

논문 93-04

## 영상센서를 위한 a-Si : H 광다이오드의 제작 및 특성

朴昱東\*, 金基完\*

## Fabrication and Characteristics of a-Si : H Photodiodes for Image Sensor

Wug Dong Park and Ki Wan Kim

## 요 약

본 연구에서는 영상센서를 위해 a-Si : H 광다이오드를 제작하고 그 특성을 조사하였다. a-SiN : H와 p-a-Si : H막의 차단층이 없는 ITO/a-Si : H/Al 광다이오드의 광감도는 5 V의 인가전압에서 0.7로 나타났으며 가시광영역에서의 분광감도는 620 nm의 파장에서 가장 높게 나타났다. ITO/a-SiN : H/a-Si : H/p-a-Si : H/Al 광다이오드의 암전류는 정공차단막과 전자차단막의 작용으로 인하여 10 V의 인가전압까지 1.5 pA이하로 억제되었다. 또한 광감도는 3 V의 인가전압에서 약 1로 가장 높게 나타났으며 분광감도는 540 nm의 파장에서 최대응답을 보였다.

## Abstract

a-Si : H photodiodes for image sensor have been fabricated and characterized. Photosensitivity of a ITO/a-Si : H/Al photodiode without blocking layer was 0.7 under the applied voltage of 5 V and peak spectral sensitivity in visible region was found at 620 nm. Dark current of ITO/a-SiN : H/a-Si : H/p-a-Si : H/Al photodiode was suppressed by hole blocking layer and electron blocking layer at the value of lower than 1.5 pA to the applied voltage of 10 V. Also maximum photosensitivity was about 1 under the applied voltage of 3 V and peak spectral sensitivity was found at 540 nm.

## I. 서 론

현대사회가 점차 정보화시대로 나아감에 따라 대량의 정보를 처리하기 위한 소형, 저가격 및 고속의 성능을 가진 영상센서에 대한 수요가 증대되고 있다. 밀착형 영상센서는 축소용의 광학 렌즈시스템을 필요로 하지 않으므로 소형으로 제작할 수 있다는 큰 장점을 갖고 있다.<sup>[1-4]</sup> 팩시밀리를 위한 밀착형 영상센서의 광감지 재료로는 CdS,<sup>[1]</sup> CdS-CdSe,<sup>[2,4]</sup> Se-As-Te<sup>[5]</sup> 및 a-Si : H<sup>[6-10]</sup> 등이 있으며 특히 a-Si : H는

가시광 영역에서의 광흡수계수와 광전도도가 클 뿐 아니라 생산성과 재료의 안정성이 우수하여 널리 이용되고 있다.<sup>[11-13]</sup>

영상센서는 광전변환 모드에 따라 광도전형과 광축적형으로 구분된다.<sup>[1,3,10]</sup> 광도전형은 광에 의한 전기저항의 변화를 전류변화로 바꾸어 신호를 검출한다. a-Si : H층의 한쪽 또는 양쪽에 차단접촉(blocking contact)을 갖는 축적형은 광도전형에 비해 캐리어의 주입이 없기 때문에 신호전류는 작지만 광응답속도가 빠르다는 장점이 있다.<sup>[1,6,7,10,14,15]</sup>

본 연구에서는 밀착형 영상센서를 위해 a-SiN : H를 정공차단층(hole blocking layer), p-a-Si : H(boron-doped a-Si : H)를 전자차단층(electron blocking layer)으로 이용한 ITO/a-SiN : H/a-Si : H/p-a-Si : H/Al 구조의 광다이오드를 제작하고 그 특성을 조사하였다.

\* 正會員 : 慶北大學校 電子工學科  
(Dept. of Electronics, Kyungpook Nat'l Univ.)  
<접수일자 : 1993년 3월 3일>

## II. 실험 및 측정

### 1. 광다이오드의 제작

a-SiN:H를 정공차단막, p-a-Si:H를 전자차단막으로 이용한 a-Si:H 광다이오드의 단면도는 그림 1과 같다. 광에 민감한 a-Si:H막은 ITO( $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ ) 투명전극과 Al 전극사이에 샌드위치구조로 되어 있고 ITO는 양으로 바이어스된다. 전자와 정공의 쌍은 a-SiN:H막의 계면근처에서 광에 의해 생성되며 전자는 a-SiN:H를 터널링(tunneling)하고 정공은 Al 전극쪽으로 이동한다. 이 때 a-SiN:H로 인해 ITO 전극으로부터 정공의 주입이 억제되며 p-a-Si:H는 Al 전극으로부터 전자의 주입을 차단한다.

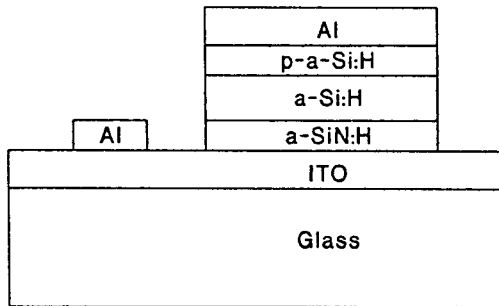


그림 1. a-Si:H 광다이오드의 단면도  
Fig. 1. Cross-sectional view of a a-Si:H photodiode.

광다이오드의 기판으로는 유리(Corning 7059)를 선택하여 사용하였다. 이 유리기판 위에 광다이오드의 하부공통전극을 위해 전자선 가열 증착기(Varian 3118)를 이용하여 ITO 투명전극을 증착하였다.<sup>[16]</sup> 이 때 증착된 ITO막은 두께가 약 1000 Å으로 가시광 영역에서의 광투과율은 87~99%였고 면저항은 약 12 Ω/□였다. 이 ITO막 위에 RF(13.56MHz) 글로우방전 장치(Anelva Co. SPF-210B)로 사일렌( $\text{SiH}_4$ )과 암모니아( $\text{NH}_3$ )의 혼합가스를 RF 글로우방전 분해시켜 a-SiN:H막(300 Å)을 증착하였다. a-Si:H막(6000 Å)과 p-a-Si:H막(1000 Å)은 사일렌과 수소( $\text{H}_2$ )의 혼합가스 및 사일렌과 다이보렌( $\text{B}_2\text{H}_6$ )의 혼합가스를

이용하여 증착하였다. a-SiN:H막과 a-Si:H막의 증착시 기판온도는 250 °C, RF 전력은 20 W,  $\text{SiH}_4$  유량은 40 sccm, 가스압력은 300 mTorr로 하였다. 또한 a-SiN:H막의  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  비는 10, p-a-Si:H막의  $\text{B}_2\text{H}_6/\text{SiH}_4$  비는  $10^{-3}$ 이었다. 다음으로는 상부전극을 위해 2000 Å 두께의 Al을 진공증착하였다. a-Si:H막과 p-a-Si:H막의 증착시 사일렌 가스와 다이보렌 가스는 아르곤(Ar) 가스에 각각 10%와 1%로 희석된 것을 사용하였다.

### 2. 측정

증착된 단층막들의 두께 및 굴절률은 Å-interferometer(Varian 980-4000), α-step(Tencor 100) 및 ellipsometer(Gaertner L116B)로 측정하였다. 광다이오드의 전류-전압특성은 미소전류계(Electrometer, Keithley 617)로 측정하였고 광원은 100 mW/cm<sup>2</sup>의 광도를 갖는 표준 텅스텐-할로젠 램프를 사용하였다. 또한 분광감도특성은 단색광도계(Monochrometer, Jarrell-Ash Co.)와 미소전류계를 이용하여 측정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. ITO/a-Si:H/Al 구조의 특성

a-Si:H 광도전막의 두께를 1 μm으로 하여 제작한 ITO/a-Si:H/Al 구조의 광다이오드의 전류-전압특성은 그림 2와 같다. 암상태의 경우 인가전압이 1 V에서 4 V로 증가함에 따라 광다이오드의 암전류는 5 pA에서 0.2 nA정도로 크게 증가하다가 8 V의 인가전압까지는 1 nA이하의 암전류를 나타내었다. 그러나 인가전압이 9 V이상으로 증가함에 따라 암전류는 다시 증가하였다. 이러한 암전류의 증가는 정공 및 전자차단층이 없으므로 인해 ITO 및 Al전극쪽에서의 캐리어의 주입에 기인한 때문으로 생각된다.<sup>[14,15,17]</sup> 한편 100 lux에서 a-Si:H 광다이오드의 광전류는 인가전압이 1 V에서 4 V로 증가함에 따라 0.1 nA에서 100 nA정도로 크게 증가하였으며 그 이상의 인가전압에서 광전류의 증가정도는 조금 낮게 나타났다.

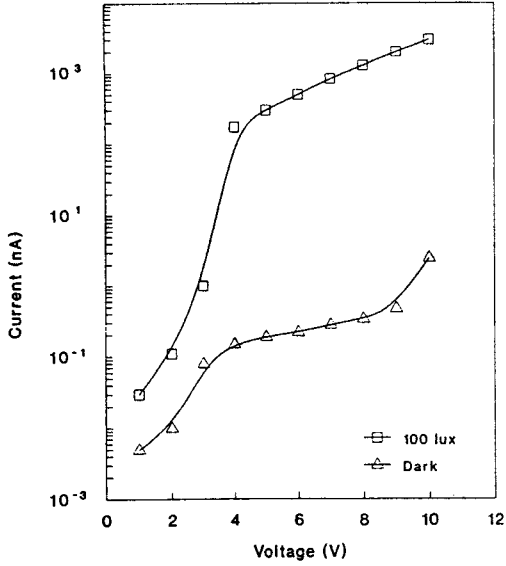


그림 2. ITO/a-Si : H/Al 광다이오드의 전류-전압특성

Fig. 2. Current-voltage characteristics of ITO/a-Si : H/Al photodiode.

광다이오드의 인가전압을 5 V로 고정하고 광의 세기를 10 lux에서 100 lux로 증가시키면서 측정된 광전류의 변화는 그림 3과 같다. 광다이오드의 광감도는 조도(L)의 변화에 따른 광전류(I)의 변화로서 다음과 같이 정의된다.

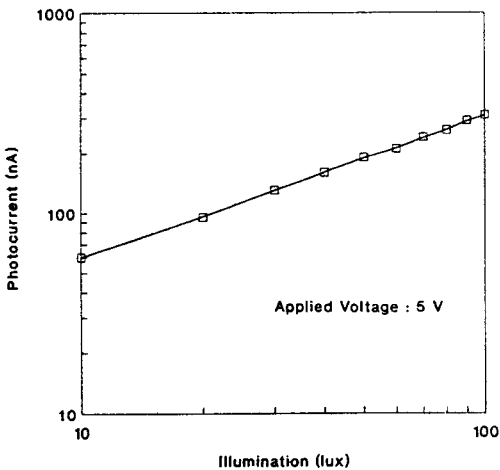


그림 3. ITO/a-Si : H/Al 광다이오드의 광감도특성  
Fig. 3. Photosensitivity characteristic of ITO/a-Si : H/Al photodiode.

$$\gamma = \frac{\Delta \ln(I)}{\Delta \ln(L)}$$

이 특성으로부터 구한 ITO/a-Si : H/Al 광다이오드의 광감도는 약 0.7 정도로 나타났다.

ITO/a-Si : H/Al 광다이오드의 분광감도특성은 그림 4와 같으며 파장 620 nm에서의 광전류를 1로 하고 각 파장에 따른 상대감도를 나타낸 것이다. 장파장에서 광전류의 감소는 a-Si : H막의 광흡수의 감소에 의한 것이고, 단파장에서 광전류의 감소는 표면의 수백 Å내에서 광흡수에 의해 발생된 캐리어가 표면 근처의 트랩에 의해서 재결합하기 때문인 것으로 생각된다.<sup>[18]</sup>

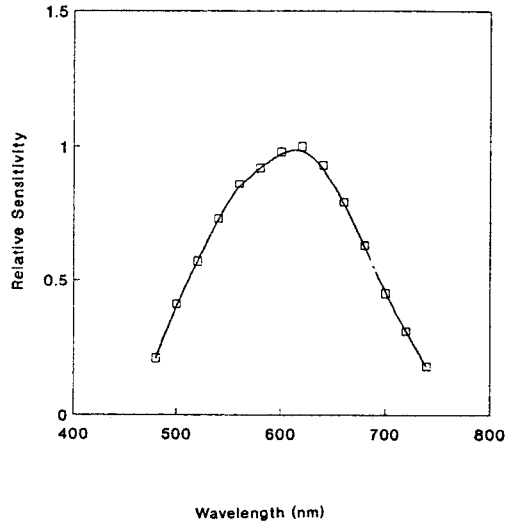


그림 4. ITO/a-Si : H/Al 광다이오드의 분광감도특성  
Fig. 4. Spectral response characteristic of ITO/a-Si : H/Al photodiode.

## 2. ITO/a-SiN : H/a-Si : H/p-a-Si : H/Al 구조의 특성

ITO/a-SiN : H/a-Si : H/p-a-Si : H/Al 구조의 광다이오드의 전류-전압특성은 그림 5와 같다. 이 때 a-SiN : H 정공차단막, a-Si : H 광도전막 그리고 p-a-Si : H 전자차단막의 두께는 각각 300 Å, 6000 Å 그리고 1000 Å으로 하였다. 광다이오드에 광을 조사하지

않은 경우 광다이오드의 암전류는 인가전압이 10 V로 증가할 때까지 1.5 pA 정도로 아주 낮게 나타났다. 이것은 a-SiN:H와 p-a-Si:H 차단막이 ITO와 Al 전극에서 주입되는 캐리어를 효과적으로 차단시켰기 때문으로 생각된다.<sup>[6,12]</sup> 한편 10 lux와 100 lux에서 측정된 광전류는 인가전압 5 V에서 각각 110 nA와 800 nA였다.

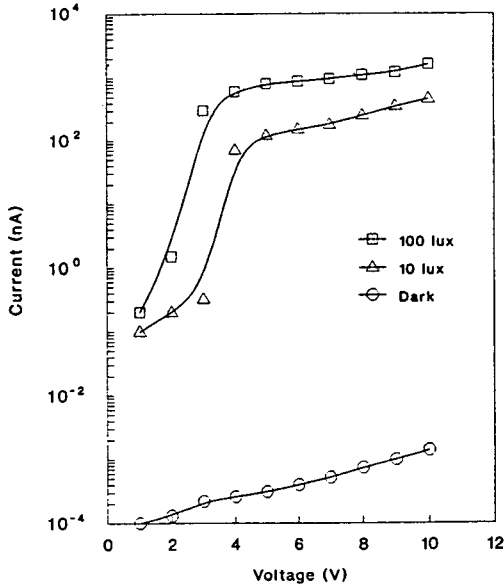


그림 5. ITO/a-SiN:H/a-Si:H/p-a-Si:H/Al 광다이오드의 전류-전압특성

Fig. 5. Current-voltage characteristics of ITO/a-SiN:H/a-Si:H/p-a-Si:H/Al photodiode.

광다이오드의 인가전압을 3 V로 고정하고 광의 세기를 10 lux에서 1000 lux로 증가시키면서 측정된 광전류의 변화는 그림 6과 같다. 이 특성으로부터 구한 ITO/a-SiN:H/a-Si:H/p-a-Si:H/Al 광다이오드의 광감도는 약 1정도로 ITO/a-SiN:H/Al 구조에 비해 크게 증가하였다. 이것은 a-SiN:H 정공차단막 및 p-a-Si:H 전자차단막의 작용으로 광다이오드의 암전류가 억제되었기 때문으로 생각된다.

ITO/a-SiN:H/a-Si:H/p-a-Si:H/Al 광다이오드의 분광감도특성은 그림 7과 같다. 파장 540 nm에서의 광전류를 1로 하고 각 파장에 따른 상대감도를 나타낸 결과 ITO/a-SiN:H/Al 광다이오드에 비해 단파장에서의 분광감도가 증가하였다. 이것은 a-SiN:H막이 ITO막으로부터의 정공의 주입을 차단시켜 이 영역에

서 높은 전장을 유지함으로써 정공의 수송이 향상되었기 때문으로 생각된다.<sup>[19]</sup>

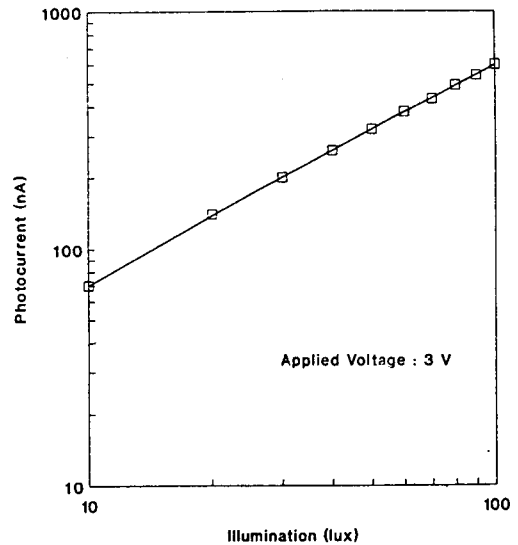


그림 6. ITO/a-SiN:H/a-Si:H/p-a-Si:H/Al 광다이오드의 광감도특성

Fig. 6. Photosensitivity characteristic of ITO/a-SiN:H/a-Si:H/p-a-Si:H/Al photodiode.

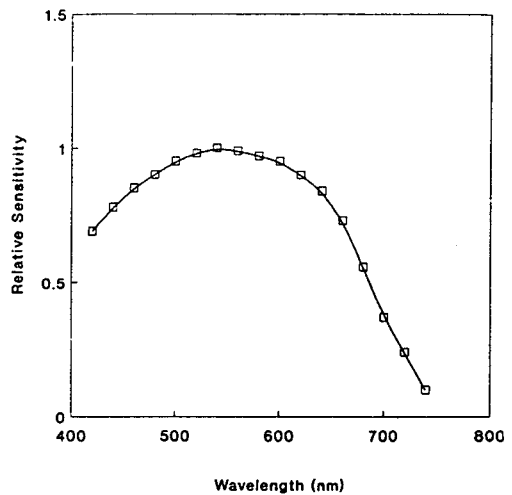


그림 7. ITO/a-SiN:H/a-Si:H/p-a-Si:H/Al 광다이오드의 분광감도 특성

Fig. 7. Spectral response characteristic of ITO/a-SiN:H/a-Si:H/p-a-Si:H/Al photodiode.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 영상센서를 위해 ITO/a-Si:H/Al 구조의 광다이오드와 ITO/a-SiN:H/a-Si:H/p-a-Si:H/Al 구조의 광다이오드를 제작하고 그 특성을 조사하였다. a-Si:H와 p-a-Si:H막의 차단층이 없는 ITO/a-SiN:H/Al 구조 광다이오드의 광감도는 5 V의 인가 전압에서 0.7로 나타났으며 분광감도는 620 nm의 파장에서 최대 감도를 나타내었다.

한편 ITO/a-SiN:H/a-Si:H/p-a-Si:H/Al 광다이오드의 전류-전압특성을 조사한 결과 암전류는 차단막의 작용으로 인하여 10 V의 인가전압까지 1.5 pA 이하로 억제되었다. 광감도는 3 V의 인가전압에서 약 1 정도로 가장 높게 나타났으며 이 값은 팩시밀리용 영상센서에 요구되는 0.7 이상의 조건을 충분히 만족시킨다. 또한 분광감도특성은 540 nm의 파장에서 최대값을 보였고 ITO/a-SiN:H/Al 구조의 광다이오드에 비해 단파장영역에서의 특성이 크게 향상되었다. 이러한 a-Si:H 광다이오드의 특성은 고성능 밀착형 영상센서의 응용에 적합하리라 생각된다.

#### 참 고 문 헌

[ 1 ] Y. Hatate and H. Ohta, "Recent trends of contact type linear image sensor," *ラレビシヨソ學會誌*, vol. 38, no. 6, pp. 512-519, 1984.

[ 2 ] N. Yukami *et al.*, "High speed contact-type linear image sensor using CdS<sub>0.2</sub>Se<sub>0.8</sub> thin film," *National Technical Report*, vol. 31, no. 2, pp. 170-177, 1985.

[ 3 ] K. Yamaguchi *et al.*, "Contact-type image sensor by bipolar ICs," *National Technical Report*, vol. 31, no. 2, pp. 179-187, 1985.

[ 4 ] K. Komiya *et al.*, "A 2048-element contact type linear image sensor for facsimile," *IEDM Tech. Dig.*, pp. 309-312, 1981.

[ 5 ] T. Tsukada *et al.*, *IEDM Tech. Dig.*, pp. 546-548, 1977.

[ 6 ] S. Kaneko *et al.*, "Amorphous Si:H contact linear image sensor with Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> blocking layer," *IEDM Tech. Dig.*, pp. 328-331, 1982.

[ 7 ] M. Hayama, "Characteristics of p-i junction amor-

phous silicon stripe-type photodiode array and its application to contact image sensor," *IEEE Trans. on Electron Devices*, vol. 37, no. 5, pp. 1271-1279, 1990.

[ 8 ] T. Hamano *et al.*, "An amorphous Si high speed linear image sensor," *Japan. J. Appl. Phys.*, vol. 21, suppl. 22-1, pp. 245-249, 1982.

[ 9 ] M. Kunii *et al.*, "Performance of a high-resolution contact-type linear image sensor with a-Si:H/a-SiC:H heterojunction photodiodes," *IEEE Trans. on Electron Devices*, vol. 36, no. 12, pp. 2877-2881, 1989.

[ 10 ] K. Rosan, "Hydrogenated amorphous-silicon image sensors," *IEEE Trans. on Electron Devices*, vol. 36, no. 12, pp. 2923-2927, 1989.

[ 11 ] Y. Hamakawa., *Amorphous semiconductor technologies and devices*, OHM · North-Holland, Tokyo, Osaka, Kyoto, Amsterdam and New York, pp. 199-210, 1982.

[ 12 ] J. I. Pankove, *Semiconductors and semimetals*, Academic Press, Inc., Orlando, San Diego, New York and London, vol. 21, part D, pp. 139-159, 1984.

[ 13 ] R. L. Weisfield, "Amorphous silicon linear array device technology : applications in electronic copying," *IEEE Trans. on Electron Devices*, vol. 36, no. 12, pp. 2935-2939, 1989.

[ 14 ] Y. Hamakawa., *Amorphous semiconductor technologies and devices*, OHM · North-Holland, Tokyo, Osaka, Kyoto, Amsterdam and New York, pp. 264-276, 1982.

[ 15 ] Y. Hamakawa., *Amorphous semiconductor technologies and devices*, OHM · North-Holland, Tokyo, Osaka, Kyoto, Amsterdam and New York, pp. 288-299, 1983.

[ 16 ] D. H. Lee *et al.*, "The application and electrical, optical properties of In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Sn transparent conducting films," *J. Korea Inst. Electron. Eng.*, vol. 23, no. 4, p. 80, 1986.

[ 17 ] J. I. Pankove, *Semiconductors and semimetals*, Academic Press, Inc., Orlando, San Diego, New York and London, vol. 21, part D, pp. 75-88,

1984.

- [18] R. H. Bube, *Photoconductivity of solids*, Robert E. Krieger Publishing Co., Huntington and New York, pp. 129-132, 1978.

- [19] S. Oda et al., "The role of the blocking structure in hydrogenated amorphous silicon vidicon targets," *J. Appl. Phys.*, vol. 52, no. 12, pp. 7275-7280, 1981.

---

著 者 紹 介

---



**朴 昱 東**

1963년 1월 8일생. 1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1988년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1988년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과

정 재학중. 주관심분야: 반도체 물성 및 이미지센서 등임.



**金 基 完**

1935년 12월 1일생. 1959년 2월 연세대학교 물리학과 졸업(이학사). 1961년 2월 연세대학교 대학원 물리학과 졸업(이학석사). 1983년 8월 부산대학교 대학원 물리학과 졸업(이학박사). 1978

년 8월~1979년 8월 Imperial College of S & T. 방문교수. 1974년~현재 경북대학교 전자공학과 교수. 1992년 3월~현재 경북대학교 공과대학 학장. 주관심분야: 박막EL, 박막트랜지스터 및 이미지 센서 등임.