

폴리이미드막표면위에 경사진 자외선 조사를 이용한 네마틱 액정의 배향에 관한 연구



A Study on Alignment of Nematic Liquid Crystal by Using Slanted Non-polarized Ultraviolet Light Irradiation on Polyimide Film

서대식*, 황윤연*, 이보호*

(Dae-Shik Seo, Lyul-Yeon Hwang, and Bo-Ho Lee)

Abstract

In this paper, we developed the new non-rubbing liquid crystal (LC) alignment techniques in the cell with slanted non-polarized ultraviolet (UV) light irradiation on polyimide (PI) film. It is shown that the uniform alignment for nematic (N) LC is obtained by using slanted non-polarized UV light irradiation on PI surface. We successfully obtained that the pretilt angle of NLC is generated about 3.3 degree in the cell with slanted non-polarized UV light irradiation with 70 degree on PI surface, for the first time. It is considered that the pretilt angle generation in NLC is attributed to interaction between the LC molecular and the PI, which is broken the polymer by slanted non-polarized UV irradiation. Therefore, we concluded that the uniform LC alignment is attributed to anisotropic dispersion force effect due to photo depolymerization with slanted non-polarized UV light irradiation on PI surface.

Key Words(중요 용어) : Nematic liquid crystal (네마틱액정), Polyimide film (폴리이미드막), Rubbing (러빙), Non-rubbing (년러빙), Pretilt angle (프리틸트각), Ultraviolet light(자외선)

1. 서 론

액정디스플레이 (LCD : liquid crystal display) 소자는 저소비전력, 고화질, 평판, 경량 등의 특성을 살려 지금까지 브라운관(CRT : cathod ray tube)으로서는 만들 수 없었던 전자 수첩이나 펜입력형 컴퓨터 등에 사용되고 있으며, 휴대용 TV, 노트북 등에도 상품화가 되고 있다. LCD에 있어서 고체기판위에 액정분자를 균일하게 배열시키는 액정배향은 LCD의 전기광학특성 등에 중요한 역할

을 하며, 소자의 성능 향상에도 매우 큰 기여를 하고 있다. 즉, 액정배향의 기구를 이해함으로써 새로운 배향막의 개발, LCD의 표시 성능의 향상, 그리고 새로운 정보 표시 소자의 개발 등이 가능하다.

액정배향에 있어서 액정분자를 일정하게 배열시키기 위해서는 반드시 고분자막 표면에 이방성을 주는 것이 필요하다. 그리고 기판 표면 위에 액정분자의 경사진 각도를 나타내는 프리틸트각 (pretilt angle) 은 TN (twisted nematic)-LCD 소자에 있어서 도메인의 불연속, 즉 역방향으로 기울어진 도메인을 나타내는 디스클리네이션 (reverse tilted disclination) 등의 결함을 방지하는 역할을 하며, 소자의 응용에 중요한 기여를 하고 있다.^{2,6)}

* : 숭실대학교 공대 전기공학과

접수일자 : 1997년 3월 2일

심사완료 : 1997년 5월 16일

LCD의 액정배향법으로는 고분자막 위를 섬유질 등으로 한 쪽 방향으로 문지름으로써 그 방향으로 액정분자를 배열시키는 방법인 러빙법 (rubbing method) 이 대표적으로 알려져 있다.^{2,6)} 이 러빙법은 배향처리가 간편하고, 배향이 안정하며, 대량생산에 적합하여 LCD 제조 공정에는 현재까지 거의 이 방법이 쓰이고 있다. 그러나, 이 방법은 러빙시에 발생하는 먼지나 정전기의 문제 등으로 인하여 이전부터 너러빙법(non-rubbing method)에 의한 액정배향 기술이 요구되어 왔다.⁷⁾

너러빙 액정배향법은 폴리이미드 (PI) 를 유리기판 위에 Langmuir-Blodgett (LB) 법을 이용하여 박막을 형성하고, 그 위에 액정분자를 한 쪽 방향으로 배열시키는 PI-LB 법의 연구에 의하여 그 중요성이 인식되어 왔다.^{8,9)}

러빙하지 않는 방법을 이용하여 액정분자를 배열시키는 광배향법은 특정한 파장에서 반응하는 색소 분자를 고분자막에 혼합하여 만든 폴리이미드막을 사용하여 제작한 액정셀에 편광된 레이저 광을 조사시키면, 조사된 편광 방향과 직교 방향으로 액정분자가 배열하는 광이성화법에 의한 액정배향으로 W.M. Gibbons 등에 의하여 제안되었다.¹⁰⁾ 또한, Hasegawa 등에 의하여 폴리이미드막 기판 표면 위에 편광된 자외선을 조사시켜 편광된 방향과 직교 방향으로 액정분자를 배열시키는 광분해에 의한 액정배향법이 제안되었다.¹¹⁾

본 연구에서는 폴리이미드막 표면 위에 경사진 UV를 조사시켜 액정분자를 균일하게 한 쪽 방향으로 배열시킬 수 있는 UV 조사 배향법을 이용한 새로운 너러빙 액정 기술을 개발하였으며 이 방법을 이용한 액정셀의 제작, 액정배향 상태의 평가, 그리고 액정의 프리틸트각의 발생 등에 관하여 연구 보고하였다.

2. 실험

본 연구에서 사용한 폴리이미드는 일반적으로 LCD 소자에 많이 사용되고 있는 족쇄를 가지지 않는 배향제 (Nissan Chemical Industries Co., Ltd. 제공) 를 사용하였다. ITO 전극이 형성된 유리기판 위에 스펀 코팅법을 이용하여 배향제를 균일하게 코팅한 후, 오븐에서 250 °C에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 제작하였다. 폴리이미드막 위에 랜덤한 경사진 UV를 조사하는 방법을 그림 1에 나타낸다. 광원은 자외선 램프를 사용하였으며 UV의 파장 영역은 365 nm이다. UV는 3시간 동안 조사하였으며, 램프와 기판과의 거리는

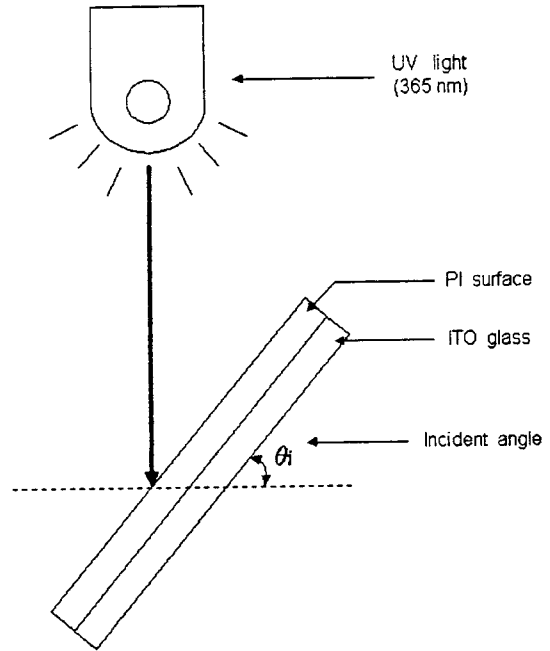


그림 1. 사용된 UV 조사 장치.

Fig. 1. Used UV irradiation system on polyimide surface.

30 cm 이다.

액정셀의 제작은 UV 조사의 입사각을 기준으로 서로 반대 방향으로 셀을 제작하고 두께는 약 50 μm로 조절하여 셀을 제작하였다. 사용한 액정은 네마틱 액정(네마틱-등방상태의 상전이 온도 : 91 °C)으로 110 °C로 조절된 핫 플레이트 위에서 등방(isotropic) 상태에서 주입하고 30분간 유지한 후, 냉각시켜 네마틱 액정상태로하여 액정셀을 완성하

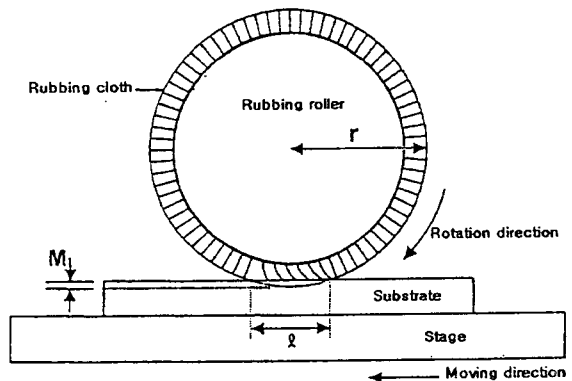


그림 2. 사용된 러빙기의 개략도 .

Fig. 2. Schematic diagram of used rubbing machine.

였다. 그리고 UV를 조사하여 제작한 액정셀과 러빙처리한 액정셀과의 프리틸트각을 비교하기 위하여 러빙처리한 액정셀을 제작하였다. 사용한 러빙기의 구조를 그림 2에 나타내었다. 러빙의 강약을 나타내는 러빙강도(RS)는, 다음과 같이 정의된다.^{4,5)}

$$RS = NM \left(\frac{2\pi r n}{V} - 1 \right)$$

여기서, N은 러빙한 회수, M은 섬유질의 끝과 기관의 접촉 거리, n은 러빙롤러의 회전수(1000/60 S⁻¹), V는 기관의 이동 속도(7.0 mm/s), r은 러빙롤러의 반경을 나타낸다. 여기에서는 러빙강도에 가장 큰 기여를 하는 섬유 표면과 기관과의 접촉 거리인 M을 변화시켜서 러빙강도를 변화시켰다. 실제로, 단위면적당 러빙에 의한 일의 양 W는 W = a · RS 이며 RS에 비례한다. 여기서 a는 마찰계수를 나타낸다. 즉, 러빙강도인 RS를 변화시켜 줌으로써 실제의 일 W를 변화시킬 수 있다. 본 연구에서 광배향법을 이용한 액정셀과 러빙법을 이용한 액정셀에 있어서의 프리틸트각을 비교하기 위하여 러빙에 의한 액정셀을 제작하였다. 사용한 러빙조건은 섬유질의 표면과 기관과의 접촉 거리인 M이 0.5mm이고, RS는 262mm이다. 그리고, 사용한 러빙회수는 1회이다.

액정배향의 상태를 평가하기 위하여 편광현미경을 사용하여 배향상태를 관찰하였다. 그리고, 네마틱 액정의 프리틸트각은 결정회전법 (crystal rotation method)¹²⁾을 이용하여 실온에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 폴리이미드막 표면 위에 경사진 UV를 조사한 배향막을 사용한 액정셀의 네마틱 액정의 편광 현미경 사진을 나타낸다. 그림 3에서 편광현미경의 관찰시, 2개의 편광자를 직교로 하고 그 사이에 액정셀을 둔 상태에서 액정배향 상태를 평가하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 폴리이미드막 표면 위에 경사진 UV를 조사시키는 방법으로 제작된 셀의 네마틱 액정의 배향상태는 매우 양호하며, 액정셀 전체에서 균일한 액정배향을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 프리틸트각이 작을 때에 나타나는 디스클리네이션 등의 결함이 없이 균일한 배향을 얻을 수 있다.

폴리이미드막에 UV를 경사지게 조사한 액정셀의

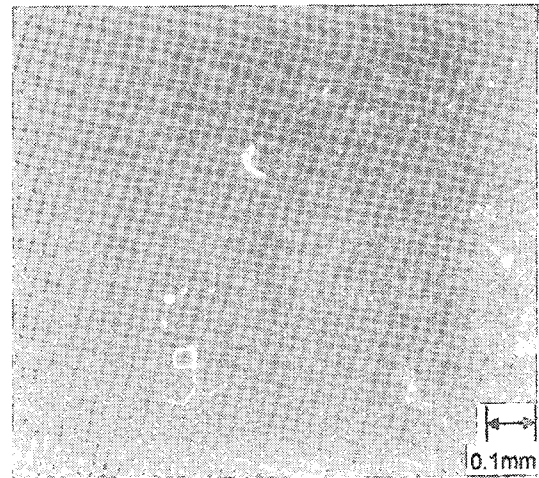


그림 3. 폴리이미드막에 UV를 경사지게 조사한 액정셀에 있어서의 편광현미경 사진. (편광자는 직교).

Fig. 3. The microscopic textures of aligned NLC in the cell with slanted non-polarized UV light irradiation on PI surface (in crossnicols).

결정회전법을 이용하여 측정한 네마틱 액정의 프리틸트각 측정의 예를 그림 4에 나타낸다. 그림 4(a)는 투과율의 대칭이 되는 각도가 0° 부근에 있음을 알 수 있다. 이 액정셀은 랜덤한 경사진 UV의 조사 각도가 40° 일 때이며 액정의 프리틸트각을 계산하면 0.08° 를 나타낸다. 그림 4(b)는 기관에의 랜덤한 경사진 UV의 조사 각도가 70° 일 때이며, 액정의 프리틸트각을 계산하면 3.3° 로 큰 값을 나타내었다.

그림 5에 폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 프리틸트각과 UV 조사 각도와의 관계를 나타내었다. UV의 조사 각도가 70° 일 때 프리틸트각이 약 3° 정도로 가장 큰 프리틸트각을 얻을 수 있었다. 그리고, 같은 배향막을 러빙한 액정셀에 있어서는 액정의 프리틸트각이 약 4° 정도로 나타내었다. 이 결과들로부터, 폴리이미드막 표면 위에 UV를 경사지게 조사함으로써 프리틸트각을 발생시킬 수 있음을 알 수 있다. 그리고 액정셀의 두께도 약 50 μm로 상당히 두꺼우며 이러한 액정셀 두께에서도 액정배향이 균일하게 얻을 수 있는 것은 배향막의 표면 위에 액정분자가 비교적 강하게 배열되어 있음을 알 수 있다. 이 액정셀에서 얻어진 액정의 프리틸트각은 LCD 소자에 응용 가능한 크기이며 러빙 액정배향법을 이용한 LCD 소자의 실현이 가능하다는 것을 나타낸다.

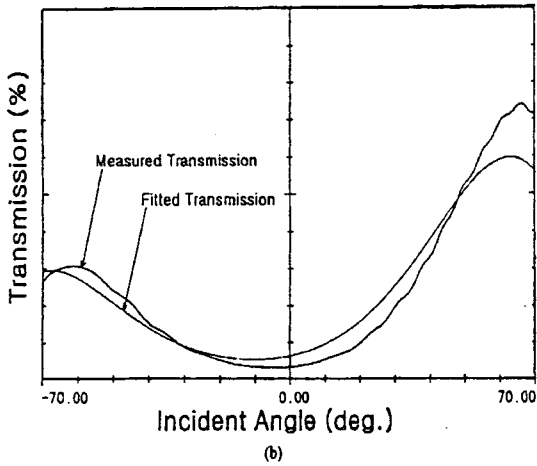
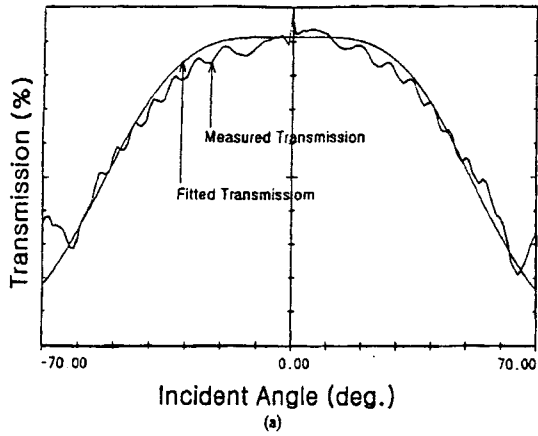


그림 4. 액정의 프리틸트각의 측정에 있어서 투과율과 입사 각도와와의 관계.
(a) UV 조사 각도가 40° 일 때,
(b) UV 조사 각도가 70° 일 때.

Fig. 4. The transmission versus incident angle in pretilt angle measurement.
(a) at 40° of UV irradiation angle;
(b) at 70° of UV irradiation angle.

고체 기관 위에서의 액정배향에 관한 기구로는 여러 가지가 알려져 있으며¹³⁾ 본 연구에서의 액정배향 효과는 다음과 같이 생각할 수 있다.

폴리이미드막 표면 위에 UV를 경사지게 조사한 액정셀에 있어서의 네마틱 액정의 균일한 배향은 UV 조사에 의하여 고분자의 알킬기 등이 부분적으로 절단되어 그 부분에 액정분자가 침투하고, 그리고 폴리이미드막 표면 위에 복굴절이 발생하고, 그 방향으로 액정분자가 배열되는 것으로 생각되어진다. 즉, 고분자막이 UV 조사에 의해 부분적인

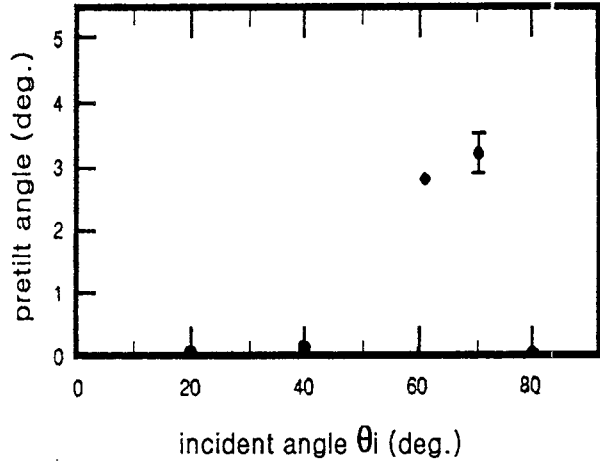


그림 5. 폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 프리틸트각과 UV 조사 각도와와의 관계.
Fig. 5. The pretilt angle versus incident angle of UV light irradiation in NLC.

절단으로 액정분자가 배열되는 것으로 생각할 수 있다. 그리고 고분자가 절단되는 것을 라디칼(radical)이라 하며, 이러한 라디칼이 액정배향에 기인한 것으로 생각할 수 있다.

이러한 액정배향의 기구를 그림 6에 나타낸다. 폴리이미드는 헬리칼(helical)로 연속적으로 이어져 있고, 축과 축과의 길이는 약 30 Å으로 네마틱 액정분자의 길이가 거의 같은 정도이다.¹⁴⁾ 즉, UV 조사에 의하여 고분자의 일부분이 절단되어 라디칼이 발생하고 그 부분에 액정분자가 침투되는 것으로 해석할 수 있다. 그리고, 라디칼이 형성되는 것은 러빙법에서도 일어나며 이것은 폴리이미드막의 표면에 이방성을 주는 요인으로 생각할 수 있으며, 액정배향에 중요한 기여를 하는 것으로 생각되어진다.

폴리이미드막 표면을 러빙 하였을 때의 라디칼의 발생과 액정배향의 기구를 그림 7에 나타낸다. 그림 7 (a)는 폴리이미드막을 러빙 하지 않았을 때의 상태이다. 그림 7 (b)는 폴리이미드막을 약하게 러빙하였을 때의 헬리칼이 비대칭으로 기울어져 있으며 러빙에 의해 일부분이 절단되어 액정분자가 배열되어 있다. 그림 7 (c)는 폴리이미드막을 강하게 러빙하였을 때의 헬리칼이 비대칭으로 많이 기울어지며 강한 러빙에 의해 절단 부분이 증가한다. 그래서, 폴리이미드막이 측쇄형일 경우 러빙이 강할수록 프리틸트각이 감소 하는 현상을 나타낸다. 즉, 폴리이미드막에서는 헬리칼의 기울기

와 고분자의 측쇄모양 및 길이 등에 의하여 프리틸트각이 발생한다고 생각할 수 있다. 그러나, 폴

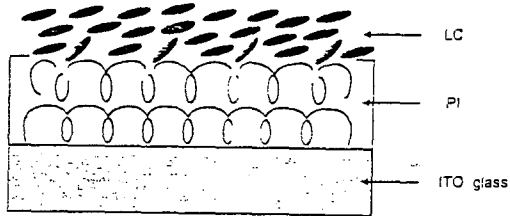


그림 6. 폴리이미드막에 경사진 UV 조사를 이용한 액정셀에 있어서의 액정배향.

Fig. 6. The liquid crystal alignment in the cell with slanted non-polarized UV light irradiation on PI surface.

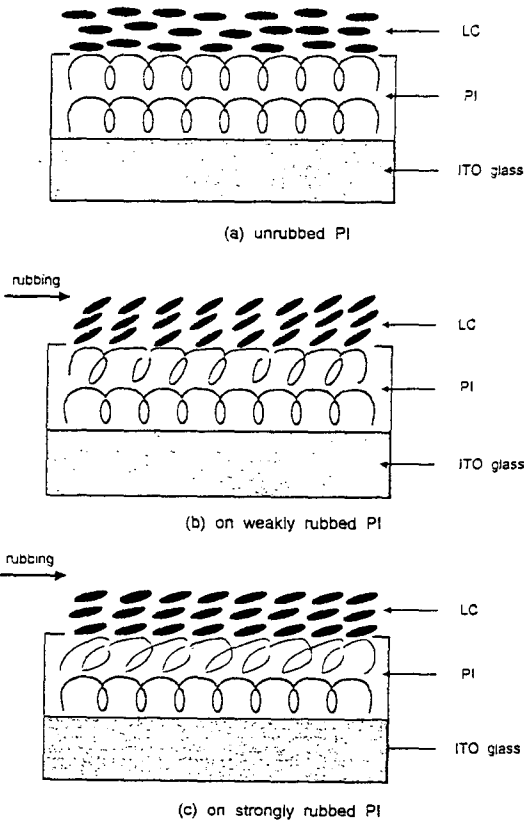


그림 7. 폴리이미드막을 러빙처리한 액정셀의 액정배향의 기구.

Fig. 7. The mechanism of liquid crystal alignment in the cells by unidirection rubbing on PI surfaces.

리이미드막에 경사진 UV를 조사한 액정셀에 있어서는 고분자의 구조 및 UV 조사에 의한 폴리머의 절단에 의한 액정분자의 고분자막에의 침투로 인한 고분자막 표면과 액정분자와의 상호작용에 의하여 프리틸트각이 발생하는 것으로 생각할 수 있다

4. 결 론

본 연구에서는 폴리이미드막 표면 위에 경사진 자외선을 조사시키는 방법을 이용하여 균일한 네마틱 액정배향을 얻는데 처음으로 성공하였다. 이것은 러빙을 하지 않고도 액정분자를 일정한 방향으로 배열시키는 것이 가능하다는 것을 알 수 있다. 본 연구의 결과로써, 액정의 프리틸트각이 약 3.3° 까지 발생하였으며, 이 값은 LCD 소자에의 응용이 가능한 것으로 생각되며 향후 대면적에 적용 가능하도록 연구가 이루어지는 것이 기대되어진다.

※ 본 연구는 과학기술처 (통상산업부)에서 시행한 국가선도기술개발사업(G7 연구 개발사업)의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고 문헌

1. M.Schadt and W.Helfrich, Appl. Phys. Lett. **18**, 127 (1971).
2. J. Cognard, Mol. Cryst. Liq. Cryst. Supplement, 1 (1982)
3. T. Sugiyama, S. Kuniyasu, D.-S. Seo, H. Fukuro, and S. Kobayashi, Jpn. J. Appl. Phys. **29**, 2045 (1990).
4. D.-S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, Mol. Cryst. Liq. Cryst. **213**, 223 (1992)
5. D.-S. Seo, S. Kobayashi, and M. Nishikawa, Appl. Phys. Lett. **61**, 2392 (1992)
6. D.-S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M.Nishikawa, and Y. Yabe, Jpn. J. Appl. Phys. **34**, 4896 (1995).
7. H. Matsuda, D.-S. Seo, N. Yoshida, K. Fujibayashi, and S. Kobayashi, Mol. Cryst. Liq. Cryst. **264**, 23 (1995)

8. D.-S. Seo, H. Matuda, T. Ohi-Ide, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **224**, 13 (1993)
9. D.-S. Seo, S. Kobayashi, D.-Y. Kang, and H. Yokoyama, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 3607 (1995).
10. W. M. Gibbons, P. J. Shannon, S.-T. Sun, and B. J. Swelin, *Nature* **351**, 49 (1991).
11. M. Hasegawa and Y. Taira, *SID digest paper*, 213 (1994).
12. T. J. Scheffer and Y. Nehring, *J. Appl. Phys* **48**, 1783 (1977).
13. M. Nishikawa, N. Bessho, T. Natsui, Y. Ohta, N. Yoshida, D.-S. Seo, Y. Imura, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **275**, 15 (1996)
14. 서대식, *한국전기전자재료학회* **10**(1), 68 (1997)
15. D.-S. Seo, *Molecular Electronics And Devices* **7**, 233 (1996)

저자소개

서대식



1963년 12월 16일생. 1989년 동경농공대학(일본) 전자공학과 졸업. 1991년 동대학 대학원 전자정보공학과 졸업(공학석사). 1994년 동대학 대학원 전자정보공학과 졸업(공학박). 1993-95년 일본학술진흥회 특별연구원. 1994년-95년 Kent

State Univ. 액정연구소 연구원. 1995년 9월-현재 숭실대학교 전기공학과 전임강사. 1992년 제5회 안도우히로시기념학술장려상 수상(일본). 본 학회 영문편수위원.

이보호



1936년 5월 31일생. 1961년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1972년 전북대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1986년 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1968년-72년 전북대학교 전기공학과 조교수. 1972년-84년 송전대학교

전기공학과 부교수. 1984년-현재 숭실대학교 전기공학과 교수. 1988년-90년 숭실대학교 공대학장. 1990년-93년 숭실대학교 부총장.

황을연



1972년 9월 19일생. 1996년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1996년-현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 석사과정.