,VD등은 표면에 1로 정보의 기록이 행해지기 때문에 처음 기록한 정보를 읽어 낼 뿐이다. 이에 대해 고분자에 의한 재료에서는 분극을 전기에 의해 자유로 반전시키기 때문에 이것을 정보의 기록에 사용할 경우에는 순 전기적으로 정보의 기록 소거가 가능하게 된다. 이 광 메모리는 정보의 0/1을 막면에 수직방향으로 분극의 정부(正負)로서 기록한다.⁽¹⁶⁾ 이 메모리의 기본구성⁽¹⁷⁾은 반도체레이저, 집광렌즈, 기록소자, 가변 출력전원, 전류검출기 등으로 구성된다. 고분자막은 두께 1 μ m의 스핀 코우터로 막을 형성한다. 그림 10에 소거, 기록, 읽어내는 과정을 나타내는데 (a)의 전면소거는 항전계 보

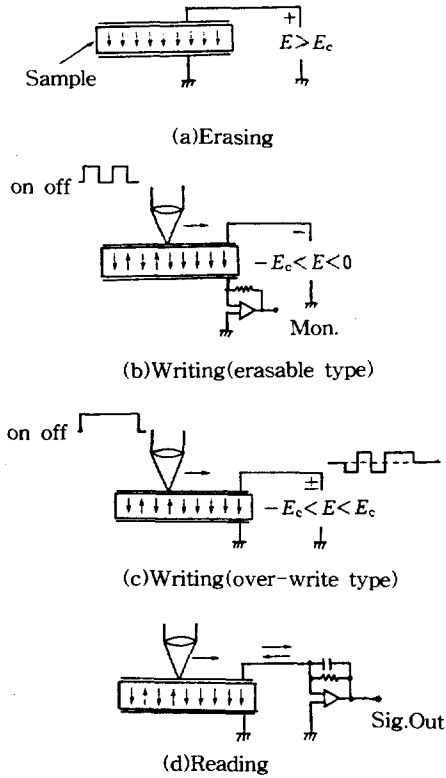


Fig. 10. Schematic diagram of read-write principle of ferroelectric memory.

다 큰 전계를 가해 분극의 방향을 같게 하므로 행해진다.

기록에는 두가지 방법이 있다. (b)의 소거된 부분에 분극이 반전 되지않을 정도의 약한 역전계를 인가하여 반전시키고 싶은 점만을 집광한 레이저광으로 가열하는 방법 (erasable형)과 (c)의 인가하는 약전계의 방향을 정보의 0/1에 대응시켜서 각점을 순차 가열하여 분극의 방향을 전기의 방향에 향하게 하는 방법(over write형)이다. 전자의 경우는 기록중에 분극의 반전 전류를 모니터 하므로 동작의 확인이 가능하며 후자의 경우는 이미 기록된 부분에 새로운 정보를 겹쳐 기록할 수가 있다. 읽어내는 (d)에 나타내듯이 기록된 부분을 레이저 광으로 走査하고 각점의 초전류를 검출하므로 행해진다.

본 재료의 특징은 광자기 재료와 같이 자석에 의해 영향받지 않는다는 것과 대기중

에서 대량제작이 가능하다는것 등을 들수 있다.

3-3. 의용재료

생체의 혈관벽이나 적혈구, 혈소판등은 전기적으로 부로 하전하고 있어서 서로 정전적인 반발력에 의해 혈관벽에는 혈전(血栓)이 생기기 어렵다고 여겨지고 있다. 이것을 기초로 부(負)로 하전한 테프론, 폴리우레탄이나 폴리화합비닐등의 일렉트렛트의 細片을 동물의 혈관에 삽입하고, 부로 하전한 표면에는 정으로 하전한 면에 비해 혈전형성이 저해되는것이 보고되어, 일렉트렛에 의한 인공혈관의 이용이 示唆⁽¹⁸⁾되었다. 그러나 일렉트렛트를 생체내에 삽입 또는 이식할 때에는 미리 충분한 소독처리를 행해야만한다. 그 때문에 소독처리에 의해 일렉트렛트의 형상변화나 표면전하의 감쇄가 일어나지 않도록 대책이 필요하게 된다.

이제까지 FEP-테프론면에 저 에너지인 전자선을 조사해서 일렉트렛트화한 표면전하는 종래의 코로나 하전한 일렉트렛트의 경우에 비해 소독처리에 의한 전하 감쇄가 적다. 에틸렌옥사이드에 의한 가스 소독에서는 거의 전하감쇄가 일어나지 않는다⁽¹⁹⁾고 알려져 있다.

즉 전술한 바와같이 폴리머 일렉트렛트 필름을 같은 극끼리 합친 적층 일렉트렛트를 물이나 소독액에 장시간 담그어도 전하 감쇄가 일어나기 어려운 것에 착목해서 이들 적층 필름에 사람의 다혈소판혈장(PRP)을 접촉 시켰을때, 부의 하전면에는 무하전면이나 정의 하전면에 비해 혈소판의 점착이 적어지고 있다고 보고⁽²⁰⁾되고 있다. 이에 대해 1枚의 일렉트렛트의 표면이나 異극끼리 합친 적층 필름에서는 다혈소판혈장(PRP)을 접촉 시켰을때 혈소판 점착의 상황은 표면전하의 유무나 극성에 따른 차이는 보이지 않는다. 이것은 PRP에 포함되는 많은 전해질 이온이 하전면에 급속히 흡착해서 中和化시키기 때문에 정전기력에 의한 혈소판의 점착 효과가 소실되는 것이라고 추측하고 있다.

3-4. 假骨增殖

이제까지 뼈에 지속적인 기계적 진동을 준다든지 온열자극이나 미소전류의 통전에 의해 無骨折假骨이 형성되며 나아가 폴리머 일렉트렛트 필름을 骨膜주변에 감아놓으면 가골형성이 일어나는 것이 알려져 있다⁽²¹⁾. 高松⁽²²⁾등은 전술한 같은 극끼리 합친 적층 일렉트렛트 필름의 전하안정성에 착목해서 이 적층 필름을 토끼의 骨膜주변에 삽입한 후 약 16일 안에 가골형성을 발견했다. 그림 11,12에 X선 사진을 나타낸다. 적층 필름이 유효하게 뼈증식에 작용하는 이유는 같은 극끼리 합친 적층 일렉트렛트 필름의 구부림변형에 의한 전하의 발생(구부림압전성)이 뼈세포를 자극해서 가골 형성에 도움이 되는것으로 여겨진다.

또한 폴리머 일렉트렛트가 외상을 입은 피부의 수복에 도움이 된다든지 타박상, 신경통 등의 각종 증상에 대한 치료를 위해 의용 재료로서 이용될수 있음이 보고되어 있다⁽²³⁾. 앞으로 여러형태로 일렉트렛트의 적층체가 의료용으로 쓰여지리라 믿는다.

또한 여기서 일렉트렛트를 이용한 특성의 예를 다 들진 못했지만 스위치, 필터, 음향기기, 정보처리기기나 계측기기, 의용기기 등에 소자로서 이용될 수 있는 기대가 모아지는 연구분야가 될것이다.

참 고 문 헌

- 1) M.Eguchi : Proc.Phys. Math.Soc.Japan, Ser.3,1(1919)326, 2(1920)169, 5(1923)107.
- 2) M.Eguchi : Phil.Mag.49,178(1925).
- 3) G.M.Sessler,ed. : Electrets, Springer Verlag, Berlim/Heidelberg/Newyork(1980).
- 4) G.M.Sessler and R.G.Multhaupt, eds.: Proceeding of 5th International Symposium on Electrets, Heidelberg, West Germany(1985).
- 5) 黄, 高松, 雀部: 高分子論文集, Vol.45 No.5(1988)418.
- 6) 高松, 井上 : 理研報告 第62卷 第 5號



Fig.11. X-ray photograph taken 2 and 3 weeks after surgery during which an unpoled polypropylene film was wound around the bone.

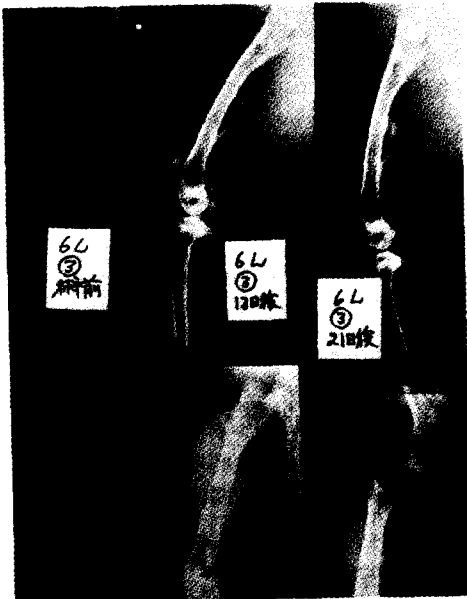


Fig. 12. X-ray photograph after surgery on the piled electret films.

$$d = 26 \mu\text{m}, \quad | + - | | - + | \quad (22)$$

(1986)180.

- 7) 高松, 雀部: 高分子論文集 Vol.44, No.7 (1987)532.
- 8) 高松: “熱力學的, 電氣的 及び光學的の性質”, 高分子實驗學 第 12卷, 高分子學會編, 共立出版, 東京(1984), p.309.
- 9) 大原: 靜電氣學會誌, 10, 319 (1986).
- 10) C.R.Raschke and T.E.Nowlin, J.Appl. Polym.Sci., 25, 1639 (1980).
- 11) T.Mizutani, K.Ishii, Y.Takai and M.Ieda, Jpn.J.Appl.Phys., 19, 1073 (1980).
- 12) Y.Takai, T.Itho, T.Mizutani, and M.Ieda J.Appl.Phys., 20, 2319 (1981).
- 13) R.P.Reed, R.E.Schramm, and A.F.Clark, “Cryogenics”, February (1973)67.
- 14) C.L.Chung and J.A.Sauer, J.Polym.Sci. A-2, 9, 1097 (1971).
- 15) 兼信, 松本: センサ技術 Vol.9. No.9 (1989)72.
- 16) 朴, 黃, 古川, 伊達: 전기전자재료학회 제 3권 4호 (1990)289.
- 17) 伊達: 應用物理 第58卷 第 3號 (1989) 402.
- 18) P.M.Murphy, et al: J.Macromol.Sci, chem., A4 (1970)561; j.Biomed.Mater.Res., 1 (1971)59.
- 19) 高松, 香山, 深田: 靜電氣學會誌, 2 (1978) 268.
- 20) 高松, 井上: 第 5回 日本バイオマテリアル學會發表論文集, p.13 (1983).
- 21) 井上: 靜電氣學會誌, 4 (1980)290.
- 22) T.Takamatsu, H.Sasabe and K.Okada: Proc.4th Ann. Meet. Bioelectrical Repair and Growth Society, ed. E. Fukada, S.Inoue, T.Sakou, H.Takahashi and N. Tsuyama p.158 (Nishimura 1985).
- 23) 津下 外: 特許公報 昭 57-183862.