

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.1.211>

IIBC 2019-1-28

BLU의 Glass 형상 측정 연구

A Study on the Shape Measurement of Glass in the Back Light Unit(BLU)

오춘석*

Choonsuk Oh*

요 약 디스플레이 기술의 발달로 모든 디스플레이 장치들이 대형화, 고화질, 고정밀도가 요구된다. 디스플레이 장치의 대형화에 따라 BLU가 대형화 되고 밝아져야 한다. 이 BLU 상판 Glass는 형상과 두께가 균일해야 균일한 휘도분포를 갖는다. 이런 요인들의 불량으로 인한 디스플레이 성능이 저하된다. 따라서 BLU의 형상 및 두께를 측정하는 고품질 측정 장치들의 요구가 필연적이다. 본 논문에서는 BLU의 형상의 높이 및 두께 측정을 위한 고속이며 고정밀 시스템 구현을 제안하고자 한다. 측정 오차를 최소화하기 위해서 측정 구간을 둘로 나누고 다른 이동 속도로 측정하여 원하는 결과를 도출할 수 있었다.

Abstract All display devices require more wider, higher resolution and precision owing to advanced display technology. As the display pannels become wider, BLU also become wider and brighter. The upper glass of the BLU must achieve the constant of its shape and thickness and have uniform brightness. These deformity cause the display quality to make less. Thus high performance of the BLU shape's height and thickness measurement is inevitable. The high speed and precision measurement system will be proposed. To minimize the measurement error we can achieve the desirous results by 2 dividing intervals with different moving velocity on measuring.

Key Words : BLU, Glass, shape measurement, thickness measurement

I. 서 론

TFT-LCD에 사용되는 BLU(Back Light Unit)는 자체적으로 빛을 낼 수 없는 TFT-LCD에 매우 중요한 부분이다. 디스플레이 장치의 대형화에 따라 BLU 또한 대형화 되고 밝기는 더 밝아져야 한다. 면발광의 대형 BLU의 개발로 인해 이를 측정하는 시스템의 개발이 필요하다. BLU는 기존의 직하형이나 사이드형 보다 고휘도의 광원을 가져야 하고 대형화 되어지는 TFT-LCD에 균일

한 고휘도의 분포를 가져야만 한다. 균일한 휘도분포를 갖기 위해 BLU의 Glass의 두께와 형상은 BLU의 성능에 큰 영향을 준다. 이러한 면발광 BLU의 Glass 형상 및 두께의 측정을 위한 시스템의 개발이 필요하게 되었다.

산업체에서는 이러한 BLU Glass를 단 시간 내에 고속 측정하는 시스템을 원하게 되었고 본 논문에서는 이러한 산업체의 요구 조건에 맞추어 최적의 측정 속도와 측정 정밀도 그리고 반복 측정을 통한 신뢰성을 알아내는데 그 목적이 있다.

*정회원, 선문대학교 기계 ICT융합공학부
접수일자 2018년 10월 24일, 수정완료 2019년 1월 13일
게재확정일자 2019년 2월 8일

Received: 24 October, 2018 / Revised: 13 January, 2019 /

Accepted: 8 February, 2019

*Corresponding Author: csoh@sunmoon.ac.kr

School of Mechanical and ICT Convergence Engineering,
Sunmoon University, Korea

II. BLU Glass 형상

1. BLU

LCD(Liquid Crystal Display)는 CPT(Color Picture Tube)나 CDT(Color Display Tube), PDP(Plasma Display Panel)등과는 달리 자체 발광을 가지지 못하는 구조로서 단순히 후면의 광을 투과시키는 기능만을 가진다. 따라서 빛이 없는 상태 즉 야간에서나 실내에서는 후면광의 도움이 없이는 화상을 보여줄 수 없는 구조이다.

2. BLU의 원리

LCD(Liquid Crystal Display)는 LC(Liquid Crystal)와 Panel(Glass), Driver IC, PCB 기판, Back Light 등으로 구성되어 있는데, Driver IC를 통해 전기적 신호를 인가하게 되면 Panel 내부에 존재하는 액정은 일정 방향으로 배열을 하게 된다. 여기에 액정은 그 자체가 발광하지 못하고 다만 빛을 차단 내지 투과만 시키는 기능만 하게 된다. 이때 하부에는 평면 광원이 위치하여 LC Panel로 빛을 조사(照射)시켜 주므로 화면에는 밝음과 어두움뿐만 아니라 여러 가지 다양한 색상을 표현하게 된다. TFT-LCD는 수동소자로서 자체 발광하지 못하므로, 후면에 균일한 휘도분포의 면광원이 필요하다. 이러한 BLU는 도광판 측면에서 유입된 광이 전반사를 통하여 도광판 내부로 전달되고, 도광판 후면에 산란 패턴을 설치하여 이곳에 부딪힌 광이 난반사되어 전 방출된다. 이때 도광판 전면으로 방출되는 빛 분포의 균일도를 유지하면서 최대 밝기를 구현하기 위하여 도광판 후면의 산란 패턴의 밀도 분포를 조절하게 한다.

3. BLU의 구성

BLU는 크게 램프, 시트류, 기구부 그리고 구동회로 등으로 구성이 된다. 기존의 방식에서는 램프만으로는 전면적에 걸친 균일한 빛을 만들어 낼 수 없으므로 도광판이나 확산판, 반사판, 프리즘, 프레임 등의 시트류와 기구부로 구성하게 된다.

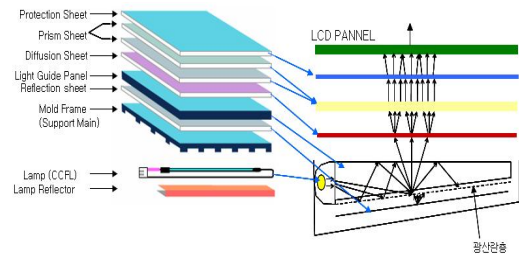


그림 1. BLU의 구성요소^[1]
Fig. 1. BLU Components

BLU에는 여러 가지 방식이 존재하는데 현재 가장 널리 상용적으로 사용되는 방법은, Wedge light 방식으로 가운데에 반사패턴이 인쇄된 도광판(LGP: Light Guiding Panel)을 두고 냉음극형광램프 (CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp)가 가장자리에 위치하는 방식이다. 이 때 도광판에 인쇄된 반사패턴은 램프가 가장자리에 위치하여 패턴내의 위치에 따라 밝기 차이가 발생하는 현상을 줄여주기 위한 구조로 인쇄된다. 도광판에 반사패턴을 인쇄한 방식은 생산성이 높으나 인쇄패턴 물질 자체에 의한 광 손실이 발생하므로 효율이 떨어지며 LCD가 대형화되면 될수록 전체적인 휘도의 Uniformity가 나빠지는 단점을 가진다. 직하형이 이러한 단점을 보완하기는 했으나 사이드형과는 다르게 액정표시장치의 뒤에서 광을 지원한다. 이로 인해 램프의 수가 많아지고 가격이 고가인 단점이 생겼다.

4. BLU의 유리 형상

그림 2와 3은 BLU의 Glass의 형상으로 길이, 두께, 높이가 중요한 지표로 작용한다. 그림 3에서 위로 볼록한 부분을 하나의 채널(Channel)이라고 한다.

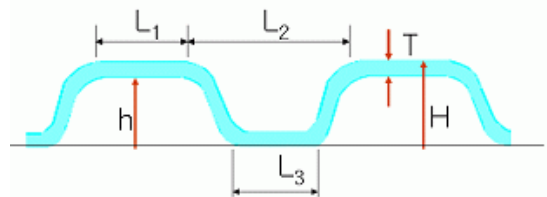


그림 2. BLU의 형상
Fig. 2. The shape of BLU

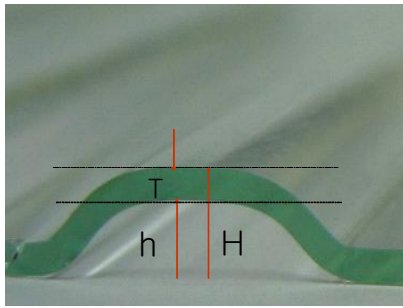


그림 3. BLU의 두께와 높이
 Fig. 3. The thickness and height of BLU

III. BLU 상판 형상 측정

1. 측정항목

측정항목에는 형상, 두께, 하단 빈 공간, BLU의 전체 사이즈 등이 있다. 본 연구에서는 형상 중의 채널의 최고 높이 H , 두께 T , 그리고 하단의 빈 공간의 높이 h 를 측정한다.

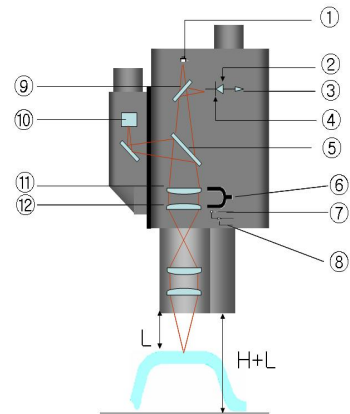
2. 측정센서^[2]

본 논문에서 측정하고자 하는 것은 투명 유리로서, Keyence사의 LT-8110을 사용한다. LT series는 계측을 위해 공초점의 원리를 기반으로 개발되었고 측정을 위해 렌즈의 초점의 거리를 이용하는 고정밀도의 변위 계측기이다. 이 센서는 다음과 같은 우수한 특징을 제공한다. Target의 표면 상태에 따른 차이에서 발생하는 오류를 제거할 수 있는 고정밀도와 높은 안정성을 가지고 거의 모든 Target을 측정할 수 있다. 긴 측정거리와 아주 작은 beam spot은 고성능 렌즈의 사용으로 가능하다. 투명한 필름 두께의 측량은 기존의 광센서나 계측기로 어려웠으나, 본 연구에서 사용하는 LT-8110 센서는 투명한 필름이나 유리의 측정이 가능하다.

2.1 센서의 원리

그림 4 ①의 반도체 레이저로부터 상, 하를 고속으로 이동하는 ⑫대물렌즈를 통과하여 방출된 레이저 광선이 측정 대상 표면에 초점을 이루게 되고, 측정 대상의 표면으로부터 반사된 레이저는 ⑨의 Half Mirror를 통해 ④의 Pin hole에 모이게 되어 이 레이저는 ②의 Light-receiving element를 통하여 ③의 Light-receiving

signal을 보내게 된다. 위의 설명과 같이 측정대상의 표면에 초점이 맺히게 될 때 반사된 레이저가 ⑨의 Half mirror에서 반사되어 Pin hole에 맺히고 이를 Light-receiving element에서 signal을 보내는데 이 측정 기술을 Laser beam 공초점의 원리라고 한다.



- ① Semiconductor Laser
- ② Light-receiving element
- ③ Light-receiving signal
- ④ Pin hole
- ⑤ Half mirror
- ⑥ Tuning fork
- ⑦ Tuning fork position detector
- ⑧ Objective lens position signal
- ⑩ CCD Camera
- ⑪ Collimator lens
- ⑫ Objective lens

그림 4. LT-8110 센서와 구성도
 Fig. 4. LT-8110 sensor and its configuration

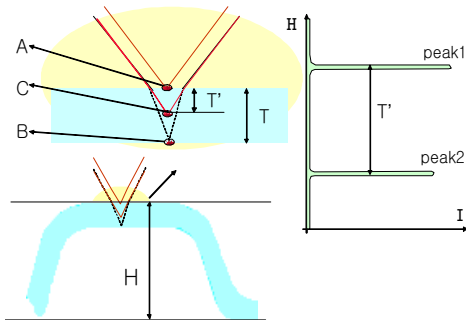


그림 5. 측정 Spot의 위치와 데이터
Fig. 5. the position and data of measurement spot

그림 5은 센서가 위치 데이터를 얻어낼 때의 원리를 나타낸다. 센서의 대물렌즈가 상, 하로 빠르게 이동 하면서 그림 5의 Spot A와 Spot B에 실제의 초점이 맺히게 되고 위치데이터를 얻게 된다. 이때 센서는 Spot A와 Spot C의 데이터를 읽어 그림 5의 오른쪽 부분의 Peak1과 Peak2의 위치데이터를 얻게 된다. 이것은 공기 중의 굴절률 N_0 과 유리의 굴절률 N_1 에 의해 굴절된 레이저의 빛이 반사되어 센서에 입력이 될 때 센서는 굴절된 것을 인식하지 못하고 두 번째 표면이 C의 지점에 있다고 인식하기 때문이다.

형상 측정 시 오른쪽 그림 5의 Peak1의 값이 표면의 높이 H 가 되고 Peak1과 Peak2 사이의 값이 측정 두께인 T' 이 된다. T' 은 실제 두께가 아니므로 보정을 통해 실제의 두께인 T 의 값을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$T = T' \times \frac{N_1}{N_0} \quad (1)$$

2.2 LT-8110 센서의 사양

LT-8110 센서는 Controller는 LT8106을 사용한다.

센서의 측정 범위는 $\pm 1\text{mm}$ 이고 작동거리는 28mm, Beam Spot diameter는 7 μm 이 된다. 최소 식별 거리(분해능)는 거리측정 시 0.2 μm , 두께측정 시 0.4 μm 이고 Sampling Time은 0.7msec이하, 최대 응답시간은 2회 평균 2.2msec이다. RS-232C통신을 이용한 통신 속도는 9600bps이고 변위데이터 출력 및 제어입력을 받을 수 있다. 아날로그 변위 출력은 $\pm 4\text{V}(4\text{mV}/\mu\text{m}$, 2점간 측정 : 2mV/ μm)이다.

2.3 시스템의 구성

측정을 위해 시스템을 다음과 같이 구성하였다. 센서는 이동하면서 측정이 가능하도록 1축 로봇에 설치하였다. 로봇은 이동거리가 500mm이고 최대 속도가 380mm/sec이다. 이동 도중에 속도의 변화가 가능한 타입이다. 센서의 변위 데이터는 Controller에서 Peak1의 아날로그 변위 데이터가 출력되어 PC의 A/D Converter(PCI-9111HG)를 이용해서 변환한 데이터와 RS-232C를 이용하여 출력된 Peak1, Peak2의 변위 데이터를 PC로 입력하도록 하는 시스템이다. 본 논문의 BLU Glass의 측정은 1축 로봇의 구동과 동시에 센서의 아날로그 변위 데이터와 RS-232C를 통해 변위 데이터를 입력하게 되고 이를 PC상에서 처리하는 시스템이다.

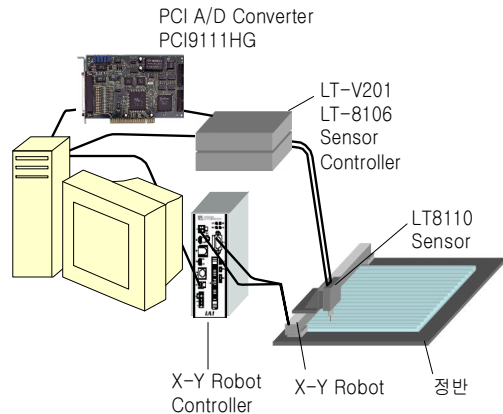


그림 6. 시스템의 구성도^[3]
Fig. 6. System configuration

IV. 형상 측정 실험^{[4]-[8]}

실험의 최종목표는 그림 2의 H 와 T 를 측정하여 h 를 구할 때($\pm 10\mu\text{m}$ 오차 허용) 최대 측정 가능 속도를 알아내는 것이다.

1. 높이 보정 실험

LT-8110 센서의 측정범위는 $\pm 1\text{mm}$ 이다. 그러나 측정하고자 하는 BLU Glass는 높이가 센서의 측정범위를 벗어나게 된다. 따라서 센서를 고정시킨 상태로는 측정이 불가능하다. 따라서 높이에 대한 보정이 필요하다.

센서의 작동거리가 28mm이고 $\pm 1\text{mm}$ 의 측정범위를

가지고 있으므로 기준면으로부터 30mm되는 지점에 센서를 위치시키고 두께가 2mm의 물체를 측정한다. 이때의 측정된 값을 H' 이라 하고 다시 센서를 H' 의 상단을 기준으로 30mm의 위치에 놓고 BLU Glass를 측정한다. 이렇게 해서 그림 7에서와 같이 측정된 높이 H 는 현재 센서의 높이 데이터 D에 기준물체의 측정값 H' 을 더한 값이 된다.

$$H = H' + D \quad (2)$$

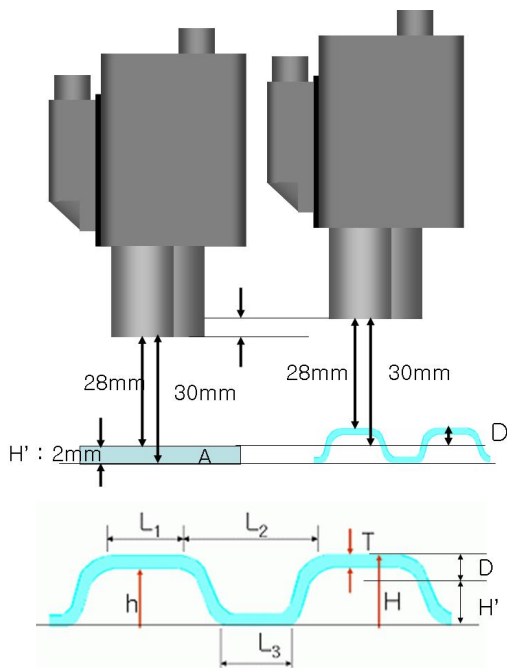


그림 7. 높이 보정
 Fig. 7. Height compensation

2. 측정 방법 I의 채널 내의 최대 측정 가능 속도

동일 채널 내의 높이 H 와 두께 T 의 최대 측정 가능 속도를 산출하기 위한 기초 실험이다. 위의 그림 8에서 보는 바와 같이 센서의 이동방향과 채널을 평행하게하고 BLU Glass를 시작점의 반대편에 고정시키고 원점 O로부터 15mm되는 지점에 첫 번째 측정지점인 A를 이후에는 지점 H 까지 90mm마다 측정지점을 설정하고 이를 측정하였다. 다음의 표 데이터는 각각의 측정 지점마다 1축 로봇을 정지시켜 센서를 고정시킨 후 세 번 반복적으로 측정하여 나온 데이터들이다.

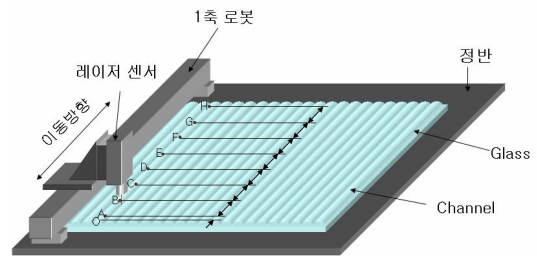


그림 8. 측정 방법 I
 Fig. 8. Measurement method I

표 1과 표 2는 동시에 높이 H 와 두께 T 를 측정한 결과이다. 위의 실험의 측정 결과 높이 H 의 데이터의 변화가 $\pm 10\mu\text{m}$ 내에서 거의 변화가 없는 것을 알 수 있다.

표 1. 다른 측정 위치에 따른 높이 데이터(단위:um)
 Table 1. Height data at the different position

측정위치	측정1	측정2	측정3	평균
15	3344	3344	3343	3344
105	3361	3361	3361	3361
195	3391	3391	3390	3391
285	3326	3326	3326	3326
375	3194	3192	3193	3193
465	2949	2949	2949	2949

표 2. 다른 측정 위치에 따른 두께 데이터(단위:um)
 Table 2. Thickness data at the different position

측정위치	측정1	측정2	측정3	평균
15	986	986	986	986
105	940	940	939	940
195	943	943	943	943
285	962	962	962	962
375	1000	1000	1000	1000
465	990	990	990	990

이후 측정 속도를 50mm/s, 100mm/s, 200mm/s, 300mm/s 그리고 본 연구에서 사용되는 1축 로봇의 최고 속도인 380mm/s로 하여 데이터를 측정하였다. 각각의 측정 속도마다 세 번 반복적으로 측정하여 정확성을 확인하였다. 표 3과 표 4는 측정 데이터의 평균 데이터와 그 오차이다.

표 3. 측정 Position과 속도에 따른 높이 데이터
Table 3. Height data at the different position and verocity

(위치 : μm , 속도 : mm/s)

속도 위치	50		100		200		300	
	측정값	오차	측정값	오차	측정값	오차	측정값	오차
15	3344	0	3341	-3	3339	-5	3338	-6
105	3360	-1	3362	+1	3363	+2	3364	+3
195	3388	-3	3390	-1	3388	-3	3378	-13
285	3321	-5	3318	-8	3318	-8	3321	-5
375	3191	-2	3199	+6	3193	0	3187	-6
465	2949	0	2953	+4	2948	-1	2955	+6

표 4. 측정 Position과 속도에 따른 두께 데이터
Table 4. Thickness data at the different position and verocity

(위치 : μm , 속도 : mm/s)

속도 위치	50		100		200		300	
	측정값	오차	측정값	오차	측정값	오차	측정값	오차
15	970	-16	980	-6	986	0	973	-13
105	963	+23	968	+28	952	+12	931	-9
195	946	+3	953	+10	937	-6	949	+6
285	964	+2	960	-2	967	+5	953	-9
375	1000	0	999	-1	1001	+1	1002	+2
465	990	0	987	-3	992	+2	990	0

위의 표 3과 표 4의 데이터에서 보는 바와 같이 높이 H 에 대한 데이터는 1축 로봇의 각각의 속도에 대해 센서의 위치 측정 오차가 $\pm 10\mu\text{m}$ 내외로 측정되는 것을 알 수 있다.

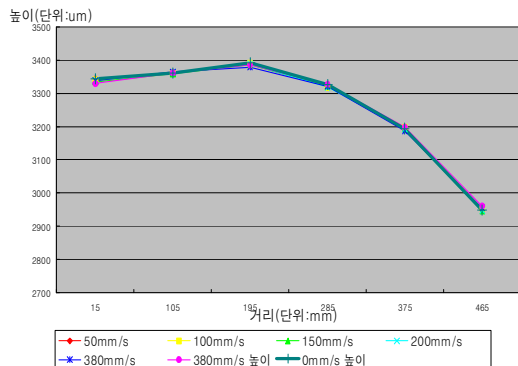


그림 9. 측정 속도에 따른 높이 측정 결과
Fig. 9. Height according to the measuring velocity

그림 9에서 두께 T 의 데이터는 $\pm 20\mu\text{m}$ 의 오차를 가지고 측정이 되고 있음을 알 수 있다. 따라서 높이 H 는 오차가 $\pm 10\mu\text{m}$ 의 그리고 두께 T 는 오차가 $\pm 20\mu\text{m}$ 일 때 최대 측정 속도는 380mm/s 임을 알 수 있다.

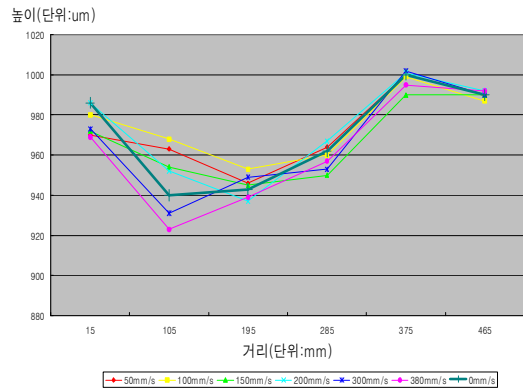


그림 10. 측정 속도에 따른 두께 측정 결과
Fig. 10. Thickness according to the measuring velocity

3. 측정 방법 II의 채널 내의 최대 측정 가능 속도

이 실험은 채널을 1축 로봇에 수직으로 놓고서 채널 1~4까지 각 채널의 높이 H 와 두께 T 의 최대 측정 가능 속도를 산출하기 위한 실험 그림 11이다. 그림 8의 측정 방법 I 실험과 마찬가지로 센서의 측정범위를 고려하여 높이에 대한 보정이 필요하다. 측정 속도를 5mm/s 로부터 5mm/s 씩 증가시키며 측정하였다.

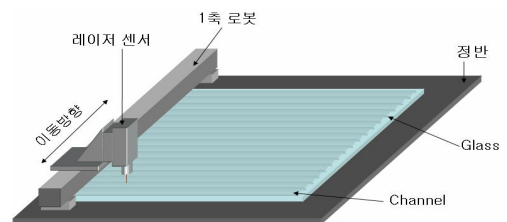


그림 11. 측정 방법 II
Fig. 11. Measurement method II

위의 그림 12은 1축 로봇을 20mm/sec 로 구동 시 두께 T 의 측정 결과이다. 선으로 표시된 부분의 데이터를 보면 위치 데이터와 두께 데이터의 측정이 용이한 것을 알 수 있다. 다음 그림 13은 25mm/sec 로 1축 로봇을 구동하였을 때 측정된 데이터이다.

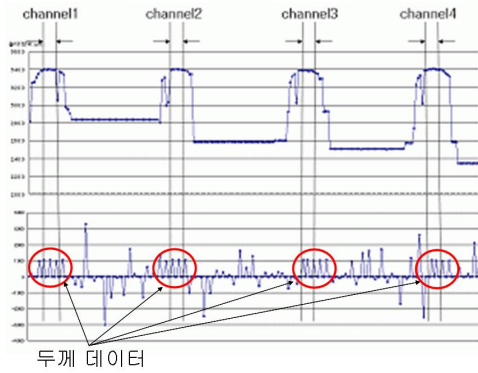


그림 12. 20mm/s일 때의 높이 H와 두께 T
 Fig. 12. Height H and thickness T at the velocity 20mm/s

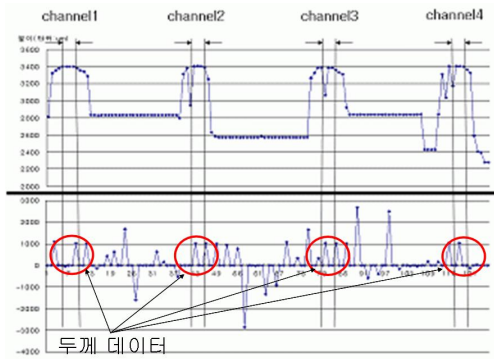


그림 13. 25mm/s일 때의 높이 H와 두께 T
 Fig. 13. Height H and thickness T at the velocity 25mm/s

위의 그림 13의 그래프를 보면 높이 H 는 측정이 되고 있으나 두께 T 에 대한 측정이 안 되고 있음을 알 수 있다. 이 실험의 결과 20mm/s부터 25mm/s사이의 속도는 측정 시간에 많은 차이를 나지 않아서 고려하지 않기로 한다. 그러므로 센서를 이용하여 각 채널의 높이 H 와 두께 T 를 측정할 수 있는 최대 속도는 20mm/s인 것을 알 수 있다.

4. 채널 내의 측정가능 속도

이 실험은 하단의 빈 공간 h 의 높이를 측정하는 실험이다. 실험방법은 앞의 실험에서 산출된 최대 측정 속도인 20mm/s의 속도로 채널을 9등분 하고 채널을 7개마다 측정을 하여 높이 H 와 두께 T 를 측정하여 측정된 데이터로 방전공간의 높이 h 를 계산하였다.

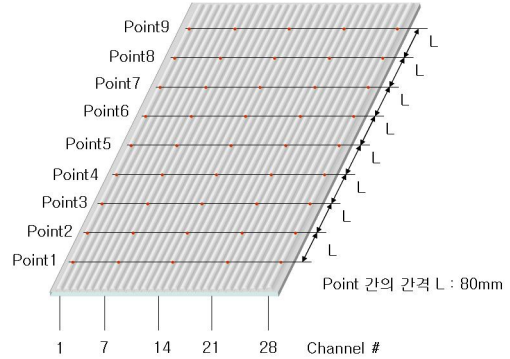


그림 14. 하단 빈 공간 h의 측정 위치
 Fig. 14. Measurement position of lower vacant space h

위의 그림 14에서와 같이 측정 포인트를 정하였다. 채널의 번호가 1, 7, 14, 21, 28인 채널을 Point 간의 간격 L 마다 측정을 하였다.

표 5. 바닥으로부터의 높이 H(단위:um)
 Table 5. Height H from at the bottom

channel #	1	7	14	21	28
측정위치					
point1	3608	3631	3531	3531	3292
point2	3633	3681	3710	3641	3452
point3	3630	3722	3757	3608	3436
point4	3134	3210	3111	2942	2683
point5	3146	3133	2938	2787	2665
point6	3628	3602	3483	3791	3317
point7	3647	3579	3483	3437	3347
point8	3672	3645	3534	3448	3381
point9	3683	3530	3540	3468	3396

위의 실험은 세 번 반복적으로 실시하였다. 표 5는 바닥으로부터의 높이를 보정에 의해 측정된 H 의 평균 데이터이고, 다음의 표 6은 두께 T 의 평균 데이터이다.

표 6. 두께 T (단위: um)
 Table 6. Thickness T (unit: um)

channel #	1	7	14	21	28
측정위치					
point1	1089	1036	1035	1035	990
point2	1077	1053	1030	1035	1028
point3	1114	998	1083	1041	1033
point4	1025	1024	989	1040	970
point5	1037	1063	1046	1012	1045
point6	1020	1047	1111	1017	976
point7	1084	1040	1025	1026	1020
point8	1006	1031	1026	1034	1006
point9	1063	1032	1035	1020	1024

위의 두 표 데이터를 이용하여 하단의 빈 공간 h 를 계산하였다.

$$h = H - T \quad (3)$$

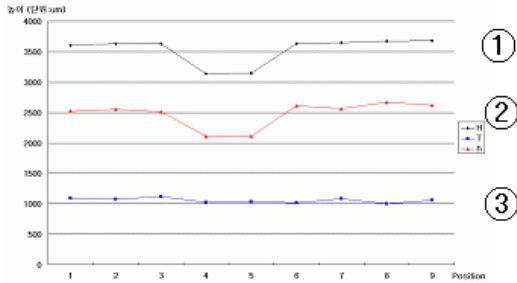


그림 15. Channel 1의 높이 H, 두께 T, 빈 공간 h의 측정 데이터
Fig. 15. Height H, thickness T & vacant space h at Channel 1

위의 그림 15의 ①의 그래프는 높이 H 이고 ③의 그래프는 두께 ②의 그래프가 하단 빈 공간의 높이를 나타낸다.

V. 결론

실험 결과 동일 채널을 따라 측정 시 380mm/s이상의 속도에서도 측정이 가능하고, 각 채널 높이 H 와 두께 T , 빈 공간 h 를 측정하고자 채널의 횡 방향으로 측정 시 20mm/s의 속도가 적당한 것을 알 수 있다. 따라서 전체의 Glass를 측정할 때 채널과 채널간의 거리 L_2 를 이동할 때는 가장 빠른 속도인 380mm/s로 이동하고 측정이 필요한 구간인 L_1 을 지날 때는 20mm/s로 1축 로봇을 움직이며 측정을 하는 것이 최적의 속도임을 알 수 있다.

References

[1] C. Sohn, *Research of High-efficiency LCD Backlight System*, Master thesis, YoungNam Univ. 2013.
[2] Instruction Manual Laser Confocal Displacement Meter LT Series.

[3] Marlow industries, "Thermoelectric Cooling System Design Guide", pp2, pp14, 1998.
[4] Ferrotec America Corporation, "Technical Reference Manual-Part2", <http://www.ferrotec-america.com/3ref2.htm>
[5] Y. K. Ryu, C. Oh, and S. Lee, "A Noncontact Optical Sensor Development for Measuring the thickness of Transparent Plates", IEEK vol. 43SC, no.1, pp1-6, 2006.
[6] C. Han and etc, "Template Check and Block Matching Method for Automatic Defects Detection of the Back Light Unit", KIPS, vol. 13-B, no. 4, pp.377-382, 2006.
[7] S. C. Cho, C. Han and C. Oh, "Development of Vision System for Back Light Unit of Defect", KIEE, vol. 550, no. 4, pp. 161-164, 2006
[8] S. Kim, C. han and C. Oh, "A Comparison and analysis of laser sensors for measuring the flatness and thickness of flat display glass", IWIT, vol. 8, no. 3, pp.71-79, 2008.

저자 소개

오 춘 석(중신회원)



• 1993년~현재 선문대학교 기계 ICT 융합 공학부 교수. 주 관심분야는 화상처리, 자동검사, 머신비전, 광학시스템설계, 인공지능