

액체결정을 이용한 온도측정

김 옥* · 고 영 주** · 이 경 진** · 김 신***

A Study of Temperature Measurement Using Liquid Crystallization

Wook Kim* · Yung-Joo Ko** · Kyoung-Jin Lee** · Sin Kim***

ABSTRACT

Temperature is one of the most important variables in thermal-hydraulic system. Many methods like, thermo couple, thermistor, semi-conduct sensor and so on have been devised for the temperature measurement. Recently optical method has attracted much interest due to its insensibility to electromagnetic environment. When liquid crystal film is attached to an object, its color changes sensitively as according to the temperature of the object. If a specific light is flashed on the film, the amount of light reflection depends on the color of the film.

The purpose of this study is to develop an optical temperature measuring system using liquid crystal film.

Key Words : Liquid crystal film, LED, Optical temperature measure

1. 서 론

열에너지 시스템에 있어 온도를 측정하는 것은 시스템의 감시 및 제어에 매우 중요한 과정이다. 종래에는 열에너지 시스템의 온도측정에 열전쌍(thermo-couple), 반도체 센서, thermistor 등이 많이 사용되어 왔다. 그러나 기존의 센서들은 출력이 작을 경우 측

정회로의 노이즈나 드리프트 등의 영향에 의해 측정치에 오차가 커지고, 고온 또는 장시간 사용하는 경우 그 수명에 한계가 있다는 단점이 있다.[5] 이에 기존의 센서들을 대체 할 온도 센서에 대한 연구가 진행되어 왔다. 1960년대부터 진행된 액체결정(liquid crystal)을 이용한 온도측정 연구는(Klein, 1968; McElderry, 1970; Cooper, 1975; Hippensteele 등, 1983) 1993년에 이르러 Camsei에 의해 그 타당성이 제시된 후 활발히 진행되어 왔다.[2]

본 연구에서는 온도에 따라 색이 변하는 액체결정을 이용하여 수광 되는 빛, 방출되는 빛의 양에 따라 온도를 측정하는 계측 시스템을 제작하였다.

*제주대학교

Cheju Nat'l Univ.

**제주대학교 대학원

Graduate School, Cheju Nat'l Univ.

***제주대학교 에너지공학과

Dept. of Nuclear & Energy Eng., Cheju Nat'l Univ.

II. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

본 연구에서는 액체결정을 이용한 온도의 측정을 위해 온도측정 시스템을 제작하였다. 시스템의 구성도를 (그림 1)에 나타낸다.

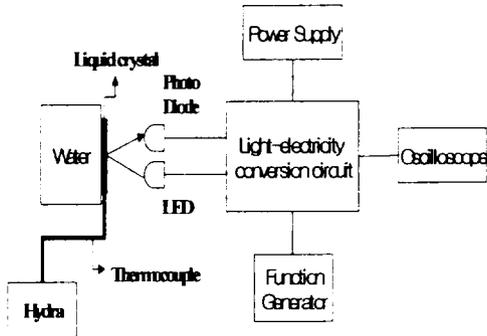


Fig. 1. Block diagram of temperature measuring system

액체결정은 온도 36~40℃사이에서 색이 변화하는 액체결정을 사용하였다. 측정체는 가로·세로 7cm, 높이 10cm, 두께 0.2cm의 유리용기를 사용하여 그 한면에 액체결정을 부착시킨 후 용기내의 액체온도를 조절하며 측정하였다. 광신호를 가시화하기 위하여 (그림2)와 (그림 3)과 같이 전기신호를 광신호로, 광신호를 전기신호로 변환해 주는 회로를 구성·제작하였다. 이 회로에 LED(Light-emitting diode)와 photo diode(400~1100nm)를 연결하여 액체결정에 반사된 광신호를 검출, 이를 oscilloscope를 통하여 측정하였다.

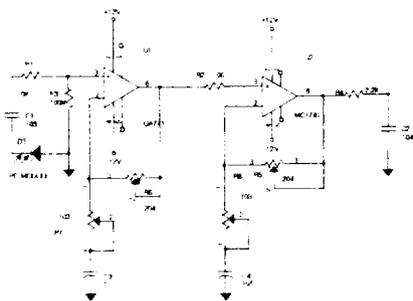


Fig. 2. Electricity-light conversion circuit

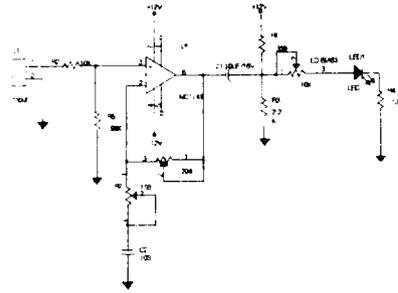


Fig. 3. Light-electricity conversion circuit

이 실험은 빛에 민감하게 반응하므로 실내조명이나 태양광의 영향을 피하기 위해 야간에 실내의 모든 조명을 끈 상태에서 암상상자 내부에 system을 넣고 실험을 진행함으로써 이중으로 빛을 차단해 주었다.

2.2. 실험방법

본 실험에 들어가기에 앞서 액체결정의 주위환경에 변화에 민감하게 반응을 함으로, 최적의 실험조건을 찾는 보정 실험을 행했다.

2.2.1. 거리와 각도에 따른 반응도 실험

액체결정이 어떤 각도와 거리에서 가장 좋은 반응도를 갖는지를 확인하여 각 실험마다 동일 실험시 동일한 각과 거리를 유지하기 위한 준비실험을 했다.

(1) 거리에 따른 반응도 실험

LED와 photo diode의 사이 각은 80°로 고정하고 4종류의 LED를 이용하여 거리를 0.5~3cm까지 0.5cm 간격으로 조절해 주면서 각 거리에서의 광량의 변화를 측정하였다.

(2) 각도에 따른 반응도 실험

측정부와 검출부의 거리를 1cm로 고정하고 4종류의 LED를 이용하여 각도를 15~90°까지 15°간격으로 조절해 주면서 각 시점에서 광량의 변화를 측정하였다.

2.2.2. LED의 종류에 따른 반응도 실험

액체결정의 색의 변화에 민감하게 반응하는 LED를 찾아내는 실험을 하였다. 우선 7가지 종류의 색깔을 띠는 LED(녹색1·2·3, 노랑1·2, 파랑, 빨강)를

준비하였다. 그리고 측정부와 검출부 사이의 거리는 1cm, LED와 photo diode의 사이 각은 90°로 고정해 주었다.

앞서 제작한 온도 측정 시스템에 임의의 온도 38℃, 42℃에서 준비된 7가지 종류의 LED를 바꾸어 주면서 실험하였다.

2.2.3. 온도에 따른 광량의 변화 측정

실험 2.2.1과 2.2.2를 통해 얻은 값들 중 최상의 값으로 여겨지는 거리와 각도에서 가장 반응도가 좋은 LED를 이용하여 온도 36~40℃까지 0.5℃ 간격으로 조절하면서 온도변화에 따른 광량의 변화를 측정하였다.

III. 실험결과

3.1. 거리와 각도에 대한 실험결과

(1) 거리에 따른 반응도 실험결과

(표 1)을 보면, 4종류의 LED 모두 측정부와 검출부 사이의 거리가 멀어지면 멀어질수록 빛의 광량이 적어지는 것을 알 수 있다. 이는 측정부와 검출부 사이의 거리가 멀어지면 액체결정에 반사되어진 빛이 photo diode로 진행되는 동안에 산란되거나 굴절될 확률이 커지기 때문이라 생각된다. (그림 4)는 (표 1)의 데이터를 그래프로 나타낸 것이다.

Table 1. Reactivity of liquid crystal with distance

	Yellow	Red	Blue	Green
0.5	5.20	9.40	14.20	5.20
1	4.00	7.60	8.60	4.00
1.5	3.60	7.00	5.40	3.40
2	3.60	7.00	5.00	3.40
2.5	3.40	6.80	4.40	3.20
3	3.40	7.00	4.20	3.20

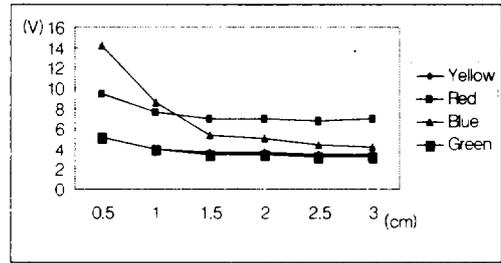


Fig. 4. Reactivity of liquid crystal with distance

(2) 각도에 따른 반응도 실험결과

(표 2)를 보면, 4종류의 LED 모두 LED와 photo diode 사이 각이 90°에 가까워질수록 빛의 광량이 커지는 것을 알 수 있다. 반사란 광밀도가 서로 다른 두 매질의 경계면에 빛이 입사할 때 일어나는 것으로 거울과 같은 평면에 입사될 때 일어나는 반사를 정반사라 한다. 정반사가 일어날 때 입사각과 반사각은 서로 같아진다.

Table 2. Reactivity of liquid crystal with angle

	Yellow	Red	Blue	Green
15	4.40	4.80	13.80	5.00
30	4.20	6.80	15.00	5.40
45	3.80	6.80	15.40	5.40
60	5.40	6.20	15.20	6.80
75	6.00	8.60	15.20	6.80
90	9.40	12.60	15.40	6.90

액체결정은 거울과 비슷하게 아주 매끈한 면을 가지고 있으므로 정반사가 일어나 입사각과 반사각이 서로 같다. 그러므로 입사각과 반사각이 각각 45°일 때 수광하는 빛이 양이 가장 많음을 알 수 있다. 그리고 측정부와 검출부의 거리를 1cm로 고정시켜 실험한 것도 수광량을 증가시킨 요인으로 생각된다. (그림 5)는 (표 2)의 데이터를 그래프로 나타낸 것이다.

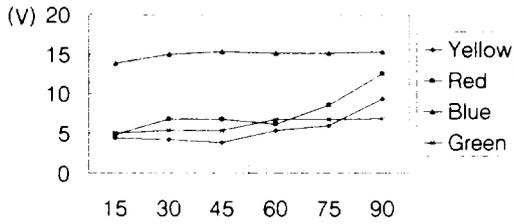


Fig. 5. Reactivity of liquid crystal with angle

3.2. LED 종류에 대한 반응도 실험결과

임의의 온도 38℃와 42℃에서 액체결정에 7가지 종류의 LED를 이용하여 빛을 조사해준 결과 빛의 광량이 파란색 → 빨간색 → 노란색1 → 녹색1 → 녹색 3 → 녹색2 → 노란색2 순서로 나타났다(표 3).

Table 3. Reactivity with a kind of LED

	38℃	42℃
Red	9.70	9.50
Yellow 1	8.00	8.00
Yellow 2	4.50	4.70
Green 1	4.90	5.20
Green 2	4.60	4.80
Green 3	4.80	5.20
Blue	14.80	14.50

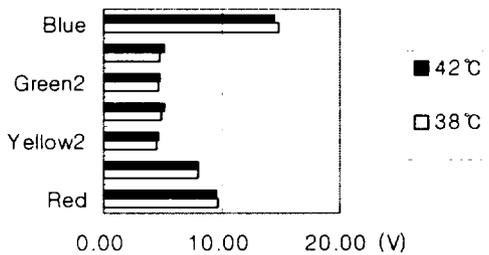


Fig. 6. Reactivity with a kind of LED

3.3. 온도에 대한 광량의 변화측정 결과

검출부와 측정부의 거리 1cm, LED와 photo diode

의 사이각 90°로 고정해주고 액체결정의 색의 변화에 가장 민감하게 반응한 파란색 LED를 이용하여 실험한 결과 온도가 상승함에 따라 빛의 광량이 선형적으로 증가함을 알 수 있었다. 하지만 액체결정의 사용 온도범위 일부분(36~40℃)만을 사용한 실험으로 액체결정의 단점을 극복하지는 못하였다.

Table 4. Change of light intensity with temperature

Temp (℃)	1	2	3	4	5	Avg (v)
40	8.20	810	810	840	820	820
39.5	8.00	800	790	810	800	800
39	7.90	800	790	790	780	790
38.5	7.70	760	760	770	770	766
38	7.50	760	760	770	750	758
37.5	7.30	710	720	730	740	726
37	690	690	700	690	710	696
36.5	690	680	700	680	690	688
36	680	680	670	680	650	672

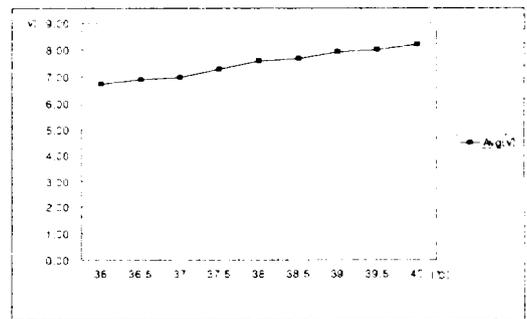


Fig. 7. Change of light intensity with temperature

IV. 결론

본 실험의 목적은 온도에 민감한 액체결정을 이용하여 온도 계측 시스템을 제작하는 것으로, 거리와 각도에 따른 반응도 실험, LED에 따른 반응도 실험을 행하였고 최종적으로는 온도에 따른 광량의 변화를 측정하였다. 그 결과 측정부와 검출부 사이의 거리가 짧을수록, LED와 photo diode의 사이 각이 90°

에 가까워질수록 빛의 광량이 커짐을 알 수 있었다. 그리고 파란색 LED가 이 실험에서 사용된 액체결정에 가장 좋은 반응을 보였다. 위 실험결과를 실험조건으로 하여 실험한 결과 온도와 액체결정에 대한 반사광량 사이에 선형성이 있음을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

1. 오이택, 2002, Banana Shape액정의 상전이 및 전기광학적 특성평가, 고려대학교 석사학위논문.
2. 윤석호, 1998, 액정을 이용한 HFC 냉매의 증발열 전달 특성에 관한 실험적 연구, 서울대학교 석사학위논문.
3. 신지영, 김민수, 노승탁, 1996, 순수 및 혼합냉매의 원관내 증발 열전달 실험, 대한기계학회 논문집 (B), 제20권, 제2호, pp 730-740.
4. See, P. G. de Gennes and J. Prost, 1993, The Physics of Liquid Crystals, Oxford University Press, London.
5. Kobayashi, Shun-suke, 1972, 액정의 성질과 그 응용.