

# 레이저 주사장치의 곡률보정에 관한 연구

<sup>0</sup>  
윤 남 일, 김 남, 박 한 규  
연세대학교 전자공학과

A Study on the Curvature Correction in Laser Scanner

<sup>0</sup>  
N. I. Yun, N. Kim, H. K. Park  
Dept. of Electronic Eng. YONSEI UNIV.

## ABSTRACT

In this paper, for the curvature correction on the scanning plane in laser scanning system, aberration correction method using holographic optical element is suggested.

Hololens is selected as a type of holographic zone plate which has aberration correction property. And hologram recording condition is analyzed to find  $f_0$  property.

This hololens is implemented by computer-generated hologram technique. Laser scanning system is organized using desinged hololens and scanning properties of this system are investigated.

Using this method optical system structure in laser scanning system can be simplified satisfying both scan linearity and field flatness.

## 1. 서 론

1970년대 초까지의 레이저 주사방법은 L.Beiser <sup>[1]</sup>에 의해 제시되었는데, 다면경 주사방식에서의 곡면주사 (Curved field scan) 특성을 field flatness 와 scan linearity 에 맞도록 개선하기 위해서는 보조 광학 장치를 사용해야 하고 이때 정밀성과 가격이 문제되었다.

1982년 Y. Ono 와 N. Nishida <sup>[2]</sup>는 여러개의 곡면과를 합성에 만든 generalized zone plate 를 이용한 홀로그래픽 주사장치의 aberration 교정 방법을

제시하였다. 본 논문에서는 전자계산기 홀로그램을 이용한 홀로그래픽 광학소자의 장점을 살려 다면경 주사장치의 레이저 주사면에서의 field flatness 와 scan linearity 를 만족하도록 일종의 zone plate 에 대한 기록과 재생 조건을 해석하여 이를 CGH 기법을 이용하여 제작함으로써 레이저 주사특성을 개선하고자 한다.

## 2. 홀로그래픽 광학소자.

광학소자는 기본적으로 굴절형, 반사형, 회절형의 세가지로 분류되는데 홀로그래픽 광학소자 ( Holographic optical element : HOE ) 는 홀로그램을 이용한 회절형 소자이다. <sup>[3]</sup>

HOE 는 기존의 광학소자에 비해 소형, 경량이며 쉽게 복제가 가능하고, 낮은 F 수와 수차를 갖는 소자를 제작하기 쉬우며, 복합적인 함수를 하나의 소자로 결합할 수 있고, CGH 를 이용해 임의의 특성함수를 갖는 소자를 만들 수 있는 장점 때문에 display 시스템, 레이저 주사, Grating, 푸리에 변환이나 image 렌즈, 일반적인 파면 ( wave front ) 변환 등에 이용될 수 있다.

HOE 의 performance 는 기하학적인 수치와 회절 효율로 평가되는데 홀로그램 제작시의 기록물질의 한계에 따른 기록시와 재생시의 파장의 차이, 간섭 조건, 잡음에 의한 영향으로 전자계산기 홀로그램 ( CGH : Computer-generated Hologram ) 을 이용하여 HOE 를 제작하는 것이 바람직하다.

HOE 나 HOE 를 이용한 광학계의 설계는 시스템의 performance 를 결정해주는 특성함수를 설정하고, 전자계산기를 이용한 기하광학적인 해석이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 주사광점의 주사속도가 일정한지의 여부를 조사하는 주사선형성 ( scan linearity ) E 와 field flatness 정도를 측정하기 위한 주사면과 주사광점의 촛점과의 거리변화량 ( Change in distance ) d 의 두 가지를 주사특성 함수로 설정하고 다음과 같이 표시한다.

$$E = \frac{\text{실제주사길이} - \text{선형주사길이}}{\text{선형주사길이}} \times 100 \% \quad (1)$$

$$d = \frac{\text{편향기와주사촛점간의거리} - \text{주사면간의거리}}{\text{편향기와 주사면간의 거리}} \quad (2)$$

### 3. 홀로렌즈를 이용한 곡률 보정

#### 3-1. 다면경 주사장치의 곡률 특성

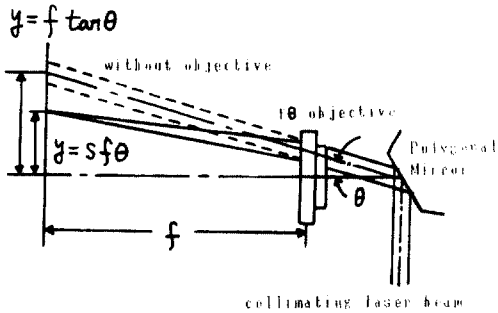


그림 1. 다면경 주사장치

그림 1. 의 under-field, pre-objective 다면경 주사방식을 생각하면, polygon 이 등속으로 회전함에 따라 주사각  $\theta$  는 시간에 비하는 값을 가지나, 주사길이 y 는  $y = f \tan \theta$  의 관계가 있으므로  $\theta$  가 커짐에 따라 주사광점의 크기도 커지고 주사속도도 빨라진다. 즉 회전거리와 주사면의 거리 차에 의해서 그림 2. 와 같은 곡면주사 ( Curved field scan ) 특성을 나타내므로 그림 1. 에서처럼 f $\theta$  특성을 갖는 spherical 렌즈를 사용하여 주사면상에 image point 가 맺도록 field flatness 를 구현해주고, 주사광점의 주사 속도를 일정 하게 하여 scan linearity 를 만족시켜야 한다.

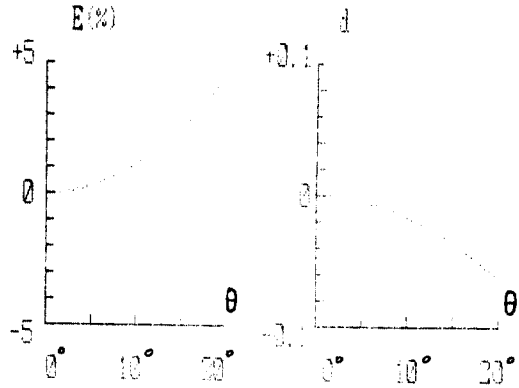


그림 2. 곡률 보정이 되지 않은 주사특성

#### 3-2. f $\theta$ 홀로렌즈

그림 3. 에 제시된 홀로그래피 f $\theta$  특성을 갖기 위해서는 다음 두 식을 만족하는 홀로그래피 파수함수 ( wave number function ) K(r) 을 찾아야 한다.

$$\sin \theta - \sin \theta d = \frac{\lambda}{2\pi} K(r) \quad (3)$$

$$l \tan \theta + f \tan \theta d = f \theta \quad (4)$$

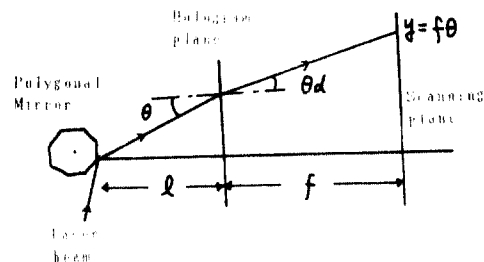


그림 3. 홀로렌즈의 광학적 배열

이때

$$K(r) = \frac{2\pi}{\lambda} \left( \frac{r}{\sqrt{r^2 + f_1^2}} - \frac{r}{\sqrt{r^2 + f_2^2}} \right) \quad (5)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} \quad (6)$$

인 일종의 홀로그래픽 zone plate 를 생각하면, 회전각  $\theta d$  는 식(3)에 의해 얻어지고, 주사길이 y 는  $y = l \tan \theta + f \tan \theta d$  로 표현되므로, 주사선형성 E 는

$$E = \frac{l \tan \theta + f \tan \theta d - f \theta}{f \theta} \times 100 \% \quad (7)$$

로 되고, 홀로그램에 입사되는 주사광점의 크기가  $2 dr$  이라 하면 홀로그램과 image point 와의 거리를  $b$  라 할때 거리변화량  $d$  는

$$d = \frac{b-f}{f} = \frac{2 dr / f}{\tan\theta d(r-dr) - \tan\theta d(r+dr)} - 1 \quad (8)$$

로 표시된다.

조건  $\theta < 1 < f$  와  $\theta < f_1 < f$  에 의해  $\theta = 0^\circ \sim 20^\circ$  의 범위에서 식 (7), (8) 의 주사특성 함수  $E$  와  $d$  가 최소 aberration 허용치를 갖도록 하는 홀로그램 기록 조건과 재생 조건을 조사하면  $f_1 = 0.8 f$ ,  $l = 0.4 f$  일때이고 이때의 aberration 허용치는  $0.013 < E < 0.007$ ,  $-0.0023 < d < 0$  으로 계산된다. (그림 4.)

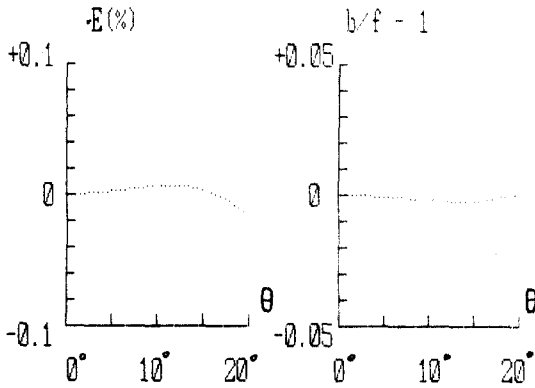


그림 4. 홀로그램에 의한 주사특성

식 (5) 의 홀로그램 위상함수는

$$\phi(r) = \frac{2\pi}{\lambda} (\sqrt{r^2 + f_1^2} - f_1 - \sqrt{r^2 + f_2^2} + f_2) \quad (9)$$

로 표현되고, Lee 형태의 CGH 를 설계하기 위하여 fringe 형태를 구하면  $\phi(r) = 2n\pi$  의 조건에서  $r$  에 대해 정리하면

$$rn = \frac{\sqrt{n\lambda(n\lambda + 2(f_1 - f_2))(n\lambda + 2f_1)(n\lambda - 2f_2)}}{2 [n\lambda + (f_1 - f_2)]} \quad (10)$$

로 표시되어 각 정수  $n$  에 대한 등심원 형태의 fringe 를 얻는다.

#### 4. 실험 및 결과 고찰

##### 4-1. CGH 를 이용한 홀로그램 제작

식 (10) 의 홀로그램 fringe 형태에 대해서

설정한 홀로그램 기록 조건  $f_1 = 0.8 f$ ,  $f_2 = 4 f$  를 적용하여  $f = 288.1 \text{ mm}$ ,  $\lambda = 632.8 \text{ nm}$  일때의 Lee 형태 CGH 를 제작하였다.

이때 CGH 원화를 그리는 Houston DMP-50 series Digital Plotter 의 성능을 고려하여 실제 홀로그램의 30 배가 되도록 그린후 광학 축소하여, 그림 5. 와 같이 168 개의 fringe 를 갖고 렌즈의 직경이 1.57 cm 인 홀로그램을 제작하였다.

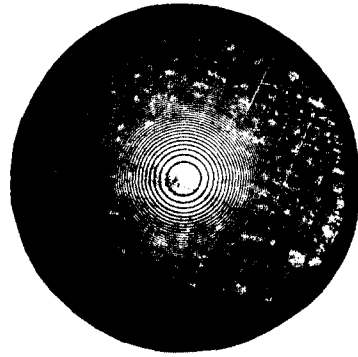


그림 5. 제작된 홀로그램

##### 4-2. 주사특성 실험

제작된 홀로그램을 이용하여 그림 6. 과 같은 레이저 주사장치를 구성하였다.

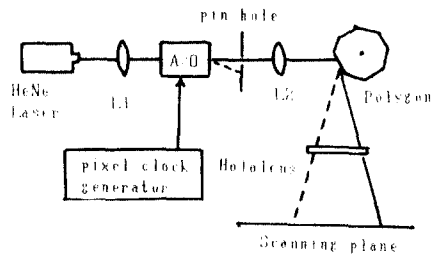


그림 6. 홀로그램을 이용한 레이저 주사장치의 구성

(a) 홀로그램에 입사된 주사형태

(b) 홀로그램을 통한 주사형태

그림 7. 홀로그램을 통한 주사특성 계산

그림 7. 에 홀로렌즈를 적용한 레이저 주사장치의 주사형태를 나타내었다. 그림 7.(b)에서의 해상도는 100  $\mu\text{m}$  이하였고, breaching 후 홀로렌즈의 회절 효율은 12.4 % 로 측정되었다.

#### 5. 결 론

본 논문에서는 레이저 주사장치의 곡률주사 ( Curved field scan ) 특성을 광학적으로 보정 ( Optical Correction ) 하는 방법의 하나로 CGH 를 이용한 홀로그래픽 광학소자에 의한 aberration 교정 방법을 제시하였다. 제작된 홀로렌즈를 이용하여 레이저 주사장치의 광학계 구성을 간단히 하면서 field flatness 와 Scan linearity 를 개선하는 주사특성을 얻을 수 있음을 보였다.

#### 참 고 문 헌

1. L.Beiser , Laser Application , Monte Ross , Ed. ( Academic , New York , 1974 ) , Vol.2 , p.53
2. Y.Ono and N.Nishida , " Holographic Laser Scanners using Generalized zone plates ," Appl. Opt. 21, p.4542, 1982
3. B.J.Chang and K.A.Winick , " Holographic Optical Elements ," Proc. SPIE 299, p.157, 1981
4. O.Bryngdahl and W.H.Lee , " Laser beam scanning using computer-generated holograms ," Appl. Opt. 15, p.183, 1976