

有機光傳道體를 이용한 레이저 프린트용 드럼의 開發

Organic Electrophotographic Photoconductors for Laser Beam Printer

정 기 문, 이 민 희

인하대학교 이과대학 물리학과

유 형 선

인하대학교 공과대학 자동화공학과

I. 서 문

레이저 프린터는 컴퓨터로 부터 받은 영상정보를 재현하는 장치로서 영상을 입력하고 제어하는 전자회로와 영상정보를 발생시키고 전송하는 레이저와 스케닝장치로 구성된 광학 장치가 있고 영상을 기록하고 재현하는 엔진으로 구성되어 있다. 프린터의 엔진중의 중요한 기능을 갖고 있는 드럼의 광전도체로는 비정질 실리콘과 유기광전도체가 이용되고 있으며 본 연구에서는 탁상용 레이저 프린터에 많이 이용되는 유기광전도체의 개발에 관하여 연구중이다. 유기광전도체로는 Chloroindium chlorophthalocyanine 을 선택하였으며 실험실에서 합성하여 진공증착기내에서 가공된 알미늄 드럼에 진공증착하여 이용한다.

II. 레이저와 scanner

레이저 프린터에 이용되는 레이저는 초기에는 헬륨-네온 레이저, 헬륨 카드뮴 레이저등 cw 레이저가 주로 이용되었다. 이 경우에 영상 정보를 담은 레이저 광신호를 발생시키기 위해서는 광변조기를 사용하여야 한다. 광-전기 변조기, 광음향 변조기등을 이용하여 컴퓨터로 부터 전송된 영상정보를 이용하여 광변조기를 구동시키면 변조기를 통과한 레이저 광은 영상 정보를 갖고 전송하게 된다. 이때 cw 기체 레이저를 이용하면 레이저 자체의 크기가 크고 또한 별도의 광변조기가 필요하게 되므로 이러한 단점을 보완하기 위하여 이용되는 것이 다이오드 레이저이다. 다이오드 레이저는 발전

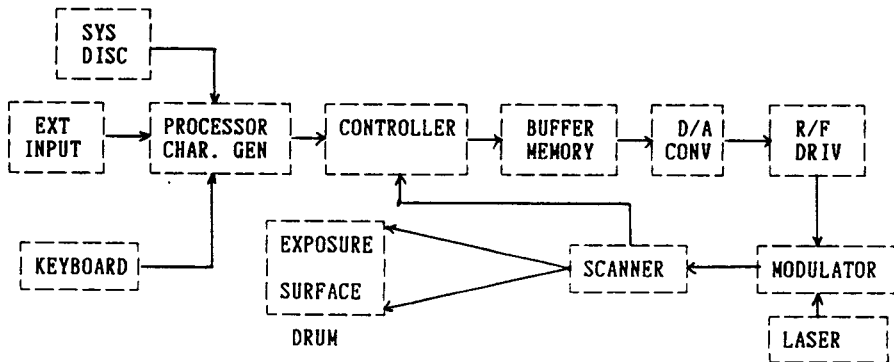


Fig. 1 Data path of typical laser printer.

파장이 근적외선 영역이므로 근적외선 영역에서 감광 되는 광전도 물질의 드럼을 사용하여야 한다. 다이오드 레이저를 사용할 경우 컴퓨터로부터 나오는 영상정보를 바탕으로 레이저 구동회로에서 구동신호를 발생시키면 레이저 출력이 바로 영상정보를 갖는 광신호가 된다. 이때, 광신호는 2진법(0,1)의 정보를 갖고 있으며 프린터에서 300 dpi로 초당 A4 용지로 2 매를 인쇄할 경우에 광신호는 약 20 Mbits의 정보를 전송하여야 한다. 이때 1 bit의 광신호는 20ns의 시간폭을 갖는다. 이러한 광신호는 시간적으로 변화하는 영상정보를 담고 있기 때문에, scanner 장치가 이것을 공간적으로 영상정보를 변환시켜 준다. Scanning 장치로는 다중반사면을 갖는 회전반사경을 사용한다. 다중반사면을 갖는 회전반사경을 사용할 경우에 모터의 회전속도가 인쇄속도와 서로 연계된다. N 개의 면을 갖는 다중면 반사경에 대하여 빛이 반사될 때 일어나는 반사각의 변위는 2 배가 되므로 주사각 $\theta = 720/N \text{ deg.}$ 와 같다. 또한 다중면반사경의 폭을 W, 레이저의 파장을 λ 라 하면 각분해능은 $\alpha = 1.22 \lambda / W$ 와 같다. 따라서 분해 가능한 점의 수는 $Nr = \theta / \alpha = 12.6W / \lambda N$ 이다. 반사경에서 반사된 광신호를

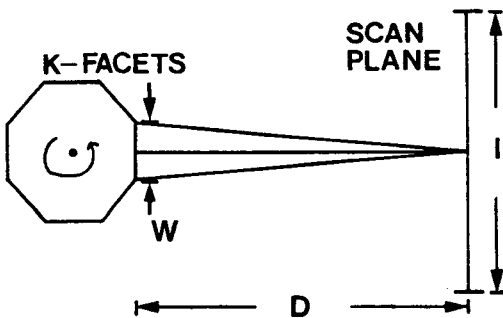


Fig. 2 Polygon to scann plane diagram.

드럼의 광전도체에 점으로 결상시켜 주어야 하므로 반사경에서 드럼까지의 거리를 D라고 하면 결상렌즈의 F수 $F/\# = D/W$ 이고 이때 점의 크기는 $d = 1.22 \lambda (D/W)$ 이다. 이러한 다중면회전반사경에서 반사된 레이저광은 결상렌즈를 통하여 드럼의 표면에 아주 작은 점으로 상을 맺게 되고, 드럼의 광전도체에 주사되어 시간적으로 변하는 영상정보를 공간적으로 변하는 영상정보로 변환시켜주고, 이때 드럼의 광전도체의 성질에 따라 음각, 혹은 양각의 상을 맺는다. 다음에 전하를 띤 탄소가루를 드럼의 표면에 묻혀 다시 종이에 환원시킴으로써 영상정보를 인쇄하게 된다.

III. 인쇄 과정

레이저 프린터는 광에 감광이 되는 드럼이 있다. 이 드럼은 도체인 알루미늄 기관에 광전도체를 증착시킨 것으로 몇개의 과정을 거쳐 인쇄가 완료된다. 이 인쇄과정은 광전도체의 종류에 따라 세부적인 과정에서는 차이가 있으나, 기본적으로 대동소이하다. 초기단계로 드럼에 전하의 패턴을 형성하게 된다. 컴퓨터로 전송된 영상정보에 의한 광신호에 의하여 조사되지 않은 부분에 전하가 드럼의 표면에 분포되어 전하영상을 형성하게 되는데 전하영상은 눈으로 볼수 없기 때문에 숨은 상이 된다.

전하 주입

먼저 드럼의 잔류전하를 제거하기 위하여 램프로 조사하여 드럼에 균일하게 전하가 분포될 수 있도록 한다. 드럼에 (-)전위를 가하여 코로나 방전을 시키면 드럼의 표면에 균일하게 (-)전하를 분포시킨다. [Fig. 3 - 1]

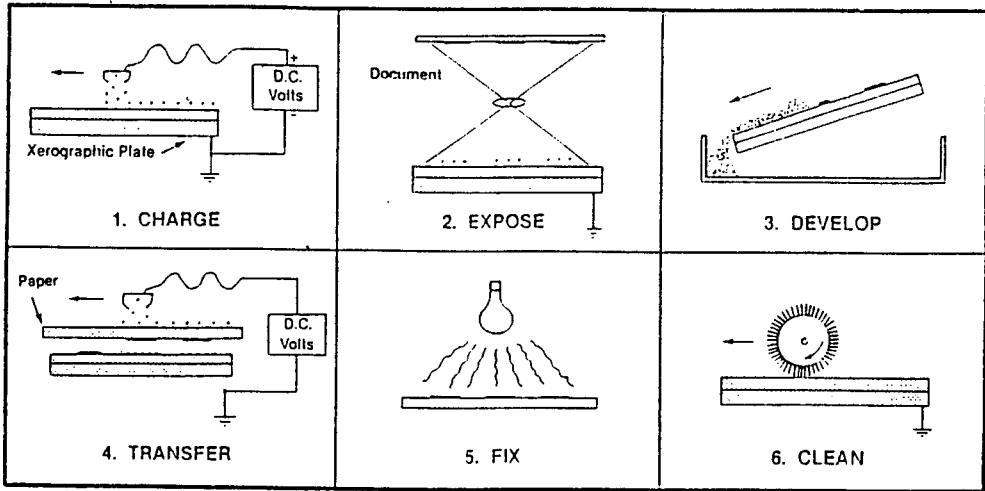


Fig. 3 Schematic representation of electrophotographic printing process.

노출

영상신호를 담고 있는 레이저 광을 드럼의 표면에 조사시킨다. 드럼 표면의 광전도체는 빛을 받으면 전도도가 커져서 표면에 있는 (-) 전하와 금속기판에 생성된 (+)전하가 결합하여 전기적 중성이 되고 레이저에 노출이 되지 않은 부분은 (-)전하가 남아 있어서 (-)전위를 갖는다. 이것이 정전기적 숨은 상이 된다. [Fig. 3 - 2]

현상

현상과정은 정전기적 숨은 상을 toner 분말에 의하여 가시적인 상으로 바꿔주는 과정이다. Toner 분말은 전기적으로 부도체이기 때문에 마찰에 의하여 (-) 전하를 띄게 된다. (-)전하를 띤 toner 분말을 드럼 표면에 묻히게 되면 레이저에 노출이 되지 않은 부분은 (-) 전위를 갖고 있고, 노출된 부분은 상대적으로 (+)전위를 갖고 있기 때문에 노출된 부분에 흡착하게 된다. 따라서 영상정보가 드럼의 표면에 가시적인 상이 형성된다. [Fig. 3 - 3]

상이송 (Transfer)

드럼 표면에 양각된 영상을 종이로 이동시키는 과정이 필요하다. 따라서 드럼 표면에 종이를 부착시킨 후 종이 뒷면에 (+)전위를 가하면 (-) 전하를 띤 toner가 종이에 흡착하게 된다. [Fig. 3 - 4]

결착

종이에 흡착된 toner 영상은 정전기적 인력에 의하여 흡착되어 있기 때문에 흡착력이 매우 약하다. 실제로 toner 분말은 접착계수지를 내포하고 있기 때문에 열을 가하여 압착시키면 종이에 견고한 상이 인쇄된다. [Fig. 3 - 5]

세척

상이송 과정에서 드럼 표면에 있는 toner 분말이 완전히 종이에 이동되지 않기 때문에 드럼에 남아 있는 잔류 toner를 제거하는 과정이다. 잔류 toner가 제거되면 다시 인쇄할 수 있는 준비 상태가 되며 상기 과정들은 회전하는 드럼의 주위에서 순차적으로 일어난다.

수 있도록 배열되어 있기 때문에 연속적으로 인쇄가능하다. [Fig. 3 - 6]

IV. 전사용 광흡수 물질

전사 (electro-photographic) 물질로는 비정질 Se 함유물이나 Selenium alloy가 널리 이용되어 왔다. 이러한 광전도 물질은 표 1과 같은 조건을 갖추어야 한다.

표 1. Electrophotographic Photoreceptor requirements.

- A: High charge acceptance
- B: Low dark decay
- C: High photosensitivity in desired wavelength range
- D: Minimal fatigue upon rapid cycling
- E: Durability
- F: Stability to changes in temperature and humidity
- G: Nonhazardous materials
- H: Inexpensive to manufacture

Chalcogenide 광전도체는 높은 charge acceptance 를 갖고 있고, 낮은 dark decay와 값이 싸게 제조 할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 이러한 물질은 강도가 약해서 인쇄도중 흠집이 잘 생기는 단점이 있고, 유독성이 강하며

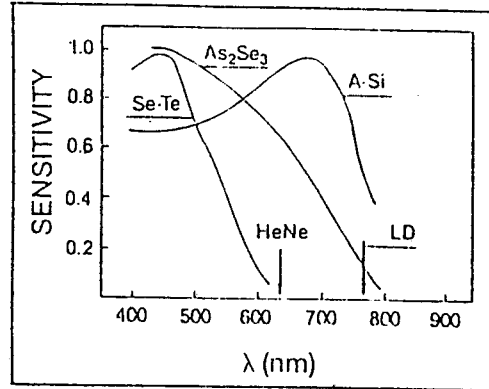


Fig. 4 Photosensitivity of photoreceptor material.

장파장에서 분광감도가 낮아서 적외선 파장에서는 사용 할 수 없다. [Fig. 4]

a-Silicon

1980년에 일본의 Shimizu 등이 비정질 실리콘 alloy를 이용하여 전사용 photoreceptor를 개발하였다. a-Si alloy는 기계적 강도가 매우 높고, 높은 광흡수율을 갖고 있기 때문에 photoreceptor로 매우 우수하다. a-Si photoreceptor는 Fig. 5 와 같이 다층구조를 갖고 있으며 바닥의 차단층은 알루미늄기판으로 부터

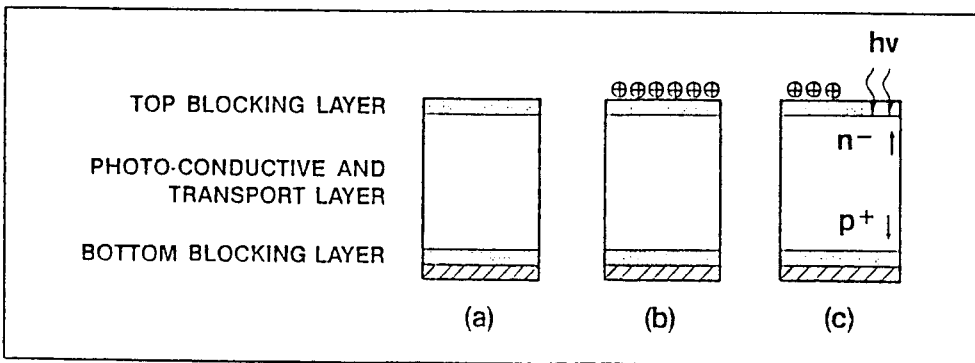


Fig. 5 Schematic illustration of the structure and electrophotographic operation of an a-Si alloy photoreceptor.

광전도 수송층으로 전하의 이동을 방지하는 역할을 하며, 보통 a-SiNx로 만들어 진다. 광전도층은 a-Si:H로 만들어지며 보통 ~10 μm 정도의 두께를 갖는다. 표면차단층은 a-SiOx 나 a-Si:C alloy 로 만들어지며 습기등에 의한 광전도층의 영향을 방지하여 준다. 이러한 a-Si:H 광전도체를 이용할 경우 다이오드 레이저의 발전과장 영역인 근적외선에서 감도가 높고, 기계적으로 강도가 크며 내열성이 높아 장시간 사용할 수 있는 이점을 갖고 있다. 인쇄량도 10만매이상 인쇄할 수 있는 것으로 알려져 있으나 제조과정에서 많은 양을 값싸게 단시간에 제조할 수 없는 단점을 갖고 있다.

유기 광전도체

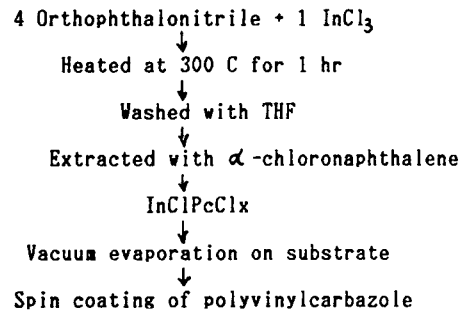
유기 광전도체는 무기 광전도체에 비하여 분자 구조의 다양성으로 인하여 종류가 다양하고, 따라서 광감도, 분광감도에 따라 광범위하게 이용 될 수 있으며 주위환경 변화에 대한 안전성이 높고 제조과정이 간편하여 양산성이 높기때문에 널리 이용되고 있다. 그러나 무기 광전도체에 비하여 광감도가 낮고 화학적 안정성이 떨어지며 기계적 강도가 약한 단점을 갖고 있기 때문에 많은 양을 인쇄하지 않은 탁상용 프린터에 많이 이용된다. 유기 광전도체에 의한 전사용 감광체는 전하생성층(CGL)과 전하수송층(CTL)으로 구성되고 corona 방전에 의하여 기판과 감광체의 표면에 전하가 분포되고 빛을 조사하면 전하생성층에서 (+), (-) 의 전하가 발생하여 전하수송층을 통하여 이동한 전하는 감광체 표면에 있는 전하와 결합하여 전기적으로 중성인 상태로 된다. 전하 생성층으로는 phthalocyanine 계통과 안료 계통의 유기 광전도체가 널리 이용되고 있으며, 전하수송층으로는 polyvinylcarbazole 등이

주로 이용된다.

V. InClPcCl를 이용한 전사용 광전도체

최근에 AlGaAs 다이오드 레이저를 이용한 레이저 프린터가 개발되었다. 다이오드 레이저를 이용하면 소형이고, 변조가 용이하고, 출력의 안정성이 매우 높기때문에 용이하다. 그러나, AlGaAs 다이오드 레이저는 발전과장이 760-850nm의 근적외선 영역이므로 이 영역에서 광흡수가 좋은 감광체가 필요하다. 이러한 근적외선 영역에서 흡수가 좋고 제작이 용이한 유기 광전도체도 금속과 결합한 phthalocyanine 계통을 전하생성층으로 한 레이저 프린터용 드럼에 대한 연구가 진행되고 있다. InClPcCl을 전하생성층으로 하고 드럼에 대한 연구가 본 실험실에서 연구중에 있다. InClPcClx의 합성은 시험실에서 표 2와 같이 orthophthalonitrile과 InCl₃을 혼합하여 300°C로 1시간동안 열처리를 하여 반응을 시킨다.

표 2. InClPcClx 의 합성 과정



합성이 된 물질을 THF 용액에 녹여서 침전시킨 후 불순물을 제거한다.

다음에 α-chloronaphthalene 용액에 녹여서 필터로 여과시킨 후 InClPcCl을 추출한다. 합성된 InClPcCl을 진공증착기에서 ~10⁻⁶ torr 정도의 진공에서 알루미늄 드럼에 0.2μm 두께로

증착시킨 다음 그 위에 PVK를 5 μ m 두께로 입히면 드럼의 제작이 완료된다.

InClPcCl은 진공중에서 약 300°C 이상에서 승화하며 진공증착을 빠른 속도로 하기 위하여 온도를 높이면 분해될 가능성이 있기 때문에 진공증착하는데 시간이 많이 걸린다.

그림 6 은 실험실에서 합성한 InClPcCl을 유리기판에 진공증착하여 분광광도계로 흡수 계수를 측정한 결과이다. 그림에서와 같이 750 - 850nm 의 다이오드 레이저의 발진파장 영역에서 높은 흡수율을 갖고 있다.

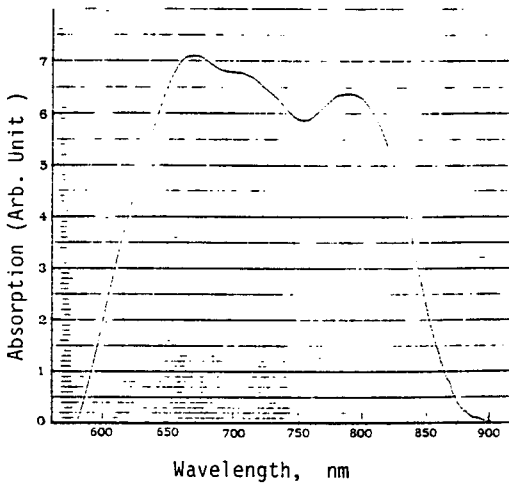


Fig. 6 Spectral absorption of InClPcClx.

VI. 結 論

본 연구실에서는 chloroindium chlorophthalocyanine 을 합성하여 진공증착실험을 수행중에 있으며, 특히 드럼 전체면에 대하여 균일한 두께를 얻기위하여 증착장치를 개선하고 있다. 또한 알루미늄을 다이아몬드 가공법으로 가공제작하여 기계적인 특성실험을 수행하고 있다. 가공된 알루미늄 드럼의 표면을 산화 처리하여 산화피막을 입히고 그 위에 전하 생성층으로 chloroindium chlorophthalocyanine 을 진공증착시킨다. 다음에 전하 수송층으로 polyvinylcarbazole 의 막을 형성시키면 드럼의 제작이 완료된다.

* 본 연구는 상공부 "공업기반 기술개발 사업" 의 일환으로 수행중임.

참 고 문 헌

1. Shimizu, S. Shirai and E. Inoue, J. Appl. Phys. 52, 2776(1981).
2. A. T. Davidson, J. Chem. Phys. 77, 168(1982).
3. K. Arishima, H. Hiratsuka, A. Tate and T. Okada, Appl. Phys. Lett. 40, 279(1982).
4. J. Mort et al., J. Appl. Phys. 55, 3197(1984).