

Squaraine 감광체를 이용한 유기감광체의 전자사진 특성

노병현·구철회·이상남·문명준*

부경대학교 공과대학 인쇄공학과, *표면공학과

(1997년 5월 20일 받음, 1997년 6월 15일 최종수정본 받음)

Xerographic properties of Organic Photoconductor used Squaraine derivative

*Byung-Hyun Roh · Chul-Whoi Koo · Sang-Nam Lee · Myung-Jun Moon**

Dept. of Graphic Arts Engineering, *Dept. of Surface Coating Engineering

(Received 20 May 1997, in final form 15 June 1997)

Abstract

In recent years, various kinds of organic photoreceptors have been used for copy machines based on electrophotography. Most of them are constructed into layered devices in which a photogeneration layer is separated from a charge transport layer.

They are usually used with application of negative charges.

Organic pigments have received considerable attention with phthalocyanine, squaraine, and azo compounds being used to construct xerographic photoreceptors with enhanced long wavelength sensitivity.

Half decay exposure, sensitivity, residual potential and xerographic gain of squaraine photoconductor were measured from the photoinduced discharge curve.

Most of synthesized squaraine derivative couldn't use for CGM(charge generation material), but it knew that a part of one was able to use it within the possibility.

A few appliance is used to know about dependence on CTM(charge transport material) of squaraine derivative. It could know that experiment's result is 2,5-bis(4-N-N'-diethylaminophenyl)-1,3,4-oxadiazole(OXD) is the best product.

1. 序 論

전자사진법에서 화상형성의 중심이 되는 것이 감광체이다. 감광체는 ① 광에너지를 전기에너지로 변환 ② 입사광의 2차원적 분포의 화상정보로서 기억 기능을 가지며, 은염사진에 있어서는 필름에 해당한다.

현재 실용화되고 있는 전자사진 감광체는 무기계 감광체와 유기계 감광체가 있다. 1970년대 전반에 유기 감광체가 개발되면서 전자사진용 감광체는 큰 전환기를 맞이하게 되었다. 그 후 무기계 감광체의 거의 대부분이 OPC로 대체되었다. OPC 개발의 이점으로는 저렴하고, 회수처리가 불필요, drum 및 sheet로 만들기 쉽고, 설계재료가 풍부하다는 장점을 가지고 있다. 또한 분광감도 특성의 설계가 쉬운 점에서 OPC가 크게 발전하였다.^{1,2)}

유기계 광전도성 재료는 고분자계 재료, 유기분자계 재료, 안료, 공정착체의 4가지로 분류된다.³⁾ 초기 단계에서는 PVCz의 색소 증감형 광전도체와 루이스산증감(전하이동증감)형 광전도체가 제안되면서 새로운 캐리어 발생제 및 이동제가 적극적으로 개발되었다. 캐리어 발생제로서 azo안료, squaraine유도체가 연구 되었으며, 캐리어 이동제로서 oxadiazole유도체, pyrazoline유도체, hydrazole등의 분자계 재료가 개발되었다.

본 연구에서는 적층형 유기감광체의 전하발생물질(charge generation material : CGM)로 사용되는 squaraine을 합성하여, CGM으로서 평가와 각 squaraine이 각종 전하이동물질(charge transport material : CTM) 및 polymer matrix에 대한 의존성을 비교, 검토하였다.

2. 實 驗

2.1 Squaraine 안료 합성

Squaraine 안료의 골격은 중심4원환의 구조를 가지는 것이 가장 큰 특징이며, 합성법은 Sprenger 등에 의해 잘 알려져 있다.⁴⁾ 대칭형 squaraine 안료의 합성법은 squaric acid 와 N-알킬벤젠유도체와의 일단계 반응에 의해 합성하였다.

Squaraine 4의 합성은 N,N-dimethyl-m-aminophenol 8.23g(0.06mol)과 squaric acid 3.42g(0.03mol)을 n-butanol/benzene을 4 : 1로 혼합한 용매 180ml에 넣고 20시간 환류시킨다. 반응종료 후 MeOH로 충분히 세척한 후 건조하여 결과물을 얻었다. squaraine 3, 5는 X에 buthyl기나 methyl기가 붙은 경우로 squaraine 4와 같은 방법으로 합성하였다.

Squaraine 1의 합성은 2, 3, 3-trimethylindolenine 1.9g(11.9mmol)과 squaric acid

0.68g(5.69mmol)을 n-butanol/toluene (4 : 1)혼합용액 60ml 중에 첨가하여 3시간 환류 시킨다. 이때 촉매로서 quinoline 3ml를 첨가했다. 반응 종료 후 생성된 침전물을 여과한 후 n-hexane으로 세정하여 안료를 얻었다. Squaraine 2의 경우도 동일한 방법으로 합성하였다.

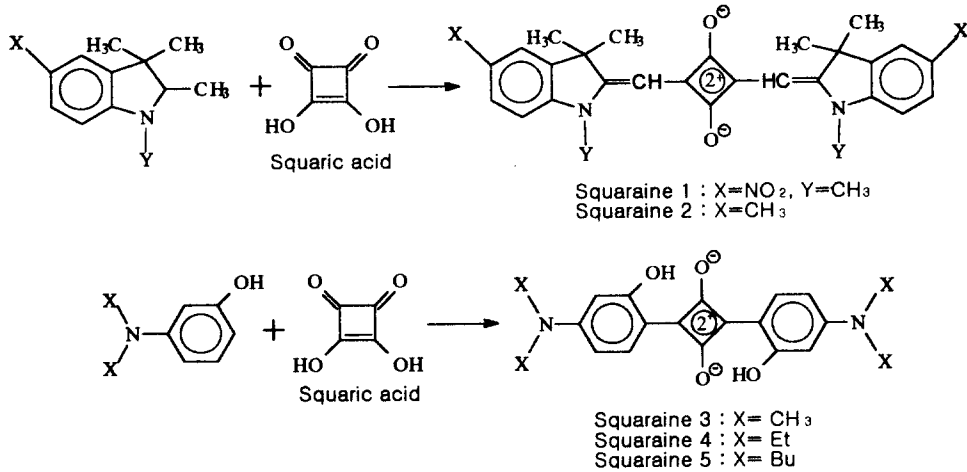


Fig. 1. Synthetic methods of squaraine.

2.2 적층형 유기감광체 제작

본 실험에서는 CGM으로 앞서 합성한 다섯종류의 squaraine을 이용하였다. 이들 squaraine는 620~670nm의 파장영역을 가지며 전자사진 재료로서 많이 이용된다.^{5,6)} 그리고 사용된 고분자 매트릭스로는 적수화학공업사의 Ethrey BX-L polyvinyl-butyril(PVB), Totobo Co의 Panlite K-1300 polycarbonate(PC), 그리고 Toyobo Co의 Vylon 200인 polyester(PE)를 사용하였다. 먼저 CGL을 만들기 위하여 각 고분자 매트릭스 3wt%를 tetrahydrofuran(THF : Junsei chemical Co)에 20~30분 동안 교반시켜 완전히 용해시킨다. 그리고 squaraine을 polymer matrix와 중량비가 4 : 1이 되도록 혼합한 뒤, 초음파 유화기(신한초음파 JU-2000PW)에 90분간 분산시켰다. 완전히 분산 시킨 용액은 와이어 바(wire bar : #3)를 이용하여 알루미늄이 증착된 mylar film에 도포하였다. 도포직 후 진공 건조기에 넣어 약 70℃에서 1시간 건조시켰다. 제작된 박막의 두께는 Seiko instruments, LE-330의 박막두께측정기로 측정하였다. 발생된 캐리어를 수송하는 역할을 하는 CTM은 두가지로 전자기동형과 정공이동형이 있다. Squaraine에 대한 CTM의존성을 검토하기 위해서 4종류의 CTM을 사용하였다.

N-ethylcarbazole, Polyvinylcarbazole(PVCz), 1,1-bis(p-diethylaminophenyl)-4,4-diphenyl-1,3-butadiene, 2,5-bis(4-N, N'-diethylaminophenyl)-1,3,4-oxadiazole(OXD)을 사용하였다. CTL을 제작하기 위하여 먼저 고분자 매트릭스(PC, PE, PVB)를 THF에 대해 용액으로 만들기 위해 10wt%로 하여 20~30분간 완전히 용해시킨다. 용해된 용액과 CTM을 중량비 1 : 1로 혼합하여 다시 5~10분간 완전히 용해시킨 다음, 와이어 바(wire bar #50)로 CGL 위에 건조된 박막 두께가 10~20 μm 가 되도록 도포한다. 제조된 시편은 약 70 $^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간 진공건조 시켰다.

2.3 Photoinduced Discharge Curve(PIDC)에 의한 감광체 특성의 측정

감광체의 가장 기본적인 특성은 광전도성이다. 광전도성의 평가는 감광체 표면에 대전한 대전량의 변화를 표면전위의 변화로서 측정한다.⁷⁾ 제작한 적층형 유기감광체를 이용하여 전자사진 특성중의 하나인 PIDC를 측정하였다. 시료대에 제작한 시료를 알루미늄 호일로 접지 시킨 후, 시료를 구동시키면 코로나 대전부를 지나가면서 감광체의 표면은 +, -로 대전된다. 대전된 시료는 표면전위측정계(Electrostatic voltmeter, Model 360)의 probe 아래에 놓이게 되어 이때 감광체 표면전위가 기록된다. 감광체 표면의 전위가 일정한 전위(V_i)에 도달했을 때, 할로겐 광원으로부터 monochrometer(Acton Research Co. spectropro 270)를 통해 단색광이 시료의 표면에 조사된다.

본 실험에서는 백색광 대신에 단색광을 50nm간격을 주면서 가시영역을 측정하였으며, 각 파장에 동일한 광강도를 주기 위하여 photometer(Tektronix, J1812)로 광강도를 측정하여 3 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 로 일정하게 유지시킨다.

광조사시 적층형 감광체의 CGL에서 전자-정공 커플이 발생하여 전기장에 의해 분리되고, 생성된 광 캐리어가 CTL을 통해 이동해 감광체의 표면전위를 감소시킨다. 이것을 비접촉 방전 probe에서 읽어서 AD converter를 거쳐 컴퓨터에 입력시킨 다음 data를 처리하여 출력시킨다. 적층형 유기감광체에 빛을 조사할 때, 시간에 따른 표면전위의 감소를 측정하여 감광체의 광전변환 기능을 조사한다.

2.4 Xerographic gain

전자사진 특성 중 캐리어의 생성시에 측정되는 Xerographic gain(G)은 감광특성을 나타내는 요소 중의 하나이다.⁸⁾ G는 감광체에 들어오는 광양자수에 대해 생성되는 정공 및 전자가 표면전하를 소멸시키는 비를 말한다.

$$G = \frac{n_h}{n_p} \quad (1)$$

광양자 1개의 에너지 E는 다음 식으로 표시된다.

$$E = \frac{hc}{\lambda} (J) \quad (2)$$

h : Planck 상수(6.6262×10^{-34} J · S), c : 광속도(2.9979×10^8 m/s)

λ : 감광체에 입사하는 빛의 파장

단위 시간당 감광체의 단위 면적에 조사되는 광에너지를 I_0 (J/sec · m²)라고 하면, 광양자의 수 n_p 는 다음과 같다.

$$n_p = \frac{I_0}{E} = \frac{I_0 \lambda}{hc} (each/sec \cdot m^2) \quad (3)$$

감광체에 흐르는 전류밀도 j 는 다음과 같다.

$$j = \frac{i}{A} = \frac{dQ}{A dt} = \frac{C}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{\epsilon \epsilon_0 A}{AD} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{\epsilon \epsilon_0}{D} \cdot \frac{dV}{dt} \quad (4)$$

i : 감광체에 흐르는 전류, A : 감광체면적, Q : 감광체 표면의 총전하량

C : 감광체의 정전용량, V : 감광체의 표면전위, ϵ : 전하 수송 재료의 비유전율

ϵ_0 : 진공의 유전율(8.854×10^{-12} F/m), D : 각 CTL의 두께

캐리어 수 n_h 는 다음과 같다.

$$n_h = \frac{j}{q} = \frac{\epsilon \epsilon_0}{Dq} \cdot \frac{dV}{dt} (each/sec \cdot m^2) \quad (5)$$

q : 캐리어 1개가 갖는 전하량

따라서 감광체의 Xerographic gain 은 다음식으로 나타낸다.

$$G = \frac{n_h}{n_p} = \frac{\epsilon \epsilon_0 hc}{Dq I_0 \lambda} \cdot \frac{dV}{dt} \quad (6)$$

dV/dt : 광감쇠속도

3. 結果 및 考察

3.1 합성한 squaraine 유도체의 CGM으로서의 평가

Fig. 2는 합성한 squaraine 안료의 분광특성을 나타내었으며, Fig. 3은 각 squaraine의 구조식을 나타내었다.

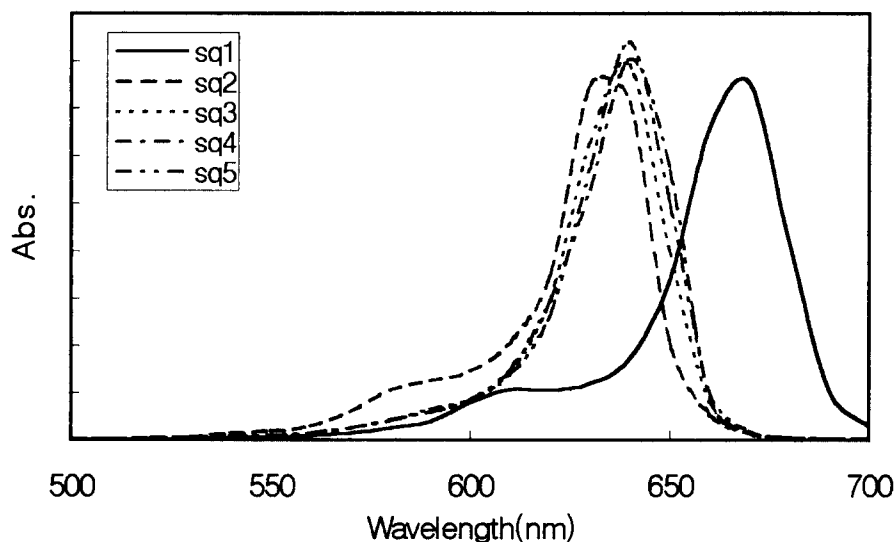


Fig. 2. The spectral sensitivity of squaraine.

광감도에 영향을 미칠 수 있는 요소들은 device제작시의 불순물이나 입자의 크기 그리고 입자의 결정형이나 회합형등이다. 여기에 덧붙여 CGL로부터 CTL로의 정공 주입의 효율도 큰 영향을 미치고, 주입효율은 고분자 매트릭스의 이온화에너지, CGM과 CTM의 이온화에너지 차이에 의해 영향을 받게 된다. 이들 효과 중에서 CGM으로 사용되는 squaraine의 광전도성은 미소결정상에서 squaraine분자의 회합형에 의해서도 영향을 받게 된다. 따라서 squaraine의 분자 구조의 변화에 따라 분자간의 상호인력이 변하고, 이것에 의해 회합형태도 변하게 되므로 광감도도 변하게 될 것이다. 따라서 squaraine의 분자 구조 특성에 따라 두가지 group으로 나누어 첫째로 극성기의 도입에 의한 효과와 둘째로 알킬기의 크기를 변화시키면서 입체장애효과와 분자 수준에서 분산도나 회합도가 광감도에 미칠 효과를 살펴보았다.

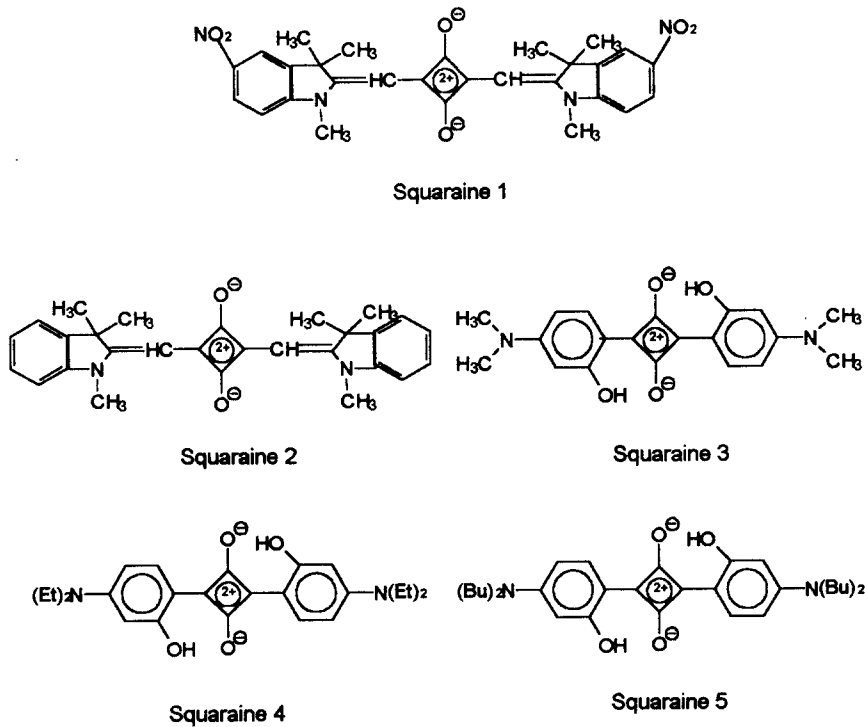


Fig. 3. Squaraine pigments used with carrier generation material.

Fig. 4는 적층형 유기감광체의 CGM으로서 가능성을 평가하기 위하여 합성한 squaraine 5종류를 CGM으로 사용하고, CGL용 고분자 매트릭스로서는 염기성 매트릭스인 PC⁹⁾, 그리고 CTL로는 OXD/PE를 도포한 적층형 유기감광체를 제작하여 시간에 따른 표면전위 변화를 나타내었다. 그 결과 전체적으로는 squaraine 1과 squaraine 3이 전자사진 특성 중의 하나인 광감쇠율이 큼을 보여 주었다.

Squaraine 1, 2의 경우는 NO₂기가 치환된 squaraine 1이 높은 광감쇠율을 보였다. NO₂기의 도입은 squaraine의 최대 흡광 파장을 장파장으로 이동시키고, PC와의 상호작용을 크게 함으로써 분산도 더 효과적으로 일어나고, 전체적으로 표면적을 증가시켜 광감도를 향상시킬 것이다. 그리고, 극성기의 도입은 CGM 분자간의 결합력을 증대시켜 CGM의 HOMO 에너지를 낮추고, 이온화에너지를 증가시키는 효과를 가져올 것이다. Squaraine 1의 HOMO 분자궤도 에너지는 PPP계산에 의하면 -6.99eV로 이것에 의해 정성적으로 이온화 에너지를 평가해 볼 수 있다. CTM인 OXD의 이온화에너지 +5.2eV에 비하면 이온화 에너지가 높을 것으로 생각된다. 따라서 HOMO 에너지를 낮추는 것은 광조사에 의해 발

생한 정공이 CTL로 주입되는 것을 쉽게 만들 것이다. 그러므로 NO₂기의 도입으로 CGM 분자간의 결합력이 강해지고 안정화되어 CTL로의 주입효율이 squaraine 2에 비해 더 클 것이다.

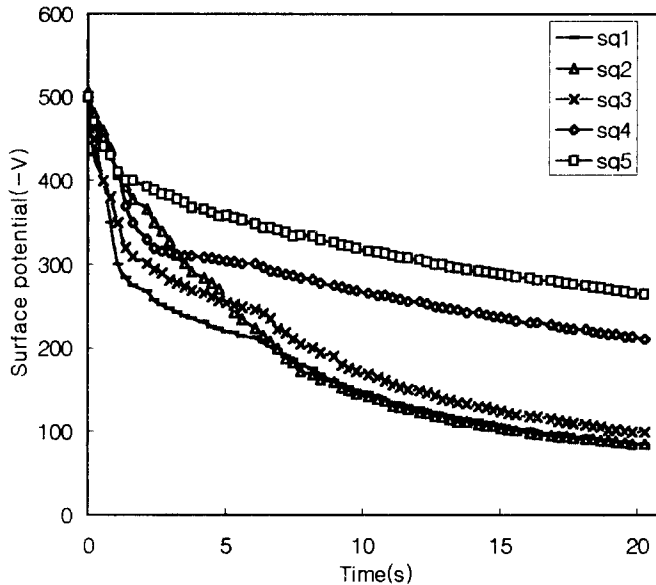


Fig. 4. Photoinduced discharge curve of each squaraine.
(CGL : squaraine/PC, CTL : OXD/PE)

Squaraine 3, 4, 5를 비교했을 때 amino기에 치환된 알킬기의 크기에 따라 광감쇠율이 달라짐을 보여 준다. 즉 알킬기의 크기가 butyl, ethyl, methyl로 작아질수록 광감쇠율이 크게 나타났다. 이 같은 경향은 치환된 알킬기의 입체 효과가 회합형태와 분산도에 영향을 미쳐 광감쇠율에 현저한 영향을 나타낸다. 작은 methyl기의 치환은 butyl기에 비해 squaraine분자간의 결정형성이 용이하고, 고분자 매트릭스에 의한 분산에는 큰 영향을 주지 않으나, butyl기는 입체장애에 의해 분자상호간의 결합력이 약하고, 고분자 매트릭스와의 입체장애 때문에 결합력이 약하므로 분산도도 떨어질 것으로 생각된다. 이것은 NO₂기를 가진 squaraine 1에서와 같이 squaraine 3에서도 분자간의 결합력이 기저 상태에서 HOMO의 에너지를 낮추고, 이것에 의해 이온화에너지가 증가되면서 CTL로의 정공 주입 효율도 증가되는 것으로 생각된다. 따라서 광조사 수초이내에 표면전위가 떨어지고, 잔류 전위 또한 V/2이하로 떨어짐을 알 수 있다. 이러한 점으로 미루어 볼 때 squaraine 중에서 squaraine 1, 3이 CGM으로서 우수하다는 것을 알 수 있다.

3.2 Squaraine 유도체의 CTM의 의존성

Squaraine 1과 squaraine 3이 CGM으로서 우수한 특성을 나타내므로, 이것에 대해 CTM과의 상호 의존성을 알아보기 위하여 고분자 매트릭스로 PE를 사용하여 적층형감광체를 제작하여 광감쇠율을 측정하였다.

Fig. 5는 CGM으로서 squaraine 1을 사용하고, N-ethylcarbazol, butadiene, OXD, PVCz를 CTM으로 시간에 따른 표면전위의 변화를 나타내었다. OXD가 광조사시에 표면전위의 변화량, 즉 광감쇠율이 가장 크고, 잔류전위도 가장 낮게 나타나 squaraine으로 된 CGL에 대해서 가장 우수한 물성을 나타내었다.

Fig. 6은 CGM으로서 squaraine 3을 사용하고, 각 CTM별로 시간에 따른 표면전위변화량을 나타내었다. PIDC 측정에서 OXD를 제외한 나머지 CTM은 표면대전 후 초기전위 (V_0)가 적을뿐더러 광조사 후 일정시간 경과후 $V_0/2$ 까지 도달하는 Δt 를 구할 수 없기 때문에 감광특성을 구하기가 불가능 하였다. 이것은 광조사시 CGL내에서 정공이 생성되어 CTL을 통과 할 때 CTL에 형성된 trap에 정공이 포획되기 때문이다.

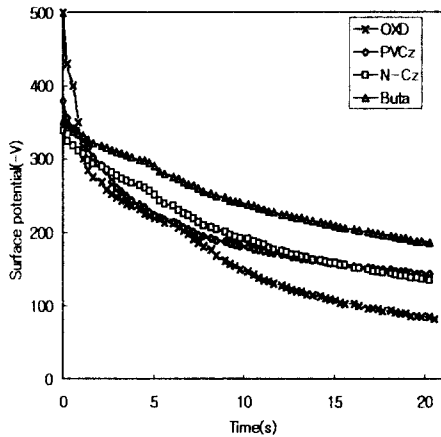


Fig. 5 PIDC of squaraine 1 with several CTM.

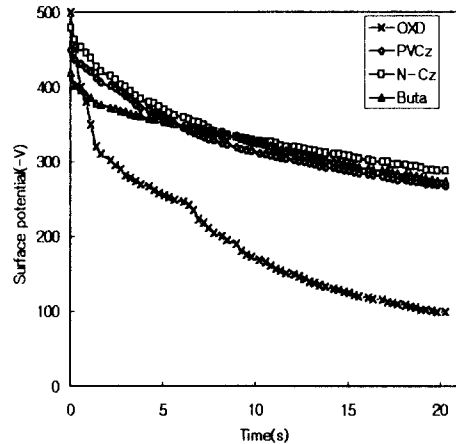


Fig. 6 PIDC of squaraine 3 with several CTM.

3.3 Polymer matrix에 따른 분광감도 특성 의존성

시료 제작은 CGM으로서 광감도가 제일 우수한 squaraine 1과 squaraine 3를 PC에 분산시켜 사용하였고, CTM으로서는 가장 감도가 우수한 OXD를 사용하였다.

정공 이동체는 단독으로 형성시키면 표면장도가 약하기 때문에 고분자 매트릭스에 분산시키거나, 용해하여 균일하게 도포하여 사용한다. 그러므로 매트릭스로 사용하는 고분자물질은 CTM과 상용성 및 내마모성이 우수해야 하고, 광감도에도 현저한 영향을 미친다. 따라서 이러한 관계를 알아보려고 CTM에 사용하는 고분자 매트릭스를 염기성인 PC와 PE, 그리고 산성인 PVB를 사용하여⁹⁾ OXD와의 결합력과 CGL로부터 CTL로의 정공 주입 효과를 이온화 에너지 차이로 비교 검토하였다.

Fig. 7과 Fig. 8은 squaraine 1의 파장별 감도 및 반감노광량을 나타낸 것이다. PE의 경우는 550~700nm에서 우수한 감도를 가진다. PC와 PVB는 650nm에서 감도는 높으나, PE에 비하면 전체 면적비로 보았을 때 감도가 낮음을 알 수 있다. 그리고 PC의 경우는 600nm, PVB는 650nm에서 반감노광량이 부분적으로 가장 낮지만, PE를 살펴보면 550~700nm에서 훨씬 반감노광량이 낮은 것을 알 수 있다.

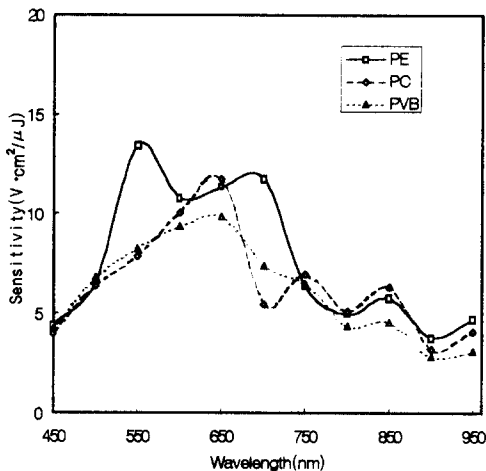


Fig. 7 Sensitivity for squaraine 1 photoreceptor and CTL containing PE, PC and PVB doped with OXD.

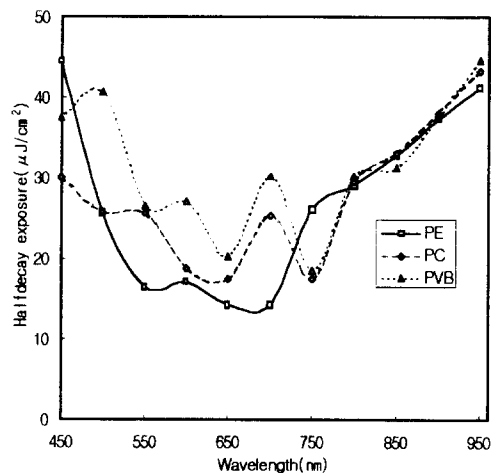


Fig. 8 Half decay exposure of squaraine 1 photoreceptor and CTL containing PE, PC and PVB doped with OXD.

이러한 경향은 Kanemitsu가 CTM의 이온화퍼텐셜(IP_{CTM})과 고분자 매트릭스의 이온화 퍼텐셜(IP_{PM})의 차이 $\Delta IP = IP_{PM} - IP_{CTM}$ 의 차이가 클수록 정공의 이동도가 감소하고, 특히 $-\Delta IP$ 가 $+\Delta IP$ 에 비해 훨씬 낮은 정공이동도를 나타낸다. 그리고 $+\Delta IP$ 영역에서 큰 ΔIP 값은 hopping위치 사이의 파동함수 중첩에 관계하여 ΔIP 가 증가할수록 정공이동도가 감소하고, $-\Delta IP$ 영역에서는 고분자 매트릭스의 낮은 이온화퍼텐셜이 깊은 트랩을 형성해 정공이동이 급격히 감소한다고 보고하고 있다.¹⁰⁾ 여기에서도 CTM과 고분자 매트릭스

의 이온화퍼텐셜 차이를 보면 CTM인 OXD의 이온화퍼텐셜이 5.2eV이고, PC가 4.5eV, PE가 5.9eV, 그리고 PVB가 5.1eV이므로 이들의 차이는 PC인 경우에 -0.7, PE인 경우는 0.8, 그리고 PVB는 -0.1의 값을 가진다. 이것은 점을 미루어 볼 때 +값을 가지는 PE의 반감노광량이나 감도가 -값을 갖는 다른 고분자 매트릭스보다 우수한 감광특성을 보임을 알 수 있고, 이온화퍼텐셜차이와 감도가 밀접한 관계가 있음을 보여준다.

Fig. 9와 Fig. 10은 squaraine 3의 파장별 감도 및 반감노광량을 나타내었다.

Squaraine 3의 경우도 역시 PE가 전체적으로 PC나 PVB에 비해 감도가 높고, 반감노광량이 낮아 CTL의 고분자 매트릭스로서 적합한 것으로 보인다. 특히 고화질 복사에서 필수적인 400~650nm 영역의 감도가 PE가 다른 고분자 물질에 비해 높고, laser복사에 필수적인 근적외선 영역의 감도도 PC나 PVB에 비해 훨씬 장파장에서 높은 감도를 보여 주고

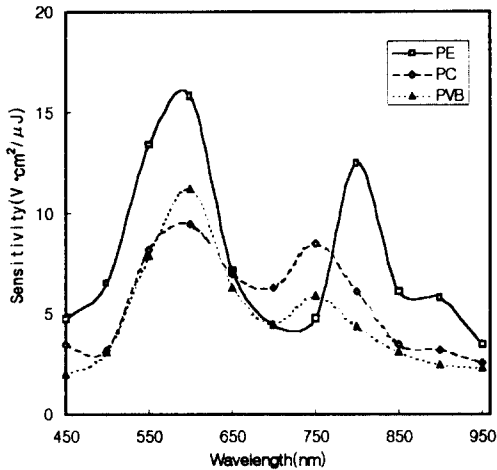


Fig. 9 Sensitivity for squaraine 3 photoreceptor and CTL containing PE, PC and PVB doped with OXD.

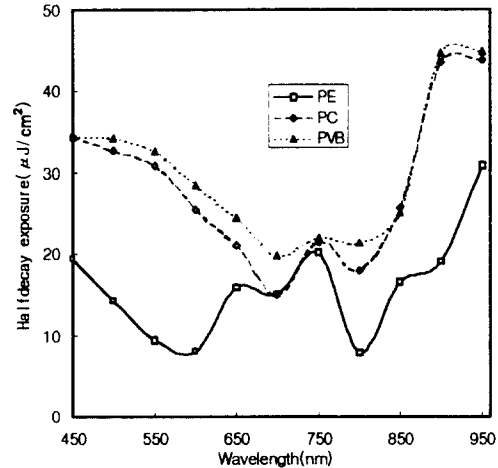


Fig. 10 Half decay exposure of squaraine 3 photoreceptor and CTL containing PE, PC and PVB doped with OXD.

있다. Squaraine 1과 비교했을 때 squaraine 1이 3에 비해 근적외선영역에서 감도가 낮고, 550~700nm의 영역에서만 감도를 나타내고 있다. Squaraine 3이 1에 비해 CGM으로 감도가 더 높고, 복사기에 대한 활용도가 높을 것으로 생각된다.

3.4 Squaraine 적층형 감광체의 xerographic gain

Fig. 11과 Fig. 12는 파장별 xerographic gain을 캐리어의 생성에 중요한 역할을 하는

xerographic gain을 파장별로 나타내었다.

Squaraine의 용액상에서 흡수대와 달리 squaraine 1과 3이 고분자 매트릭스에 분산되었을 때에는 용액상에서의 흡수 파장영역에서 xerographic gain이 높지만, 그 외의 파장에서도 고체상에 입자의 결정 형성에 의해 xerographic gain이 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 CTL의 매트릭스가 변할 때 고분자 매트릭스와의 회합형성의 차이로 xerographic gain의 변화를 볼 수 있다. Fig. 11과 Fig. 12에서 볼 수 있는 것과 같이 squaraine 1과 3에 대해 파장에 따른 xerographic gain의 변화를 보면 squaraine 3의 값이 높고, 800nm의 근적외영역에서도 xerographic gain값을 나타내고 있다. 그리고, squaraine 3의 경우에 CTL의 고분자 매트릭스에 따라 근적외영역에서의 xerographic gain이 현저한 변화를 보이고, squaraine 1의 경우는 가시광선 영역에서 많은 변화를 나타내므로 CTL의 고분자 매트릭스가 전체 감광특성에 현저한 영향을 미침을 알 수 있었다.

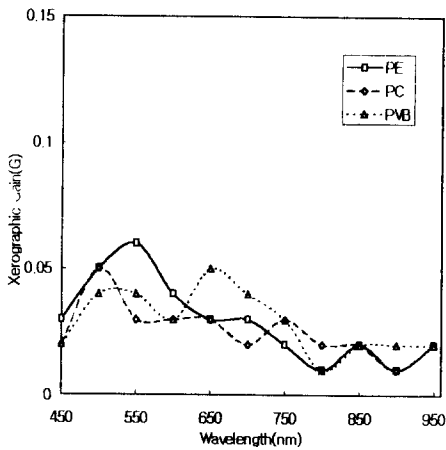


Fig. 11 Spectral response of the xerographic gain for squaraine 1 photoreceptor and CTL composed each polymer.

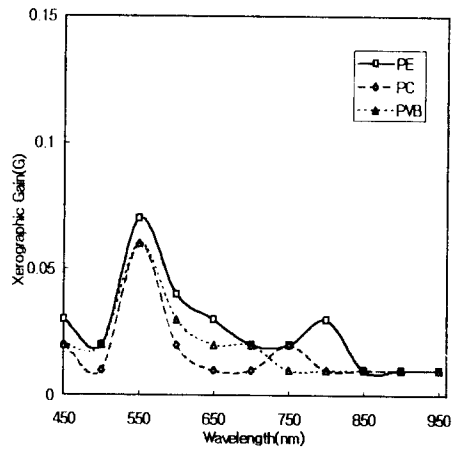


Fig. 12 Spectral response of the xerographic gain for squaraine 3 photoreceptor and CTL composed each polymer.

4. 結 論

Squaraine유도체를 CGM으로 한 적층형 유기감광체의 전자사진특성을 측정하여 CGM으로서의 가능성을 평가해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 합성한 squaraine유도체 중에서 squaraine 1, 3이 광조사시 수초 이내에 표면전위가 떨어지고 잔류전위 또한 낮기 때문에 적층형감광체의 CGM으로서 성능이 가장 우수

함을 알 수 있었다.

2. Squaraine유도체의 CTM의 의존성은 PIDC 측정에서 초기 표면전위도 높으며, 광조사 후 일정시간 경과 후 $V_i/2$ 까지 도달하는 시간이 아주 짧기 때문에 수송능력이 가장 우수한 것은 OXD임을 알 수 있었다.
3. CTL의 matrix 의존성은 PVB, PC, PE를 비교해 본 결과 PE가 가장 우수하다는 것을 알 수 있었다.

參 考 文 獻

1. CMC edit, Materials & Chemicals for printer, CMC, Japan, pp.121-122, (1995).
2. 高分子學會編, 光機能材料, 共立出版株式會社, 日本, pp.311-314, (1991).
3. 岩岡 武彦, 有機系非銀塩感光材料, 學會出版センター, 日本, pp.64-82, (1992).
4. H. E. Sprenger, W. Angew. Ziegenbeing, *Chem. Int. Ed. Engl.*, 5, 894, (1966).
5. K. Y. Law, *J. Phys. Chem.*, 93, (1989).
6. K. Y. Law, *J. Imaging Science*, 36, (1992).
7. M. Paul, Borsenberger, David S. Weiss, Organic Photoreceptors for Imaging System, Marcel Dekker, Inc, New York, pp.6-17, (1993).
8. 李 相南, 星野 勝義, 小 門宏, 盧 祉鉉, *Korean Applied Physics*, 4(4), 506, (1991).
9. Y. Kanemitsu, D. Imanishi, and S. Imamura, *J. Appl. Phys.*, 66(9), 4526, (1989).
10. Y. Kanemitsu, J. Ehami, *J. Appl. Phys. Lett.*, 57(7), 13, 673, (1990).