

신경망을 이용한 공정변수에 따른 수평 폴리머 표면의 경사각에 관한 연구

이정환, 고영돈, 강희진, 서대식, 윤일구
연세대학교 전기전자공학과

Neural network modeling of Pretilt Angle on the Homogeneous Polyimide Surface

Jung Hwan Lee, Young-Don Ko, Hee-Jin Kang, Dae-Shik Seo, and Ilgu Yun
Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

Abstract : In this paper, the neural network model of the pretilt angle in the nematic liquid crystal on the homogeneous polyimide surface with different surface treatments is investigated. The pretilt angle is one of the main factors to determine the alignment of the liquid crystal display. The pretilt angle is measured to analyze the variation of the characteristics on the various process conditions. The rubbing strength and the hard baking temperature are considered as input factors. Latin hypercube sampling was used to generate initial weights and biases.

Key Words : neural network, modeling, tilt angle, rubbing strength, hard baking temperature

1. 서 론

최근에 liquid crystal display (LCD)가 컴퓨터 모니터, 내비게이션, 텔레비전, PMP(portable multimedia player)같은 정보 출력 소자로 많이 사용되고 있다. LCD는 모노도메인 정렬(monodomain alignment)과 적절한 선경사각(pretilt angle)을 요구한다. 수평하게 배향된 액정 분자에 전계 인가시, 액정분자가 상승할 때 좌우 어느 쪽이든 energy적으로 같은 값이 되기 때문에 tilt domain이라고 불리는 disclination이 발생하여 굴절율의 불연속성 문제가 발생한다. 이것을 막기 위하여 무전계상태에서 액정분자가 기판 면에서 약간 상승한 배향(경사배향)을 시킬 필요가 있고, 이 경사각을 선경사각 이라고 부른다. 경사배향은 90도 비틀린 TN형 액정 cell에 있어서의 twist domain의 발생에도 크게 관여한다. 즉, 선경사각이 0이 아니면, 좌우 비틀림의 크기에 차이가 생겨 domain 발생이 억제된다.

신경망을 이용한 모델링 방법은 반도체 공정을 포함하여 다양한 분야에서 적용되어 왔다.[1-2]

본 논문에서는 수평 폴리머 표면에서 러빙강도와 소성온도에 따른 선경사각을 신경망을 이용하여 모델링 하였다.

2. 실험

유리 기판은 상온(22℃)에서 준비 되었다. 수평배향막으로 폴리머(JSRJALS-1371-R1)가 스펀코팅머신을 이용하여 균등하게 indium-tin-oxide (ITO) 전극위에 코팅 되었다. 폴리이미드 두께는 500 Å 이고 80℃에서 10분간 프리 베이킹 후 180℃, 215℃, 250℃에서 이미드화 하였고 상온에서 냉각시켰다. 그 후, 러빙기계(Y₀-15-N, Yoshikawa Chemical Industries Co.)를 이용하여 기판 표면을 러빙 하였다. 0.3mm, 0.5mm, 0.7mm의 러빙강도를 이용하였고, 러빙강도는 이전 연구를 통해서 정의 되었다[3-5]. 기판 두께를 샌드위치처럼 맞붙였으며 셀갯은 60μm이고 속은 네마틱 액

정으로 채웠다. 선경사각은 상온에서 autronic-MELCHERS GmbH에서 만든 TBA-701을 이용하여 crystal rotation방법으로 측정되었다.

3. 모델링

3.1 실험 계획법

실험수가 13개인 D-optimal design을 사용하여 실험을 설계하였고 러빙강도와 하드 베이킹 온도를 종속변수로 선경사각을 독립변수로 선택되었다. 실험디자인은 표 1에 요약되어 있다. 이중 랜덤하게 10개를 트레이닝 데이터로 3개를 테스트 데이터로 이용하였다.

표 1. D-optimal design.

Run	Rubbing strength (mm)	Hard baking temperature (℃)
1	0.3	180
2	0.3	180
3	0.5	250
4	0.5	215
5	0.3	250
6	0.7	180
7	0.3	250
8	0.7	250
9	0.5	180
10	0.7	215
11	0.5	215
12	0.3	215
13	0.7	250

3.2 신경망 모델링

오류 역전파 알고리즘을 사용하였으며 두개의 은닉층에 각각 3, 2개의 뉴런과 학습률은 0.004, 적률계수는 0.04, 모멘텀은 1.04를 사용하였으며 활성화수로는 시그모이드 함수를 사용하였다. 트레이닝 데이터와 테스트 데이터의

root mean square error (RMSE)는 각각 0.503, 0.510이다.

3.3 Latin Hypercube Sampling

Latin Hypercube Sampling(LHS)은 확률 변수들이 동일한 확률로 나누어진 구간 내에서 샘플링 하는 기법이다. LHS 는 N 표본 크기 내에서 n개의 변수들을 생성한다. 1/N 확률변수들이 각 구간에서 무작위로 추출되면 이들의 값들은 중복되지 않는 N 구간들 안에서 분리된다. LHS 방법을 이용하여 신경망의 변수인 초기 가중치를 선택하는데 사용하였다.

4. 결과

선경사각에 대한 신경망 모델링 결과와 잔차도는 그림 1에 나타내었다. 그림 1 (a)에서 반응변수에 대한 신경망 모델링 예측 값과 측정된 선경사각 값이 선형적인 관계를 나타내므로 좋은 예측을 보여 주고 있음을 알 수 있다. 트레이닝과 테스트 데이터에 대한 설명력은 각각 96.7%, 96.6%로서 유의수준 0.05에서 유의하다고 할 수 있다. 그림 1 (b)는 잔차도로서 0을 중심으로 랜덤하게 분포하여 있으므로 모형이 적합함을 나타내고 있다. 이로써 모델이 선경사각을 잘 예측 할 수 있으며, 결과를 신뢰할 수 있음을 알 수 있다.

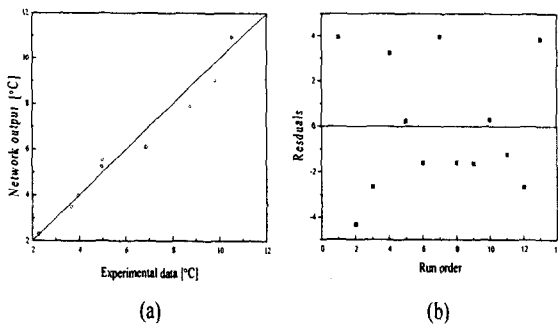


그림 1. 모델링 결과 : (a) 측정값 vs 예측값, (b) 잔차도.

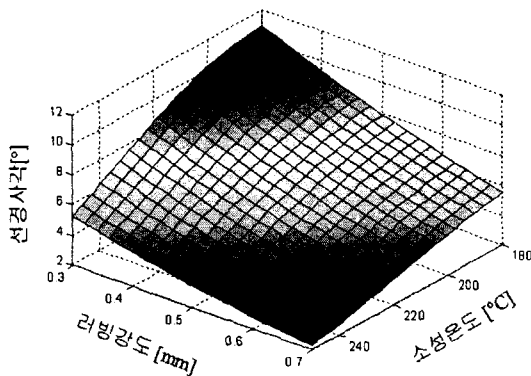


그림 2. 선경사각에 대한 3-D 반응표면도

종속변수인 러빙강도와 소성온도에 따른 선경사각의

3-D 반응표면도는 그림 2에 나타내었다. 그림 2를 보면 러빙강도가 강할수록 그리고 소성온도가 높을수록 선경사각이 낮아지고 러빙강도가 낮고 소성온도가 낮을수록 선경사각이 높다는 것을 알 수 있다. 이전연구에서 소성온도가 180°C, 220°C, 250°C 일 때 폴리마이드의 이미드화 비율이 20%, 68%, 100% 이었다. [6] 소성온도가 올라갈수록 이미드화 비율이 높아져 안정화 된다. 이 결과로 소성온도가 올라갈수록 이미드화 비율이 올라가 선경사각이 줄어드는 것을 알 수 있다.

5. 결론

러빙강도와 소성온도에 따른 선경사각을 인공신경망을 이용하여 모델링하였다. 잔차도 분석을 통해 모델이 적합하다는 것을 확인하였으며, 모델링 결과와 실제 측정된 데이터는 선형을 이루며 잘 예측 되었다. 이 모델을 통해서 러빙강도와 소성온도에 따른 선경사각을 예측할 수 있다.

참고 문헌

- [1] K. K. Lee, T. Brown, G. Dagnall, R. Bicknell-Tassius, A. Brown, and G. May, "Using neural networks to construct models of the molecular beam epitaxy process," IEEE Trans. Semi. Manufac., vol. 13, no. 1, pp. 34, 2000.
- [2] S. Han, M. Ceiler, S. Bidstrup, P. Kohl, and G. May, "Modeling the properties of PECVD silicon dioxide films using optimized back propagation neural networks," IEEE Trans. Comp. Pack. Manufac. Technol. Part A, vol. 17, no. 2, pp. 174, 1994.
- [3] D.-S. Seo, K. Araya, N. Yoshida, M. Nishikawa, Y. Yabe, and S. Kobayashi, "Effect of the polymer tilt angle for generation of pretilt angle in nematic liquid crystalon rubbed polyimide surfaces", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34, p. L503, 1995.
- [4] D.-S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, "Generation of pretiltangle in nematic liquid crystal, 5CB, media aligned polyimide films prepared by spin-coating and LB techniques : effect of rubbing", Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 213, p.223, 1992.
- [5] D.-S. Seo, S. Kobayashi, and M. Nishikawa, "Study of the Pretilt angle for 5CB on rubbed polyimide films containing trifluoromethyl moiety and analysis of the surface atomic concentration of F/C(%) with an electron spectroscope for chemical analysis", Appl. Phys. Lett., Vol. 61, p. 2392, 1992.
- [6] J.-Y. Hwang, K.-H. Nam, J.-H. Kim, D.-S. Seo, and D.-H. Suh, "Characterization and alignment properties on polyimide surface using polymerfilms for flexible liquid crystal displays", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 43, No. 12, p. 8179, 2004.