

Oxotitanium Phthalocyanine 유기감광체의 개발과 감광특성에 관한 연구

이 상 남* · 김 명 숙* · 문 명 준**

* 부산공업대학교 제2공학부 인쇄공학과, 부산 608-739

** 부산공업대학교 제2공학부 표면공학과, 부산 608-739

Study on the Preparation, Photosensitive Properties of New Oxotitanyl Phthalocyanine Organic Photoconductor

Sang-Nam LEE* · Myung-Sook Kim* · Myung-Jun MOON**

* Department of Graphic Arts Technology,

Pusan National University of Technology, Pusan 608-739, Korea

** Department of Surface Coating Technology,

Pusan National University of Technology, Pusan 608-739, Korea

Abstract

The photosensitive properties and carrier transport in the organic photoconductor with the carrier transport layers(CTL) of polymer matrix doped with two carrier transport materials above carrier generation layer(CGL) containing oxotitanium phthalocyanine(TiOPc) were investigated. The CGL of TiOPc dispersed in poly(vinylbutyral) was formed as thickness of 0.1 μ m and the carrier transport layer was prepared by coating polycarbonate and polyester doped with oxadiazole(OXD), polyvinylcarbazole (PVK), trinitro fluorenone(TNF) as thickness of 10-15 μ m, respectively. We have measured half decay exposure, sensitivity and xerographic gain from the photo-induced discharge curve(PIDC),

In this work, it was found that the characteristics of carrier transport were mainly caused by the ionization potential difference of constitutive materials in molecularly doped polymer.

1 . 서 론

오늘날 문명의 발전에 따라 정보의 전달, 기록 및 저장수단은 대단히 중요한 과학 기술로 인정 받고있다. 그러므로 다량의 화상정보를 신속하게 처리,기록,전달 및 저장하는 화상정보 시스템이 요구되고 있다.^[1,2] 화상정보시스템 중에서 PPC, 팩시밀리, LBP, LED 프린터, 액정 광샤터 프린터 등에서는 전자사진용 감광체^[3-8]가 사용되고 있다.

전자사진감광체는 무기감광체^[9]와 유기감광체^[10](organic photoconductor : OPC)로 나누어지는데, 재료설계의 간편함과 감도,내구성 등의 이유에 의하여 광 캐리어의 발생기능과 수송기능을 다른 물질층에서 담당하는 기능분리형인 적층형 유기감광체가 활발히 연구되고있다.

현재 이 분야의 첨단연구자들은 새로운 유기안료를 이용한 기능성 유기박막^[11]의 개발과 기록-소거-재기록 기능을 가진 광메모리형 유기감광체를 개발하여 고속전자복사 및 연속사용형 유기감광재료의 실현을 위해 노력하고 있다.^[12-16]

본연구는 전자사진감광체의 전하생성층으로 oxotitanium phthalocyanine (TiOPc)박막^[17-35]을 만들고, 그위에 oxadiazole(OXD), polyvinylcarbazole (PVK), trinitro fluorenone(TNF) 등의 전하수송물질을 polyvinyl butyral, polyester, polycarbonate들에 각각 분산시켜 전하생성층으로 도포한 TiOPc 적층형 유기감광체를 제작하였다. 제작된 TiOPc 유기감광체들은 PIDC법으로 측정된 초기전위, 광감쇠속도, 암감쇠속도에서 반감노광량,감도 및 xerographic gain을 검토하여 전하수송재료가 TiOPc 적층형 유기감광체의 전자사진 특성에 미치는 영향을 검토하였다.

2 . 실험

2-1. 적층형 유기감광체의 제작

2-1-1. CGL의 제작

본 연구에서는 표1과 표2에서 보여주는 것과 같이 CGM으로 oxotitanium phthalocyanine (TiOPc)인 Sanyo color works Ltd.의 Lot.ID720 과 Toyo Ink Mfg. Co.의 a-TiOPc를 poly(vinyl butyral) [PVB; 적수화학공업(주)의 에스렉크BX-L] 용액 중에 분산시켰다. 분산은 polypropylene cup에 용액을 담고, 유리접시로 냉각을 시키면서 초음파 분산기(신한초음파

JU-200PW)를 이용하여 30분정도 분산시켰다. 이 때 polyvinyl butyral 용액은 중량비 1:1로 혼합한 toluene과 n-butanol용제에 녹여 만들었다. 충분히 분산시킨 CGM용액을 기판으로 사용한 Mylar film위에 wire bar(#2)를 사용하여 0.1 μ 두께로 도포하였다. 이 film을 60 $^{\circ}$ C에서 2시간 건조시킨 후 감압조건에서 2시간 건조시켜 CGL층을 만들었다. 건조시킨 막의 두께는 도막두께측정기 (Seiko Instruments, LE-330)를 사용하여 측정하였다.

Table 1. The Chemical Structure and Ionization Potential of the Charge Generation Material and Transporting Materials

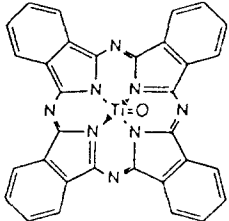
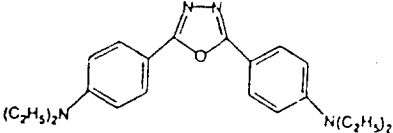
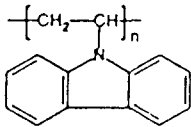
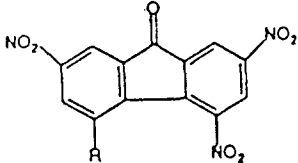
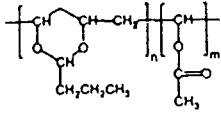
Name	Chemical structure	Ionization potential(eV)	Type of material
TiOPc		5.38 (HOMO)	Carrier generating material
CTM 1 (OXD)		5.44 (HOMO)	Hole transport material
CTM 2 (PVK)		6.10 (HOMO)	Hole transport material
CTM 3 (TNF)		3.96 (LUMO)	Electron transport material

Table 2. Chemical Structures and Physical Properties of Polymers used as Binder

Polymer	Chemical Structure	Molecular Weight	T _g (°C)	Softening Temperature (°C)	Dielectric Constant, ε
Polyester	HO-CH ₂ CH ₂ -[OCO-C ₆ H ₅ -COO-CH ₂ CH ₂ -] _n -[OCO-C ₆ H ₅ -COO-CH ₂ -C(CH ₃) ₂ -CH ₂ -] _n -OH	15,000-20,000	67	163	3.8
Polycarbonate	-[C ₆ H ₅ -C(CH ₃) ₂ -C ₆ H ₅ -OCOO-] _n -	30,000	150	240	2.9
Poly(vinyl butyral)					

2-1-2. CTL의 제작

위에서 제작한 CGL위에 CTL을 다음과 같이 도포하여 그림 1과 같이 적층형 유기감광체를 만든다. 각 시편의 CTL의 제작 방법은 표1의 CTM1인 2,5-Bis(4'-diethylaminophenyl)-1,3,4-oxadiazole[OXD;동경화성], CTM2인 poly(N-vinylcarbazole)[PVK;아남향료사], CTM3인 2,4,7-trinitro fluorenone[TNF;동경화성]들을 polyester[PE;동양방직의 Vylon 200] 또는 polycarbonate[PC;동양방직의 Panlite K-1300] 용액에 각각 녹여 5분간 분산시킨 후, wire bar(#40)로 CGL층 위에 두께 10-15μm 되게 도포한다. 이 때 60°C의 건조기 속에서 2시간 건조시키고, vacuum dessicate 속에서 2 시간 건조시킨다.

이렇게 제작된 적층형 유기감광체는 전하수송재료의 특성에 의하여 CTM1과 CTM2를 사용한 것은 정공수송형 유기감광체이고, CTM3을 사용한 것은 전자수송형 유기감광체이다.

2-2. PIDC (photo-induced discharge curve)에 의한 감광특성의 측정

제작된 유기감광체는 3 cm x 3 cm 정도로 자르고, 시편의 한쪽 모서리 부분의 알미늄이 들어나게 toluene와 THF (1:1) 혼합 solvent로 닦아 그림 2와 같이 알미늄 foil로 전극을 만들어 그림 3과 같은 표면전위 측정장치로 광감쇠(PIDC)와 암감쇠(DDC)를 측정하였다.

전자사진 감광체의 감광특성은 감광체 표면전위의 시간에 대한 광감쇠 특성에서 초기전위,

잔류전위, 반감노광량, 감도, xerographic gain을 구할 수 있다.^[36-39]

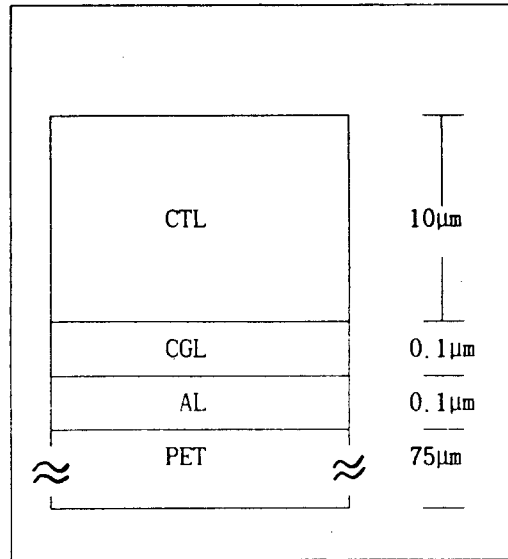


Figure 1. Cross-sectional view of layered photoconductor.

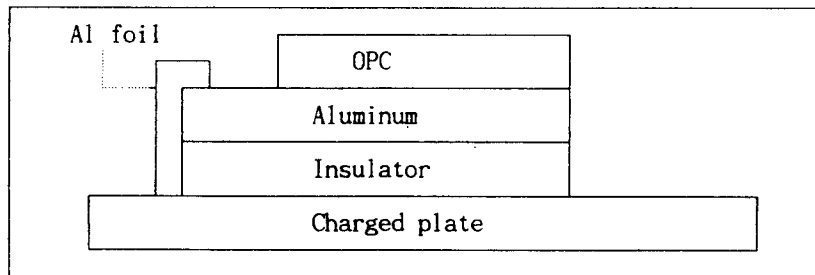


Figure 2. The preparation of measuring sheet of PIDC.

본 실험에서는 여러조건으로 제작한 감광체들의 초기전위가 일정하지 않기 때문에 초기전위 V_0 가 $V_0/2$ 로 되는데 필요한 반감노광량($E_{1/2}$)을 구하였고, 감광체의 감도(S_x)는 $V_0/2E_{1/2}$ 를 이용하였다.^[40] 코로나 대전전위는 $\pm 8kV$ 를 사용하였고, 할로젠광원을 갖인 monochrometer(Acton Research Co.의 Spectropro 275)를 사용하여 400-1000nm 영역의 단색광을 $0.5\mu W/cm^2$ 의 광강도로 TiOPc 유기감광체에 조사하였다.

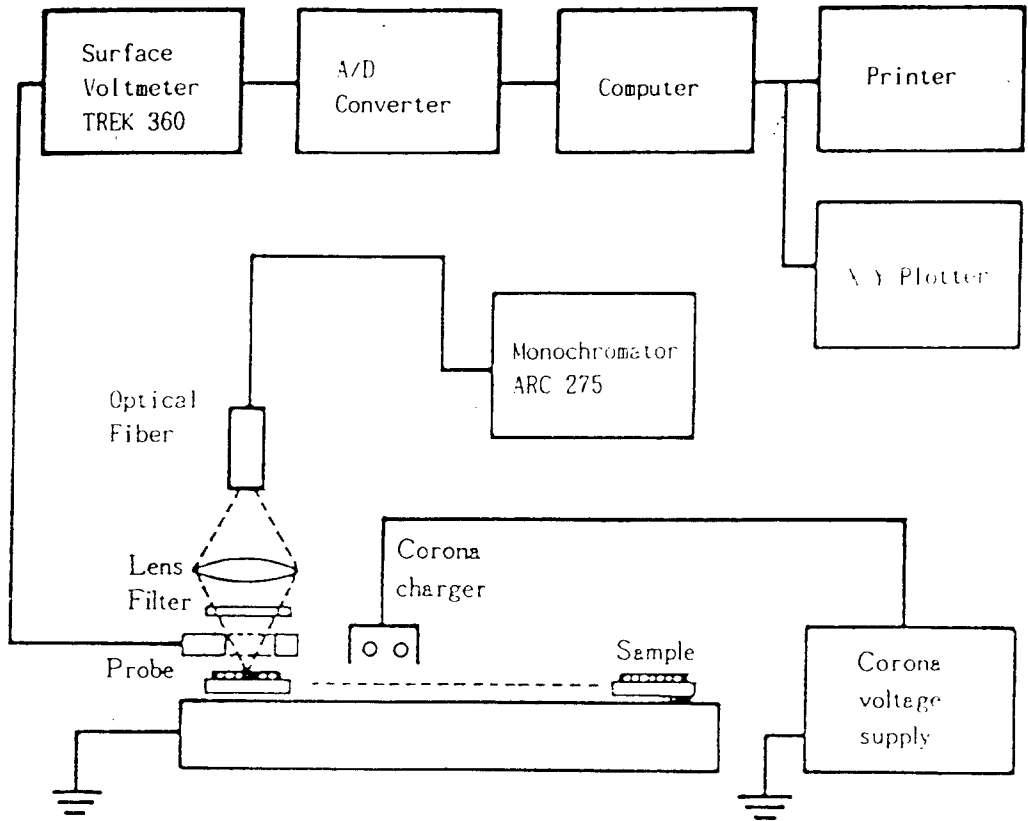


Figure 3. Schematic diagram of apparatus for measurement of the photo-induced discharge curve

2-3. Xerographic gain 의 측정

Xerographic gain(G)은 단위시간당 감광체에 들어오는 광양자의 수(n_p)에 대하여 CTL을 통과하여 감광체 표면전하를 소멸시키는 hole 수(n_h)의 비를 말한다.

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

감광체 1 m²에 조사되는 광자의 수 n_p 와 CTL 1 m²에 1 초간 통과하는 hole의 수 n_h 는

$$I_0 \quad I_0 \lambda$$

$$n_p = \frac{1}{E} = \frac{1}{hc} \quad (\text{개} / \text{secm}^2) \dots\dots\dots (2)$$

$$n_h = \frac{J}{q} = \frac{\epsilon \epsilon_0}{D q} \frac{dV}{dt} \quad (\text{개} / \text{secm}^2) \dots\dots\dots (3)$$

h: planck 상수

c: 광속도

λ : 감광체에 입사하는 빛의 파장

V: 감광체의 표면전위

ϵ : 전하수송재료(CTM)의 비유전율

ϵ_0 : 진공의 유전율(8.85416×10^{-12} F/m)

D: CTL의 두께

J: 감광체에 흐르는 전류밀도

q: hole 1개가 갖는 전하량

이다. 그러므로 감광체의 gain G는 식 (2),(3)에 의하여

$$G = \frac{n_h}{n_p} = \frac{\epsilon \epsilon_0 hc}{DqI_0 \lambda} \frac{dV}{dt} \dots\dots\dots (4)$$

가 된다. PIDC법에 의해 측정된 광감쇠속도를 식(4)의 dV/dt에 대입하면 xerographic gain을 구할 수 있다.

3 . 결과 및 검토

3-1. 감광특성과 xerographic gain

그림 4와 5에 CGM을 TiOPc(Toyo ink제)로 하고 CTM의 polymer matrix로 polycarbonate

를 사용하였을 때 CTM들에 대한 파장별 반감노광량($E_{1/2}$)과 전자사진감도(S_λ)를 보여준다. 여기서 $E_{1/2}$ 는 OXD<TNF<PVK의 순으로 변화하고, S_λ 는 PVK<TNF<OXD의 순으로 변화하여 CTM이 OXD인 감광체가 우수하다는 것을 알수있다.

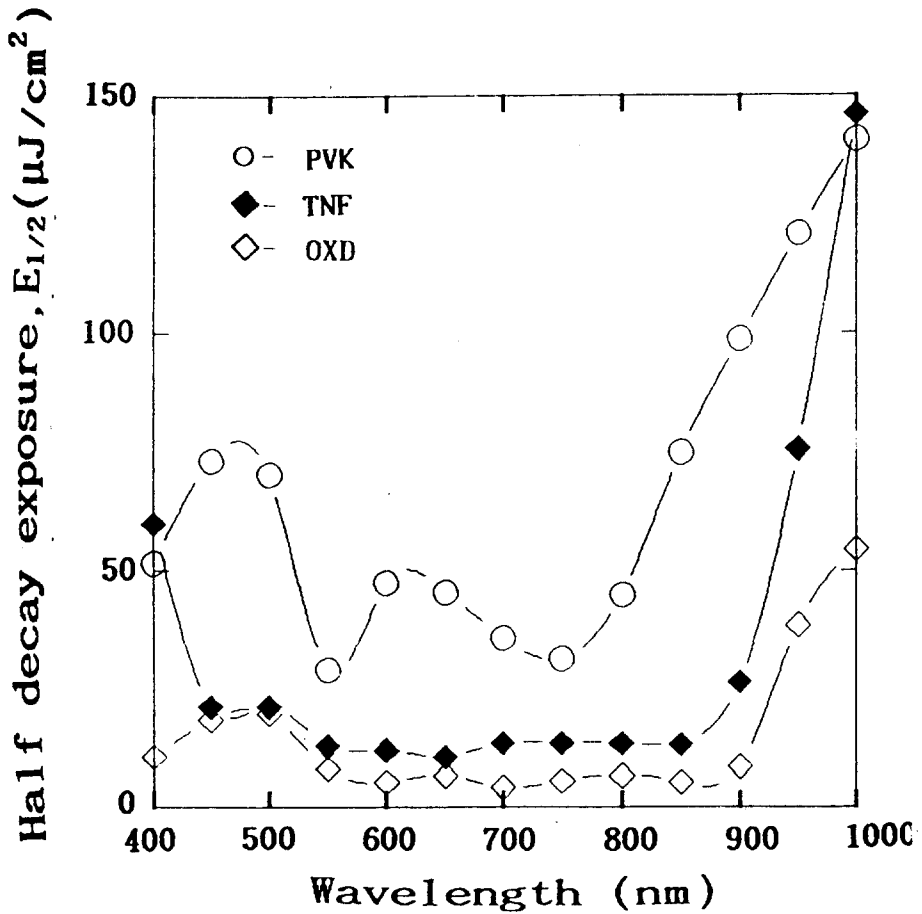


Figure 4. The wavelength dependencies of the half decay exposure for TiOPc photoreceptors with different type of CTM

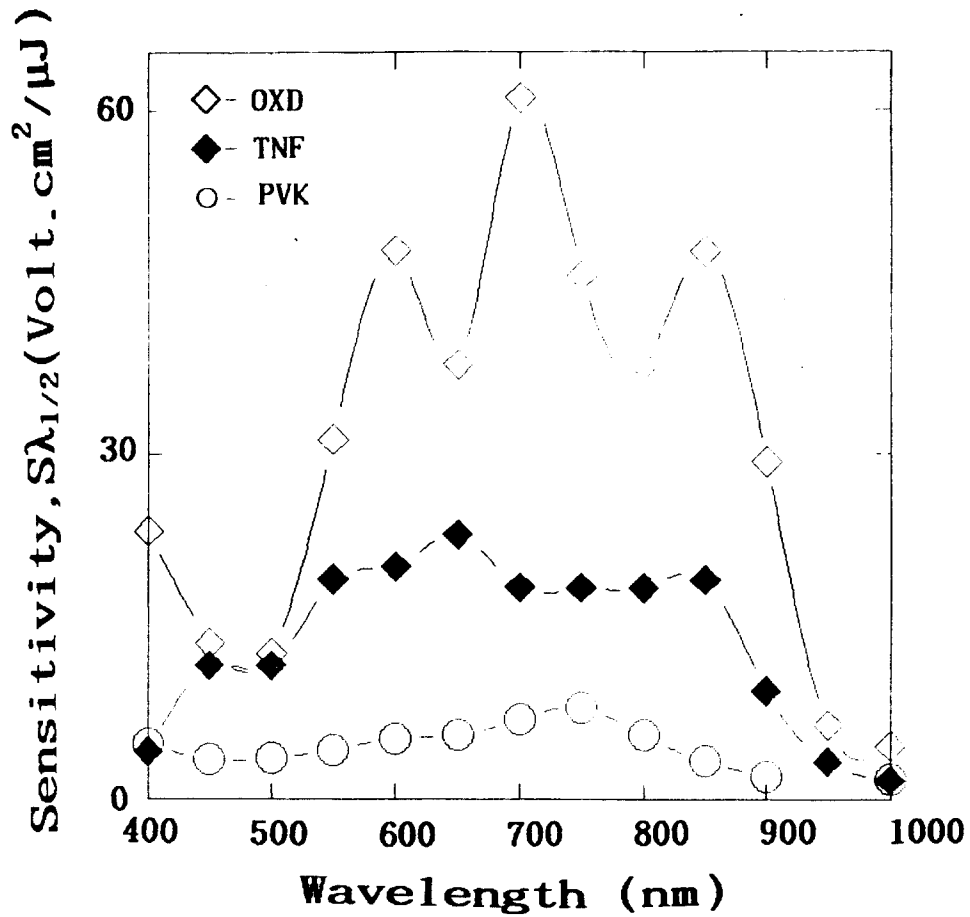


Figure 5. The wavelength dependencies of the sensitivity for TiOPc photoreceptors with different type of CTM

그림 6과 7에는 CGM을 TiOPc(Toyo ink제)로 하고 CTM을 OXD를 사용하였을 때 CTM의 polymer matrix들에 대한 파장별 반감노광량($E_{1/2}$)과 전자사진감도(S_{λ})를 보여준다. 여기서 $E_{1/2}$ 는 PE<PC의 순으로 변화하고, S_{λ} 는 PC<PE의 순으로 변화하여 CTM의 polymer matrix가 PE인 감광체가 우수하다는 것을 알수있다.

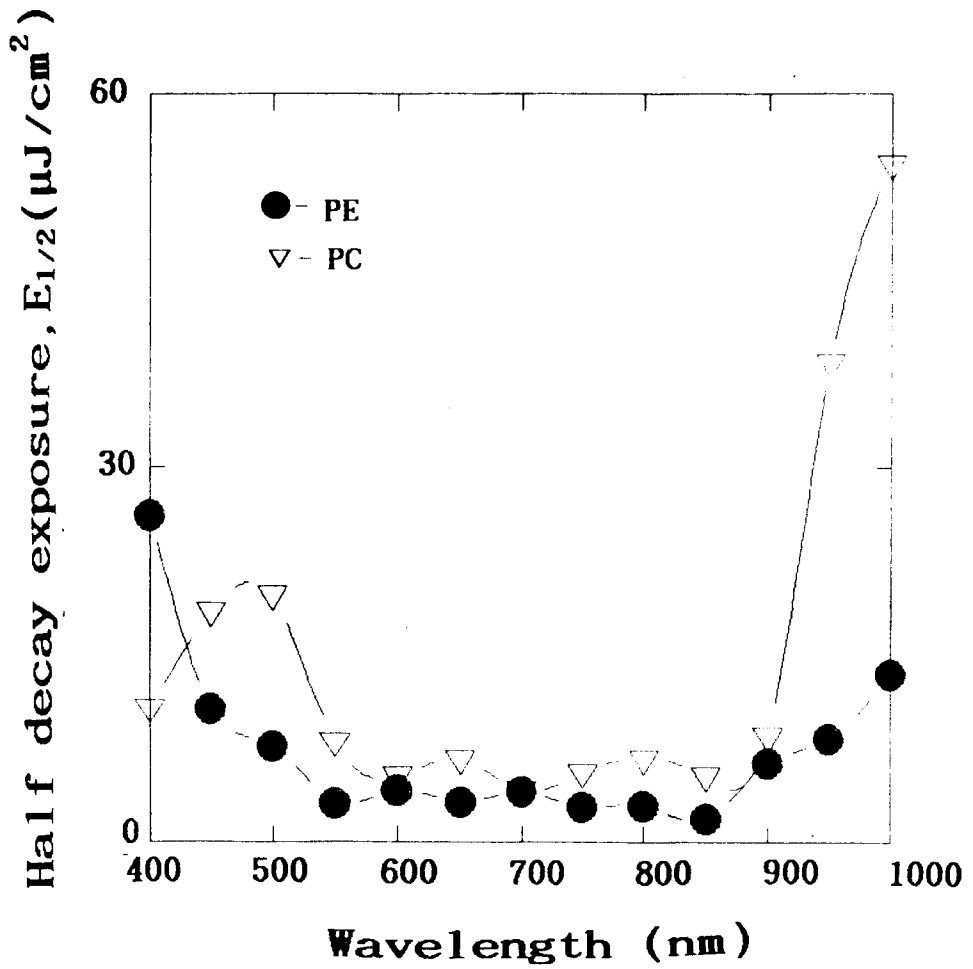


Figure 6. The wavelength dependencies of the half decay exposure for TiOPc photoreceptors with different type of polymer matrix

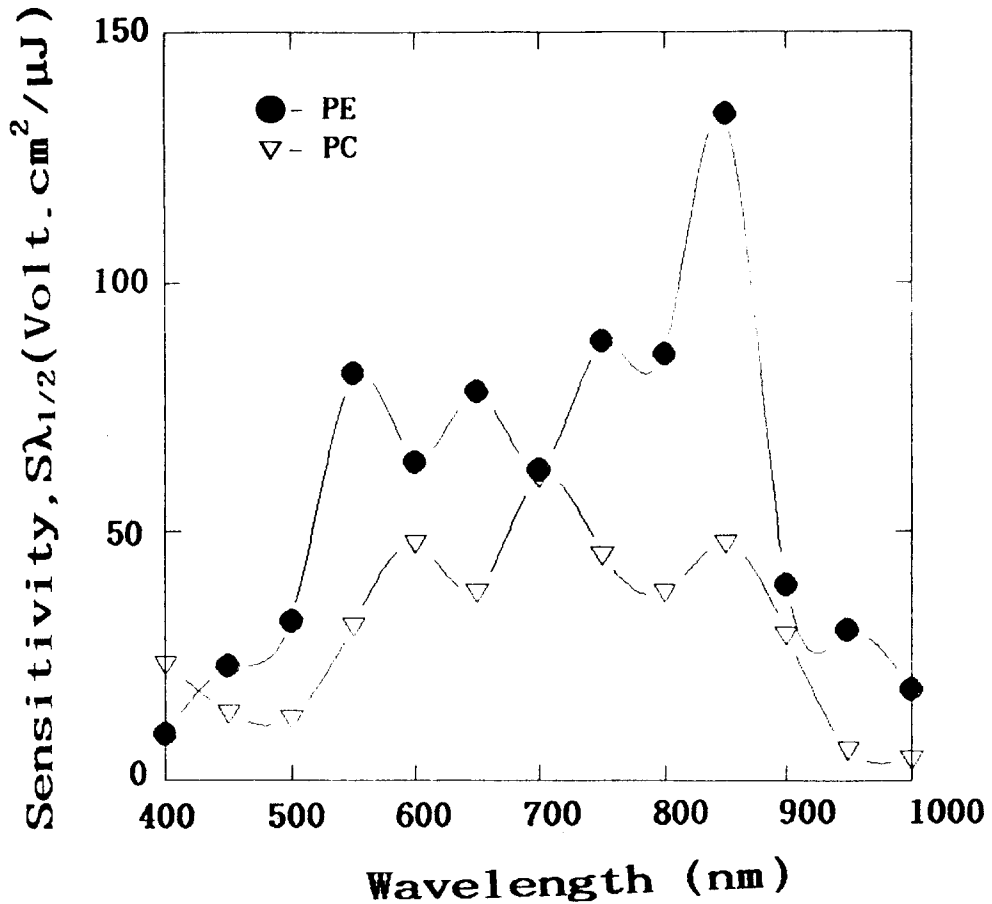


Figure 7. The wavelength dependencies of the sensitivity for TiOPc photoreceptors with different type of polymer matrix

그림 8과 9에는 CGM을 TiOPc(Sanyo color제)로 하고 CTM을 OXD를 사용하였을 때 CTM의 polymer matrix들에 대한 파장별 반감노광량($E_{1/2}$)과 전자사진감도(S_{λ})를 보여준다. 여기서도 $E_{1/2}$ 는 PE \leq PC \leq PVB의 순으로 변화하고, S_{λ} 는 PVB \leq PC \leq PE의 순으로 변화하여 CTM의 polymer matrix가 PE인 감광체가 우수하다는 것을 알수있다.

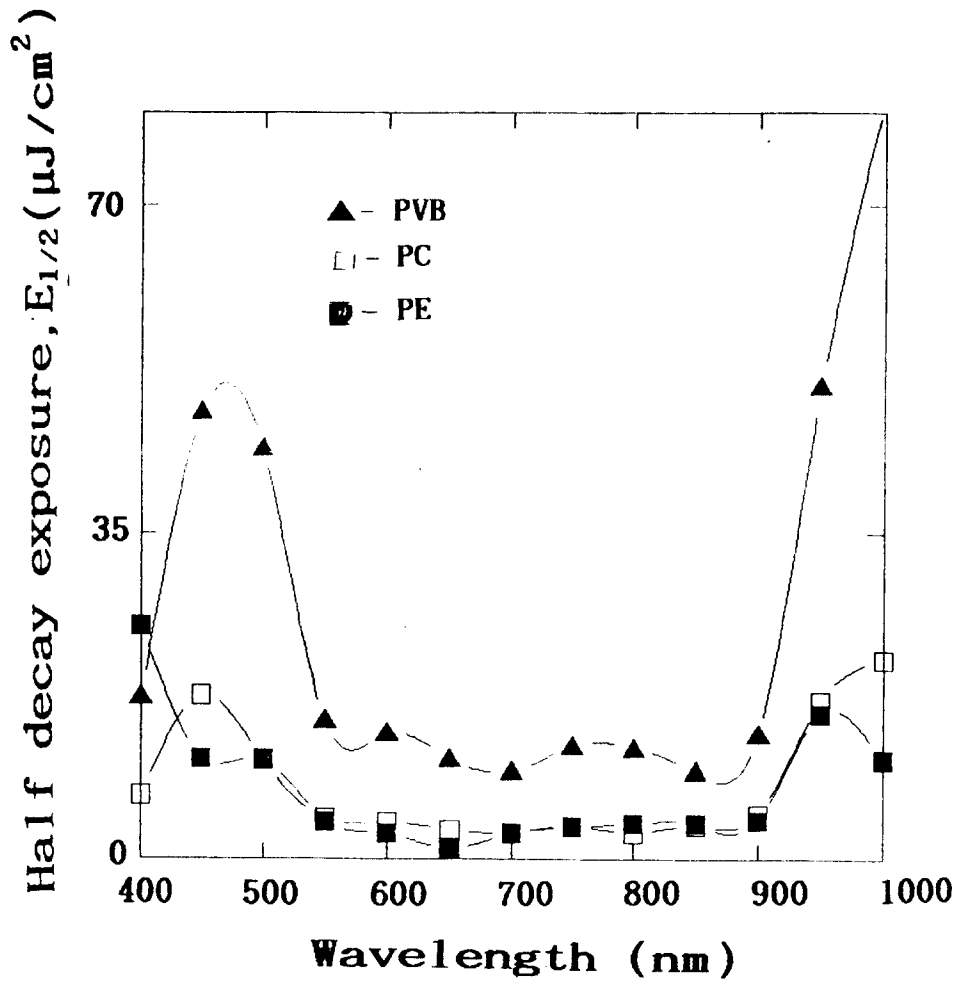


Figure 8. The wavelength dependencies of the half decay exposure for TiOPc photoreceptors with different type fo polymer matrix

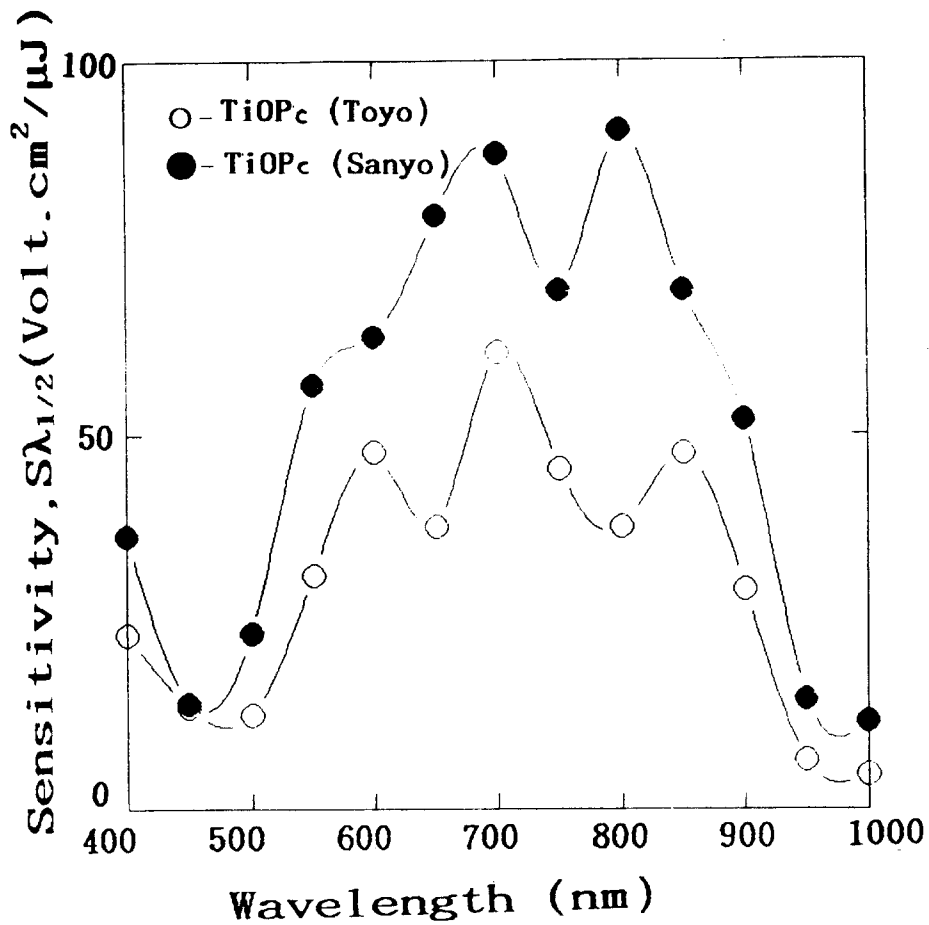


Figure 9. The wavelength dependencies of the sensitivity for TiOPc photoreceptors with different type of CGM(Sanyo)

그림 10과 11은 CTM을 OXD를 사용하고, polymer matrix를 PC를 사용한 경우와 PE를 사용한 경우에 CGM에 대한 파장별 전자사진감도(S_{λ})를 보여준다. 여기서도 PC를 사용한 그림 10보다 PE를 사용한 그림 11의 CGM에 대한 S_{λ} 의 값이 크게 나타나는것을 알 수 있다.

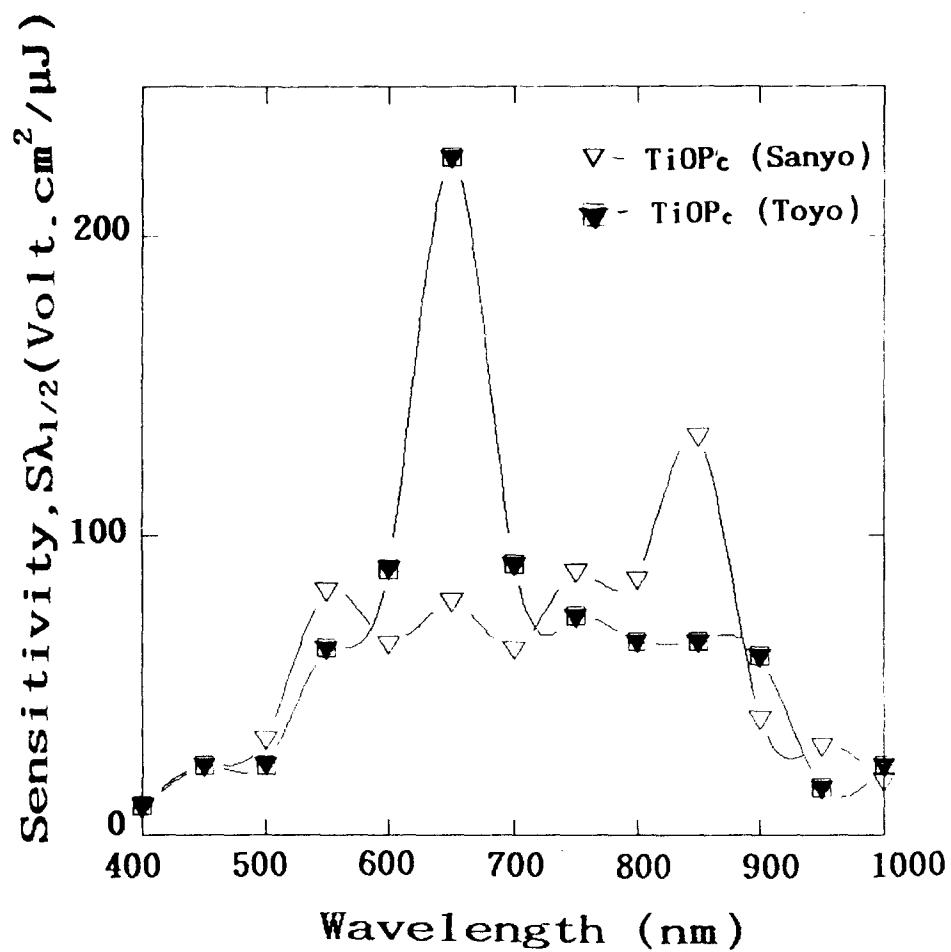


Figure 10. The wavelength dependencies of the sensitivity for TiOPc photoreceptors with different type of CGM(Toyo ink)

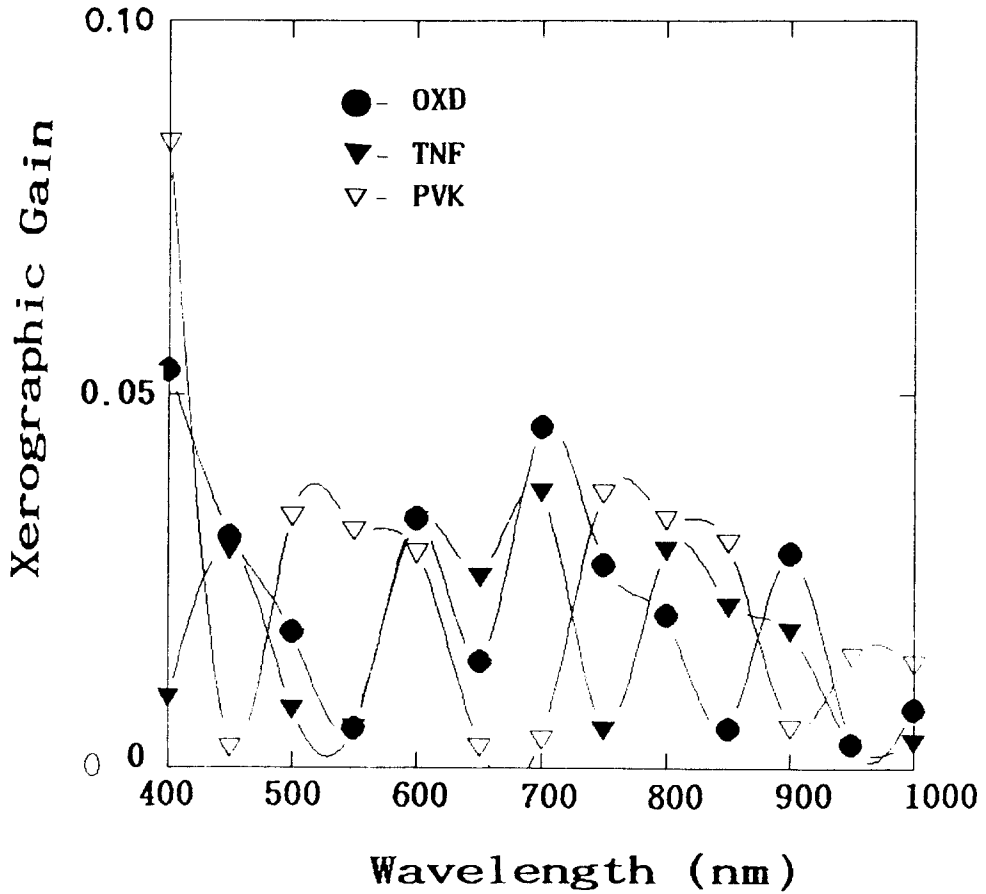


Figure 11. The wavelength dependencies of the Xerographic gain for TiOPc photoreceptors with different type of CTM

그림 12와 13은 CGM을 TiOPc(Toyo ink제)로 하고 CTM의 polymer matrix로 PC를 사용하였을 때(그림 12)와 CGM을 TiOPc(Sanyo Color제)로 하고 CTM의 polymer matrix로 PE를 사용하였을 때(그림 13)의 CTM들에 대한 xerographic gain(G)를 나타내고 있다. 그러나 여기서 CTM이나 polymer matrix에 따른 G값의 변화를 확인하기는 어렵다.

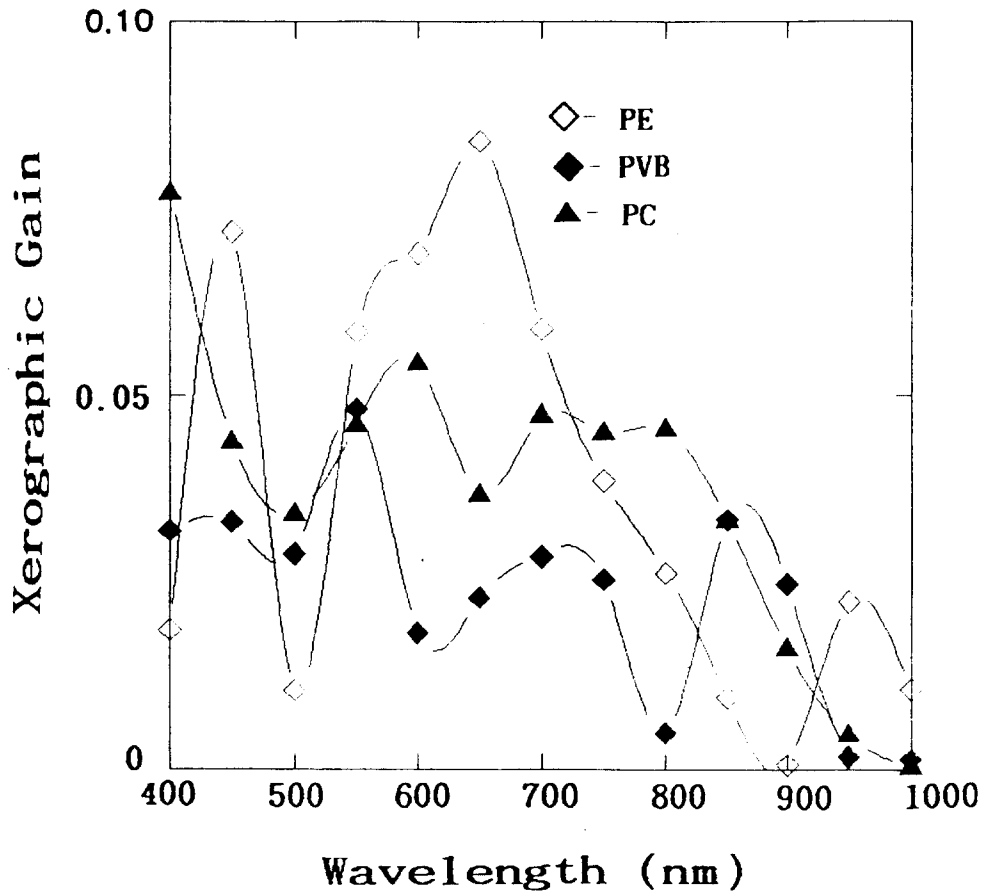


Figure 12. The wavelength dependencies of the Xerographic gain for TiOPc photoreceptors with different type of polymer matrix

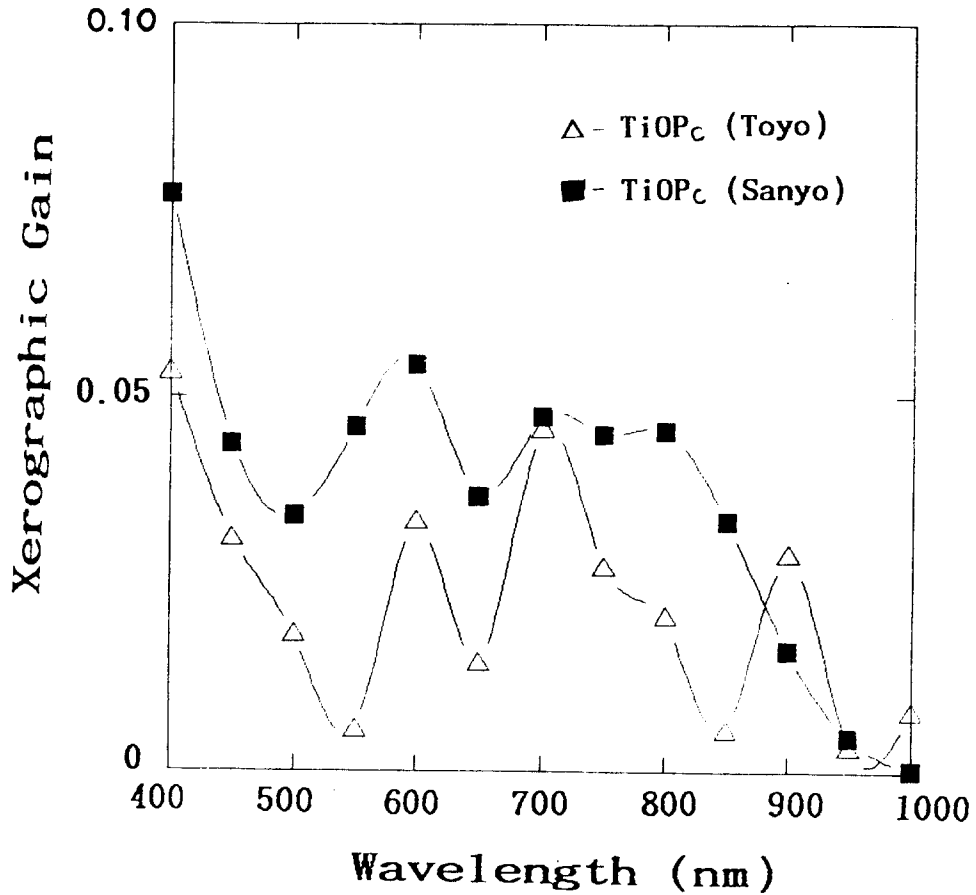


Figure 13. The wavelength dependencies of the Xerographic gain for TiOPc photoreceptors with different type of CGM(Sanyo, Toyo ink)

이에 비하여 그림 14와 15는 CTM을 OXD로 하고 CTM의 polymer matrix를 PC를 사용하였을 때(그림 14)와 PE를 사용하였을 때(그림 15)의 CGM들에 대한 xerographic gain(G)를 나타내고 있다. 여기서는 PC를 사용한 그림 14보다 PE를 사용한 그림 15의 CGM에 대한 G값이 약간 크게 나타나는것을 알 수 있다.

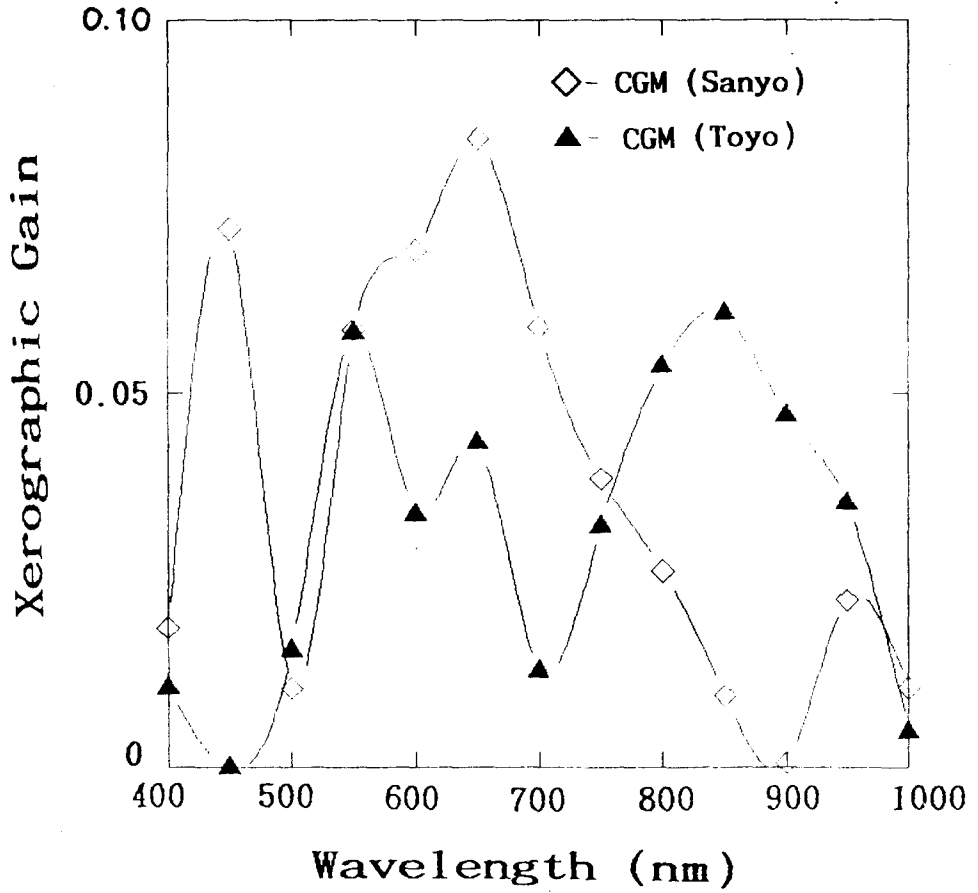


Figure 14. The wavelength dependencies of the Xerographic gain for TiOPc photoreceptors with different type of CGM(Sanyo, Toyo ink)

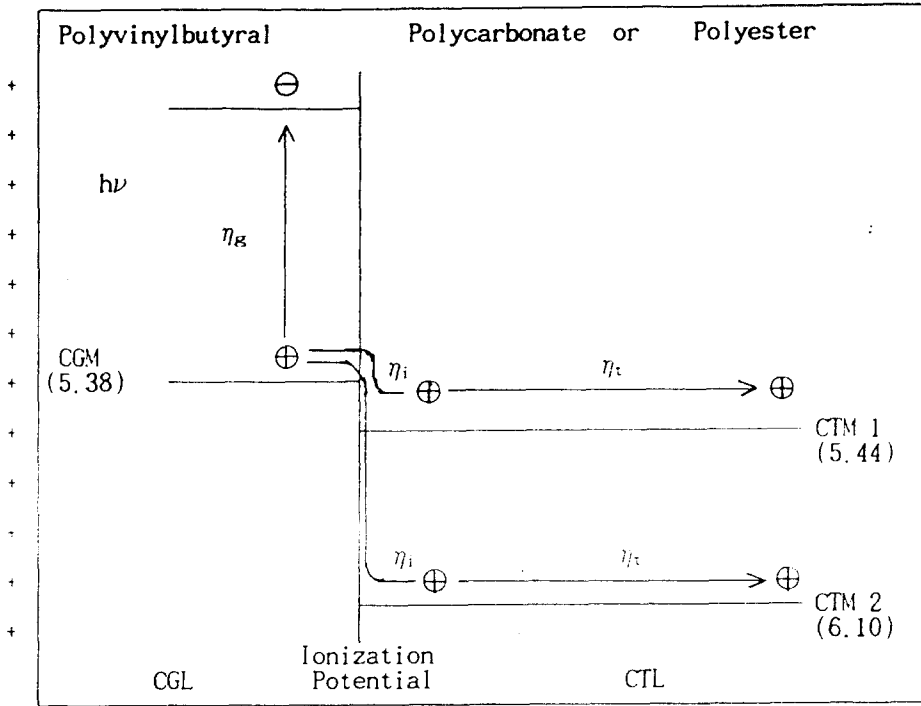


Figure 15. Carrier generation, injection and transport mechanism in the TiOPc photoreceptor with single CTL.

그림 4와 5에서 CTM이 정공수송형재료인 OXD로 된 감광체가 우수한 현상은 그림 15와 같이 CGM과 CTM의 이온화퍼텐셜이 캐리어이동특성에 미치는 영향으로 해석할 수 있다.^[9,33,38,52-54] CTM1(OXD)의 이온화퍼텐셜(5.44eV)과 CGM의 이온화퍼텐셜(5.38eV)의 차 0.06eV가 CTM2(PVK)의 이온화퍼텐셜(5.61eV)과 CGM의 이온화퍼텐셜(5.38eV)의 차 0.23eV보다 작으므로 CGL에서 CTL로의 캐리어 이동이 쉬워서 광감쇠속도가 빠르고, 반감노광량이 작아서 감도가 크게 나타난다.

그림 6에서 14가지 polymer matrix로 사용한 polyester가 polycarbonate보다 OXD에 대하여 효과가 좋은 것을 나타낸다. 이러한 원인을 파악하기 위하여 본 실험에 사용한 polycarbonate(4.5eV)와 polyester(5.9eV)의 이온화퍼텐셜을 알아보았다. 이에 의하면 PC(4.5eV)와 OXD(5.44eV)의 이온화퍼텐셜의 차 -0.94eV 보다 PE(5.9eV)와 OXD(5.44eV)의 이온화퍼텐셜의 차 0.46eV가 적기 때문에 PE가 PC보다 반감노광량과 감도가 우수하다고 생각된다. 그러므로 CTM과 polymer matrix의 이온화퍼텐셜 차이가 중요한 역할을 하는 것을 알 수 있다.

이러한 현상은 Y.Kanemitsu^[52-54]가 이온화퍼텐셜이 약 5.2eV인 oxazole을 CTM으로 하고

oxazole을 여러가지 polymer matrix에 분산시켰을 때 oxazole의 이온화퍼텐셜 $I_p(Ox)$ 와 polymer matrix의 이온화퍼텐셜 $I_p(Pm)$ 의 차 ΔI_p 가 증가함에 따라 drift 이동도가 감소한다고 보고한 결과와 일치한다. 그리고 $+\Delta I_p$ 영역에서 큰 ΔI_p 값은 hopping 위치 사이의 파동함수의 중첩에 관계하여 ΔI_p 가 증가할수록 drift 이동도가 감소하고, $-\Delta I_p$ 영역에서는 낮은 이온화퍼텐셜상태가 깊은 trap상태로 작용하므로 drift 이동도가 급격히 감소한다는 보고^[55,56]와도 비교된다.

이러한 이유로 CTM과 polymer matrix의 ΔI_p 가 중요한 역할을 하며, 이 차이가 작을수록 캐리어 이동이 우수해지는 것을 알 수 있다. 만약 이온화퍼텐셜차가 크게되면 이 값이 퍼텐셜장벽이 되어 hole이 CTM내부에 구속되어 캐리어 이동특성이 나빠지게 될 것이다.

4. 결 론

Oxotitanium phthalocyanine(TiOPc) 적층형 유기감광체를 제작하여 전자사진특성, 사용재료의 특성과 캐리어 수송현상을 밝혀본 실험을 통하여 다음과 같은 몇가지 결과를 얻었다.

1. TiOPc 적층형 유기감광체에서 OXD가 PVK, TNF보다 반감노광량($E_{1/2}$)과 전자사진감도(S_λ)가 우수한 전하수송재료라는 것을 알수있다.
2. TiOPc 적층형 유기감광체에서 PE가 PC, PVB 보다 반감노광량($E_{1/2}$)과 전자사진감도(S_λ)가 우수한 CTM의 polymer matrix라는 것을 알수있다.
3. CGM과 CTM의 이온화퍼텐셜의 차가 작을수록 캐리어이동특성이 좋아진다.
4. CTM의 이온화퍼텐셜과 polymer matrix의 이온화퍼텐셜의 차가 작을수록 캐리어 이동도가 증가하므로, OXD의 polymer matrix로서는 polyester가 보다 좋은 효과를 나타내었다.

감 사 의 글

본 연구의 일부는 부산공업대학교 기성회연구지원비에 의해 수행되었습니다.

<수 정 표>

- 본 논문의 그림에서 Figure 9 가 빠졌기 때문에 해당 도표를 제시하고 Figure 번호와 논문의 내용일부를 수정합니다. -

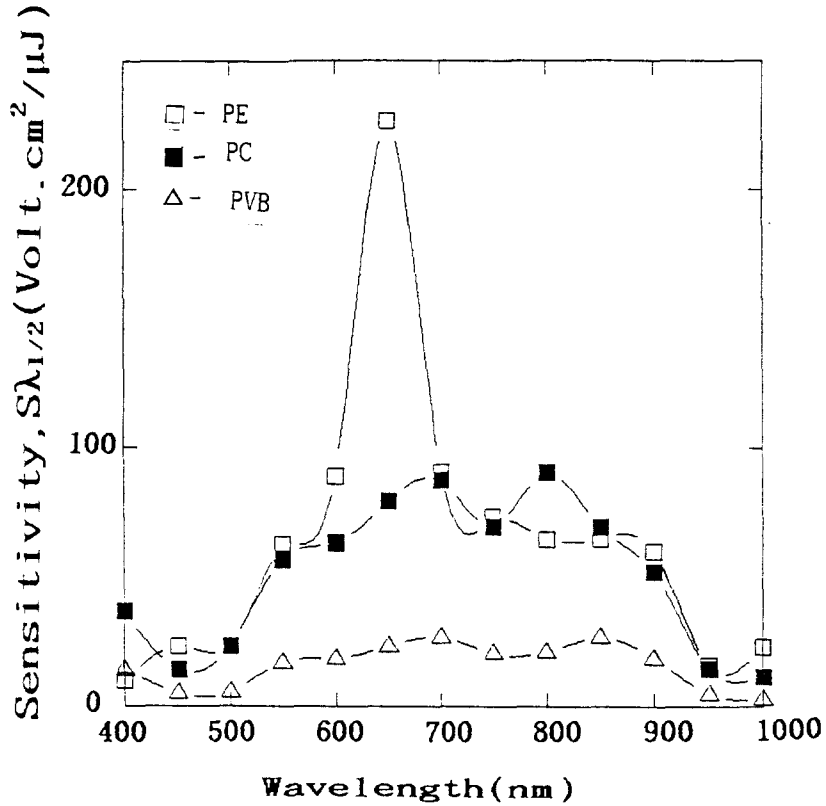


Figure 9 . The wavelength dependencies of the sensitivity for TiOPc photoreceptors with different type of polymer matrix.

Figure 9 → Figure 10 , Figure 10 → Figure 11 , Figure 11 → Figure 12
Figure 12 → Figure 13 , Figure 13 → Figure 14, Figure 14 → Figure 15
Figure 15 → Figure 16

그림 12와 13은 CGM을 TiOPc(Toyo ink제)로 하고 CTM의 polymer matrix로 PC를 사용하였을 때(그림 12)와 CGM을 TiOPc(Sanyo Color제)로 하고 CTM의 polymer matrix로 PE를 사용하였을 때(그림 13)의 CTM들과 polymer matrix에 대한 xerographic gain(G)을 나타내고 있다. 그러나 여기서 CTM이나 polymer matrix에 따른 G값의 변화를 확인하기는 어렵다.

이에 비하여 그림 14와 15는 CTM을 OXD로 하고 CTM의 polymer matrix로 PC를 사용하였을 때(그림 14)와 PE를 사용하였을 때(그림 15)의 CGM들에 대한 xerographic gain(G)을 나타내고 있다. 여기서는 PC를 사용한 그림 14보다 PE를 사용한 그림 15의 CGM에 대한 G값이 약간 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 12,13에서 CTM이나 polymer matrix에 의해서는 G값의 변화가 나타나지 않는데 비하여, CGM들에 의해서 G값의 변화가 있는 것을 알 수 있다. 이러한 결과에서 광조사에 의한 전자사진감광체 내부의 광캐리어의 생성은 CGL에서 일어난다는 것과 CGM종류와 광의 파장에 따라 캐리어 생성효율이 변화하는 것을 알 수 있다.

3-2. 이온화퍼텐셜과 캐리어이동특성

그림 4와 5에서 CTM이 정공수송형재료인 OXD로 된 감광체가 우수한 현상은 그림 16과 같이 CGM과 CTM의 이온화퍼텐셜이 캐리어이동특성에 미치는 영향으로 해석할 수 있다.^[9,33,38,52-54]

참 고 문 헌

- [1] 小門 宏,色材,66(9),534-539(1993).
- [2] The future of imaging,*IS&T Reporter*,8,3(1993).
- [3] J.Mort and I.Chen; *Solid St.Sci.,vol.5,Academic Press*(1975).
- [4] Edgar M.Williams,*The Physics & Technology of Xerographic Processes,John Wiley & Sons*, pp288(1984).
- [5] R.O.Loutfy,A.M.Hor,G.DiPaola-Baranyi & C.K.Hsiao,*J.Imag.Sci.*, 29,116(1985).
- [6] R.O.Loutfy,A.M.Hor and A.Rucklidge,*J.Imag.Sci.*,31,31 (1987).
- [7] J.Mizuguchi & A.C.Rochat,*J.Imag.Sci.*,135,32(1988).
- [8] R.O.Loutfy,A.M.Hor,P.Kazmaier & M.Tam, *J.Imag.Sci.*,33,151(1989).
- [9] 日本電子寫眞學會,電子寫眞學會誌,27,434(1988).
- [10] 日本電子寫眞學會,電子寫眞學會誌,27,429(1988).
- [11] 小門 宏,日本化學會編,季刊化學總設,學會出版 センター (1988).
- [12] Y.Nakazawa,K.Hosino,J.Hanna & H.Kokado,*Jpn.J.Appl.Phys.*,28,1396 (1989).
- [13] Y.Nakazawa,K.Hosino,J.Hanna & H.Kokado,*Jpn.J.Appl.Phys.*,28,2517(1989).
- [14] M.Kikuchi,T.Yoshimura,K.Hosino & H.Kokado,*Proc.IS&T'S.9th Inter-national Congress on Advances in Non-Impact Printing Technologies*(1993).
- [15] A.Hirl & R.Weib,*Proc.IS&T'S.9th Internatinal Congress on Advances in Non-Impact Printing Technologies*(1993).
- [16] Yuichi Yashiki,*Denshi Shashin Gakkai-Shi.*,33(4),300(1994).
- [17] H.Meier,*Organic Semiconductors,Verlag chemie.Weinheim*(1974).
- [18] J.H.Sharp & M.Lardon,*J.Phys.Chem.*,72.3230 (1968).
- [19] W.Hiller.J.Strähle,W.Kobel & M.Hannack,*Z.Kristallogr.*,159. 173(1982).
- [20] 旭ダウ: 特開昭 59-49544.
- [21] NTT:特開昭 59-166959.
- [22] T.Suzuki,T.Murayama,H.Ono,S.Otsuka & M.Nozomi:*U.S.Pat.4664997*(1987).
- [23] T.J.Klofta,J.Danziger,P.Lee,J.Pankow,K.W.Nebesny & N.R.Armstrong, *J.Phys.Chem.* 91. 5646(1987).

- [24] K.Ohaku,H.Nakano & M.Aizawa:U.S.Pat.4728592(1988).
- [25] T.Enokida,倉田隆一郎,瀬田俊雄,桂宏光: 電子寫眞學會誌 27(4), 533(1988).
- [26] 織田康弘,本間知美,藤券義英, 電子寫眞學會誌,29(3),250(1990).
- [27] T.Enokida,廣橋亮,中村高遠, 電子寫眞學會誌,29(3),373(1990).
- [28] T.Enokida,R.Hirohashi &T.Nakamura,*J.Imag.Sci.*,34(6) 234(1990).
- [29] T.Enokida,R.Hirohashi & S.Mizukami,*J.Imag.Sci.*,35(4),235(1991).
- [30] T.Enokida,S.Yamamoto & R.Hirohashi,*J.Appl.Phys.*,70(9),5000(1991).
- [31] K.Oka & O.Okada,*J.Imag.Sci & Tech*,37(1),13(1993).
- [32] K.Oka & O.Okada,*J.Imag.Sci. & Tech*,37(6),607(1993).
- [33] 兒野康則,比材孝司,電子寫眞學會誌,32(1),7(1993).
- [34] 岩崎宏昭,角井幹男,山口康浩,横山正明,32(2),88(1993).
- [35] M.Yokoyama,M.Kakui & Y.Yamaguchi,*J.Imag.Sci.Tech*,38(4),350(1994).
- [36] 이 상남,윤 종태,김 성근, 한국인쇄학회지,8(1),11(1990).
- [37] 이 상남,星野 勝義,小門 宏,노지현, 응용물리,4(4),506(1991).
- [38] 이 상남,星野 勝義,小門 宏,노지현, 한국인쇄학회지,9(1),26(1991).
- [39] S.N.Lee,K.Hoshino and H.Kokado, *Electrophotography*,1(1),2(1992).
- [40] 電寫眞學會,電子寫眞學會標準分光測定法,電子寫眞學會誌,27,456(1988).
- [41] 北村 孝司,北川原淳志,電子寫眞學會誌,28,32(1989).
- [42] 北村 孝司,北川原淳志,電子寫眞學會誌,28,371(1989).
- [43] 이상남,문명준,星野 勝義,한국인쇄학회지,11(1),103(1993).
- [44] W.E.Spear,*J.Non-Cryst Solids*,1,197(1969).
- [45] T.Tiedje *et al.*,*Solar Cells*,2,301(1980).
- [46] 清水 勇,電子寫眞學會誌,22,69(1983).
- [47] I.P.Batra,K.K.Kanazawa,B.H.Schechtman and H.Seki,*J.Appl.Phys.*,42,1124(1971).
- [48] W.D.Gill,*J.Appl.Phys.*,43,5033(1972).
- [49] S.Oda,S.Takagi,I.Shimizu,*Jpn.J.Appl.Phys.*,25,49(1986).
- [50] M.Abkowitz,R.C.Enck,*Phil.Mag.*,B49,L37(1984).
- [51] S.B.Berger *et al.*,*The Physics of Selenium & Tellurium (ed.E.Gerlack,P.Grosse)*, p.256,*Springer-Verlag*(1979).
- [52] Y.Knemitsu,H.Funada & Y.Masumoto,*J.Appl.Phys.*,71(1),300(1992).
- [53] Y.Kanemitsu,*J.Appl.Phys.*,71(6),3033(1992)

- [54] Y.Kanemitsu, Y.Sugimoto, *Phys.Rev.*, 46(21), 14 182(1992)
- [55] P.M.Pai, Y.F.YANUS and M.Stolka, *J.Phys.Chem.*, 88, 4714(1984).
- [56] Y.Knemitsu, H.Funada & Y.Masumoto, *Appl.Phys.Lett.*, 59, 697(1991).