

論文2000-37SD-9-5

광굴절 격자에서 집속 판독빔에 의한 각도 선택 특성 분석 (Analysis of the Angular Selectivity due to the Focused Readout Beam in Photorefractive Grating)

安俊遠*, 金男*, 李權淵**, 李賢宰***, 徐完錫***

(Jun-Won An, Nam Kim, Kwon-Yeon Lee, Hyun-Jae Lee, and
Wan-Seok Seo)

요 약

광굴절 부피격자에 집속되는 판독빔이 입사될 때 나타나는 각도 선택 특성을 기하학적으로 해석하고 실험 결과를 제시하였다. 해석 결과 각도 선택 특성은 판독빔의 입사조건에 의해 결정되며, 기록빔의 입사조건에 독립적인 특성을 보였다. 제시된 각도 선택 특성 이론의 증명을 위해 기록빔의 입사각, 판독빔의 폭, 집속렌즈의 초점거리에 대한 각도 선택 특성을 측정하였다. 실험 결과 기록빔의 외부 교차 반각이 8°, 10°, 14° 일 때의 각도 선택 특성은 각각 2.632°, 2.618°, 2.604° 로 기록 조건에 무관한 특성을 얻은 반면 동일한 기록빔의 입사각에 대해 판독빔의 폭을 9.7mm, 2.1mm 로 조정할 경우 2.632°, 0.588° 의 특성을 보임으로써 판독빔에 의해 각도 선택 특성 제어가 이루어짐을 볼 수 있었다.

Abstract

An angular selectivity through the focused readout beam is geometrically analyzed and experimental results are presented. Based on the analysis of geometrical results, we derive a new relation that the angular selectivity depends on incident conditions of the readout beam and independent on the writing conditions. In order to demonstrate our theory, we investigate angular selectivity as functions of following factors; writing beam incident angle, readout beam width and lens focal length. From the experimental results, it is shown that the angular selectivities are 2.632°, 2.618°, 2.604° when the external half-crossing angles of writing beam are 8°, 10°, 14°, respectively. Applying the same incident angle of the recording beam, angular selectivity is changed by the control of readout beam width and then their properties are 2.632°, 0.588°. From these results, we have known that the angular selectivity is very critical to incident conditions of readout beam.

I. 서 론

코히어런트한 두 빔의 간섭(interference)에 의한 광굴절 부피격자는 높은 회절효율, 강한 비선형성, 격자 형성 및 소거의 용이성, 광대역에 대한 감광성 등과 같은 특성으로 인해 광통신 소자 및 새로운 광 메모리 소자로서 각광받고 있다^[1-4]. 광굴절 부피격자의 각도 선택성은 회절 광학소자(DOE: diffracted optical element) 및 광정보 저장 소자 등에 적용시 가장 필수적으로 고려되어야 할 특성이다. 기록빔과 판독빔이 모두 평행광인 경우 광학장치의 수차 및 광

* 正會員, 忠北大學校 工科大學 電氣電子工學部
(Chungbuk Nat'l Univ. School of Electrical & Electronics Eng.)

** 正會員, 順天大學校, 工科大學 電子工學科
(Sunchon Nat'l Univ. Dept. of Elec. Eng.)

*** 正會員, 韓國電子通信研究員, 光多重化팀
(ETRI)

接受日字:1999年7月7日, 수정완료일:2000年7月29日

학 시스템의 오차가 없다고 가정하면 기록빔 파장, 기록빔 입사각, 매질의 두께가 각도 선택 특성을 결정한다. 이때, 일반적으로 고려되는 각도 선택성은 기록빔의 파장이 짧을수록, 기록빔 입사각이 90°에 가까울수록, 매질의 두께가 클수록 예민한 특성을 갖는다. 따라서, 광메모리 시스템과 같이 첨예한 각도 선택성이 요구되는 응용분야에 적용할 때는 두 기록빔의 입사각을 90°에 가까운 조건에서 기록하고, 두꺼운 매질을 사용하는 것이 일반적이다. 반면, 넓은 각도 범위에서 회절 특성을 얻거나 광대역 대역통과필터를 구성하기 위해서는 기록빔의 입사각을 좁히고, 두 기록빔의 결합길이를 줄이는 방안 등이 요구된다. 하지만, 평행한 두 기록빔에 의해 기록된 부피형 회절격자에 접속되는 판독빔이 입사되는 경우에는 지금까지 고려된 각도 선택성 이론이 적용되지 않는다.

본 논문은 1cm³ 크기의 Fe-LiNbO₃ 광굴절 결정에 형성된 홀로그래픽 부피 격자의 파수 벡터 방향이 결정의 축 방향에 평행하게 기록되고, 접속되는 판독빔이 입사될 때의 각도 선택성을 기하학적으로 해석하고 실험 결과를 제시한다. 해석 결과 접속빔에 의한 각도 선택성은 일반적인 해석에서 중요하게 고려되는 기록빔 입사각 및 파장, 결정 길이에는 영향을 받지 않고, 판독빔의 개구면 폭과 접속시 사용되는 렌즈의 초점거리에 의해 결정됨을 유추하였다. 즉, 렌즈의 초점거리가 고정되어 있을때 판독빔의 폭이 넓을수록 결과적인 각도 선택 특성이 넓어지며, 판독빔 폭이 고정된 경우 렌즈의 초점거리가 짧을수록 넓어지는 특성을 갖는다. 해석 결과의 증명을 위해 기록빔의 교차 반각, 판독빔의 폭, 렌즈의 초점거리의 변화에 따른 영향을 측정하였다.

II 광굴절 부피격자의 각도 선택성

특정한 파장을 갖는 빔이 광굴절 부피격자에 입사될 때, 입사각도의 브래그 조건 불일치 정도에 따른 회절 효율 η 는 기록빔의 파장(λ_w), 기록빔의 입사각(θ_w), 매질 굴절률(n), 위상 불일치의 정도($\Delta\theta_R$)에 의해 결정된다. 이는 기록빔의 입사각이 넓을수록 위상 불일치의 정도에 따라 회절효율이 급격히 감소한다. 즉, 기록빔의 입사각도가 넓을수록 각도 선택 특성이 예민한 결과를 보인다. 식 (1)은 부피형 회절격자에 의한 회절빔의 효율 분포를 나타낸 것이고,

$$\eta \propto \sin^2(\Delta k_z \cdot L_z) \tag{1}$$

식 (2)는 광굴절 격자에 입사되는 빔의 위상 불일치를 나타낸다.

$$\Delta k_z = \frac{\pi \cdot n \cdot \Delta\theta_R \cdot \sin(\theta_R + \theta_O)}{\lambda_w \cdot \cos\theta_O} \tag{2}$$

식에서 θ_O 와 θ_R 은 회절격자를 기록하기 위한 물체빔과 기준빔의 내부 입사 반각을 의미하며, 결정의 축방향에 수직인 격자를 기록하는 경우에는 " $\theta_O = \theta_R = \theta_w$ "로 가정할 수 있다.

즉, 식 (1)은 식 (3)과 같이 다시 쓸 수 있으며, $\Delta\theta_R$ 은 브래그 조건에서 벗어난 각도, L_z 는 두 기록빔의 결합길이이다^[5-9].

$$\eta \propto \sin^2\left(\frac{\pi \cdot n \cdot \Delta\theta_R \cdot \sin(2\theta_w) \cdot L_z}{\lambda_w \cdot \cos\theta_w}\right) \tag{3}$$

그림 1은 격자의 파수벡터 방향이 결정 축 방향에 평행하게 기록되었고, 두 기록빔 및 판독빔이 모두 평행광인 조건에서 식 (3)을 이용해 입사각의 불일치 정도 $\Delta\theta_R$ 의 변화에 따른 회절효율 분포를 계산한 결과이다. 계산시 두 빔의 결합길이 $L_z = 10\text{mm}$, 기록빔의 파장 $\lambda_w = 514.5\text{nm}$, 매질의 굴절률 $n = 2.3325$ 이 적용되었다. 그림에서 최대 회절효율을 갖는 각도와 첫 번째 0%를 갖는 각도 사이 혹은 최대 회절 효율에 대해 50% 값을 갖는 각도 사이의 차를 각도 선택성 $\delta\theta$ 라 정의한다. 그림 1(a), (b), (c), (d)는 기록빔의 내부 교차 반각이 각각 5°, 10°, 20°, 30°인 때의 값을 나타낸 것으로 일반적으로 예측할 수 있는바와 같이 기록빔 입사각도가 넓을수록 예민한 각도 선택성을 갖고 기록빔 입사각도에 대해 매우 민감한 특성을 갖는다.

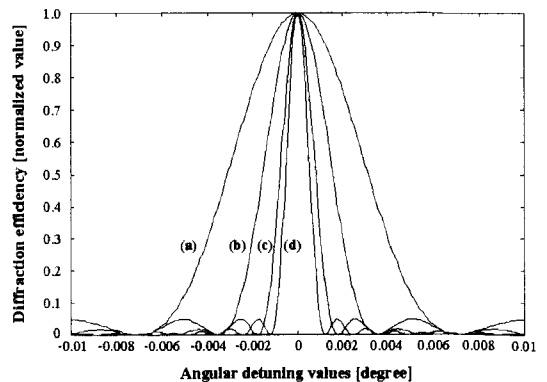


그림 1. 판독빔의 입사각 불일치에 따른 회절효율
Fig. 1. Diffraction efficiency due to the readout beam angle mismatch.

위에서 서술한 광굴절 부피격자의 각도 선택 특성은 그림 2와 같이 집속되는 판독빔이 이용된 경우 동일하게 해석될 수 없다. 그림에서 판독빔은 $\theta_x - \Delta\theta/2$ 에서 $\theta_x + \Delta\theta/2$ 범위의 각도로 광굴절 격자에 입사되고, $\Delta\theta = 2 \cdot \tan^{-1}[(d_1 + d_2)/2f]$ 로 간단히 표현할 수 있다.

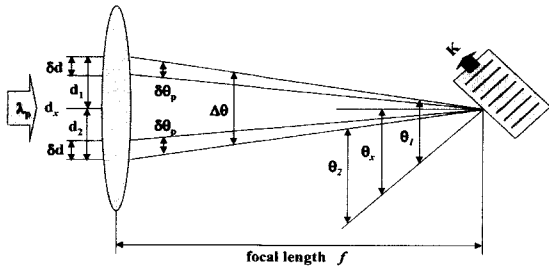


그림 2. 집속되는 판독빔의 입사 구조
Fig. 2. Illumination structure of the focused readout beam.

그림 2에서 입사되는 빔의 파장을 λ_p , 격자간격이 A_p , 이때 광굴절 부피격자의 각도 선택 특성을 $\delta\theta_p$ 라 정의한다. θ_x 는 광굴절 매질의 법선 방향과 집속 렌즈의 광축 사이의 각도이며, 특성 해석시 광굴절 결정의 각도 선택성에서 sidelobe 성분은 무시한다. 회절 특성은 $\theta_x = \theta_1, \theta_x = \theta_2, \theta_x = \theta_1 - \delta\theta_p, \theta_2 + \delta\theta_p$ 인 세 경우에 대해 분석하고, 상호 관계를 제시한다.

1. 조건 I: θ_x 가 θ_1 으로 변화된 경우

이때, 브래그 조건을 만족하며 입사되는 방향은 그림 2에서 " $d_x + d_1$ "이지만, 브래그 조건에서 $\delta\theta_p$ 만큼 벗어난 성분들도 일부 영향을 미친다. 즉, " $d_x + d_1 - \delta d$ " 범위 내에 있는 빔들이 일부 회절되고, 결과적인 회절빔의 세기는 식 (4)와 같이 쓸 수 있다. 식에서 $\eta[\theta_B]$ 는 브래그 조건이 완전히 만족된 경우 회절효율을 의미하며, $\eta[\theta_B + x]$ 는 x 만큼 브래그 조건이 불일치 되었을 때 회절효율이다.

$$I_{CASE1} = \frac{\eta[\theta_B] + \sum_{n=1}^{\infty} \eta[\theta_B - \delta\theta_n]}{N} \times I_i \quad (4)$$

I_i 는 입사되는 빔의 세기이고, $\delta\theta_n$ 은 θ_1 과 $\theta_1 - \delta\theta_p$ 사이에 존재하는 무한개의 각도를 나타낸다.

2. 조건 II: θ_x 가 θ_2 로 변화된 경우

이 경우 브래그 조건을 만족하는 빔은 " $d_x - d_2$ "의 방향으로 입사되며, " $d_x - d_2 + \delta d$ " 범위 내에 속한 빔들이 회절된다. 이때, 회절되는 빔 세기는 식 (5)와 같이 표현 가능하다. 광굴절 부피격자의 각도 선택 특성은 그림 1에서 보는 것 같이 최대 회절효율을 갖는 지점을 중심으로 대칭의 형태를 띄고 있다. 결국, 식 (5)는 θ_x 가 θ_1 으로 변화된 경우와 같은 세기를 갖는다.

$$I_{CASEII} = \frac{\eta[\theta_B] + \sum_{n=1}^{\infty} \eta[\theta_B + \delta\theta_n]}{N} \times I_i \quad (5)$$

3. 조건 III: θ_x 가 $\theta_1 - \delta\theta_p$ 혹은 $\theta_2 + \delta\theta_p$ 로 변화된 경우

θ_x 가 $\theta_1 - \delta\theta_p$ 로 변화된 경우에는 " $d_x + d_1 - \delta d$ "의 방향을 갖는 성분들이 브래그 조건을 만족하여 최대의 회절특성을 갖고 " $(d_x + d_1 - \delta d) \pm \delta d$ " 범위의 방향성을 갖는 빔들에 의해 영향받는다. 입사각도의 측면에서 보면 브래그 조건이 만족되는 각 " $(\theta_1 - \delta\theta_p) \pm \delta\theta_p$ " 범위의 영향을 받기 때문에 결과적인 회절빔의 세기는 식 (6)과 같다.

$$I_{CASEIII} = \frac{\eta[\theta_B] + \sum_{n=1}^{\infty} \eta[\theta_B + \delta\theta_n] + \sum_{n=1}^{\infty} \eta[\theta_B - \delta\theta_n]}{N} \times I_i \quad (6)$$

θ_x 가 $\theta_2 + \delta\theta_p$ 로 변화된 경우 브래그 조건을 만족시키는 입사방향은 " $d_x - d_2 + \delta d$ " 이다. 이때, 회절되는 성분은 위에서 예측한 결과와 유사하게 유도될 수 있으며 " $(d_x - d_2 + \delta d) \pm \delta d$ "의 방향성을 갖는 빔의 영향을 받고, 회절되는 빔세기는 식 (6)과 동일하게 표현 가능하다. θ_x 가 $(\theta_2 + \delta\theta) \sim (\theta_1 - \delta\theta)$ 사이에서 변화되는 경우에도 식 (6)과 같은 회절세기를 갖는다는 특성도 쉽게 예측할 수 있다.

식 (4) ~ (6)에서 $\eta[\theta_B] \ll \sum_{n=0}^{\infty} \eta[\theta_B + \delta\theta_n]$ 와 $\sum_{n=0}^{\infty} \eta[\theta_B + \delta\theta_n] = \sum_{n=0}^{\infty} \eta[\theta_B - \delta\theta_n]$ 인 특성을 고려하면 식 (7)과 같은 상호 관계를 유추할 수 있다.

$$I_{CASE1} = I_{CASEII} = \frac{I_{CASEIII}}{2} \quad (7)$$

결과적으로 그림 2와 같은 구조가 적용된 경우 최대 회절 세기를 갖는 각도 범위 $\Delta\theta_{max}$ 는 $(\theta_1 - \delta\theta_p) \sim (\theta_2 + \delta\theta_p)$ 의 범위를 갖는다. 또한, $\Delta\theta_{max}$ 범위에서 회절되는 빔세기의 50%에 대한 값을 갖는 각도는 각각 θ_1 과 θ_2 임을 식 (7)로부터 얻을 수 있다. 따라서, 결과적인 각도 선택 특성 $\delta\theta_{NEW}$ 은 식 (8)과 같이 새롭게 결정된다.

$$\delta\theta_{NEW} = \theta_1 - \theta_2 = \Delta\theta \quad (8)$$

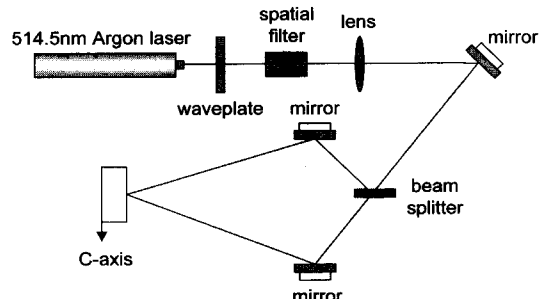
본 구조에서 얻을 수 있는 또다른 특성은 위에서 제시한 $\Delta\theta_{max}$ 범위 내에서 회절되는 빔세기는 최대 크기를 갖을 뿐 아니라 동일한 세기를 갖는 것이다. 이러한 특성은 좁은 각도 범위에 대해서 적용되지 않지만 넓은 각도에서 균일한 회절 효율 특성이 요구되는 시스템에 효과적으로 적용될 수 있다. 즉 수십 nm 정도의 광대역 특성을 갖는 파장 선택 필터 및 광대역 진치 증폭기 등과 같은 소자로 적용 가능하다. 이러한 구조에서 각도 선택 특성을 변화시킬 수 있는 요소는 판독빔 개구면 폭과 집속렌즈의 초점거리이다. 이 중에서 렌즈의 초점거리를 변화시키는 것은 광학적 정렬 및 시스템 구조상에 복잡한 문제를 야기하므로, 판독빔 폭을 제어함으로써 각도 선택 특성의 변화를 유도하는 방식이 더 유리할 것으로 생각된다.

III 실험 및 결과분석

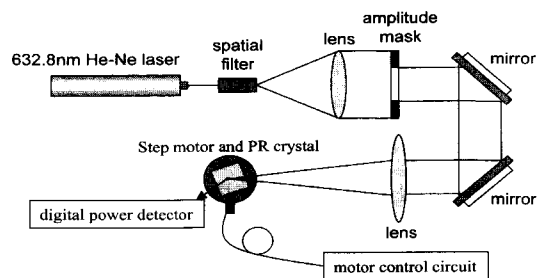
본 절에서는 앞에서 서술한 광굴절 부피격자의 각도 선택 특성의 증명을 위한 광학적 실험 결과를 제시한다. 가장먼저, 격자 기록시 적용되는 기록빔의 교차 반각에 따른 영향을 측정해 기록조건이 각도 선택 특성에 미치는 영향을 분석한다. 이를 위해 판독빔 폭은 9.7mm 이고, 렌즈의 초점거리가 200mm 인 때, 기록빔의 외부 교차 반각을 8°, 10°, 14°로 변화시켜 각 격자의 각도 선택 특성을 조사하였다. 또한, 판독빔 폭에 따른 각도 선택 특성 관찰을 위해 기록빔의 외부 교차 반각이 14° 이고, 200mm의 초점거리를 갖는 렌즈 이용시 판독빔의 개구면 폭이 9.7mm, 2.1mm 인 경우에 대해 실험하였다. 마지막으로, 각도 선택 특성을 변화시킬 수 있는 요소인 렌즈의 초점거리를 제시해 앞 절에서 분석한 새로운 각도 선택 특성 이론

을 증명한다.

집속되는 판독빔에 의한 각도 선택 특성 조사를 위해 그림 3과 같은 광학 장치를 구성하였다. 514.5nm 파장을 갖는 기록빔은 편광기(polarization rotator)를 통해 정상편광(ordinary polarization) 상태로 고정된 이후 공간필터(spatial filter)와 렌즈를 통해 3mm의 폭을 갖는 평행광으로 변형된다. 두 빔은 결정에 입사되어 부피격자를 형성하고, 약 1시간 동안 160°C의 온도에서 열 정착(thermal fixing)된다. 그림 3(a)의 광학 장치를 통해 기록된 회절격자는 그림 3(b)의 실험도를 통해 각도 선택 특성이 측정된다. 측정시 적용된 광원은 632.8nm 파장을 갖으며 기록빔과 동일한 정상 편광 상태이다. 판독 광원은 공간 필터와 렌즈를 통해 균일한 세기를 갖는 평행광으로 변화되고, 마스크(mask)에 의해 빔폭이 제어된 후 렌즈를 통해 격자에 입사된다. 각도 선택 특성 측정시에는 4비트 제어신호를 통해 제어가 가능한 Oriental사의 CFK569K 스텝모터를 사용했으며, 결정을 회전시켜 회절되는 빔 세기를 측정하였다. 그림 3(b)에서 판독빔을 집속시키기 위한 렌즈(L2)의 초점거리는 200mm, 600mm 이며, 빔 폭 제어를 위한 마스크는 9.7mm, 2.1mm의 개구



(a) 격자 기록 장치도



(b) 각도선택성 측정 장치도

그림 3. 각도 선택성 측정을 위한 실험도

Fig. 3. Optical setup for measurement of the angular selectivity.

면을 갖는다. 앞절에서 예측한 각도 선택 특성 식 (8) 을 통해 각 조건에 대한 특성을 예측할 수 있다. 즉, 판독빔 폭이 9.7mm 이고 렌즈의 초점거리가 200mm 일때 예측되는 각도 선택 특성은 2.7767° 이며, 600mm 의 초점거리를 갖는 렌즈 적용시는 0.9262° 이다. 빔 폭이 2.1mm 이고 렌즈 초점거리가 200mm 일 때 0.6016° 의 각도 선택 특성이 예측되며, 600mm 의 렌즈를 사용한 때는 0.2005° 이다.

(1) 기록 조건에 따른 각도 선택성

일반적인 광굴절 부피격자의 각도 선택 특성을 결정하는 기록빔 입사각에 대한 영향을 측정하였다. 그림 4는 판독빔으로 사용되는 빔의 폭이 9.7mm 이고 렌즈의 초점거리가 200mm 인 조건에서 기록빔의 입사 반각이 $8^\circ, 10^\circ, 14^\circ$ 인 경우에 대한 각도 선택성 측정 결과이다. 그림 4(a)는 기록빔의 입사 반각이 8° , (b) 와 (c)는 각각 $10^\circ, 14^\circ$ 인 조건일 때의 특성으로 각각 (a) 2.632° (b) 2.618° (c) 2.604° 의 값을 갖는다. 이는 새로이 제시된 각도 선택 특성 이론(식 (8))에서 예측할 수 있는 값과 거의 일치하는 값이며, 실험결과는 아주 중요한 의미를 갖는다. 현재까지 고려되어 왔던 광굴절 격자의 각도 선택 특성은 그림 1에서 예측한 것과 같이 기록빔의 입사각에 지배적으로 의존한다는 개념으로는 해석될 수 없으며, 앞 절에서 예측한 관계에 의해 해석할 수 있다. 즉, 각도 선택특성을 결정하는데 있어서 가장 중요하게 고려해야 할 요소인 기록빔의 입사각도가 집속 판독빔이 적용된 경우에는 영향을 미치지 않는다는 결론을 얻을 수 있다.

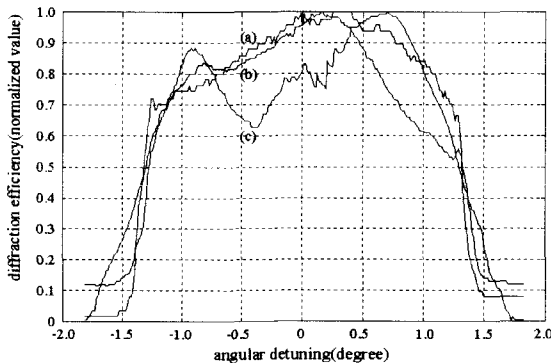


그림 4. 기록빔 입사 반각에 따른 각도선택성 측정결과
Fig. 4. Experimental results of the angular selectivity due to the writing beam incident half-angle.

(2) 판독 조건에 따른 각도 선택성

제시된 각도 선택성에서 특성을 변화시킬 수 있는 요소 중 하나인 판독빔 폭에 대한 영향을 조사하기 위해 판독빔 폭을 변화시켜 각도 선택 특성을 측정하였다. 그림 5는 그림 3의 실험 구성도에서 기록빔의 입사각이 14° 이고 이용되는 렌즈의 초점거리가 200mm 로 고정된 경우 판독빔의 폭이 2.1mm 일때와 9.7mm 인 경우 각도 선택 특성을 측정한 결과이다. 빔 폭이 2.1mm 일 때 각도 선택 특성(그림 5(b)) 약 0.588° 이고 9.7mm 의 폭을 갖는 판독빔을 사용한 경우는(그림 5(a)) 2.632° 이다. 그림에서 각도 선택 특성은 고정된 기록빔 입사각에 대해 큰 차이를 갖는 결과를 볼 수 있으며, 판독빔으로 사용된 빔 폭에 의해 특성이 결정됨을 알 수 있다. 즉, 집속된 빔을 이용해 회절 성분을 고려하는 경우 각도 선택성을 조절할 수 있는 지배적인 요소 중의 하나가 입사되는 빔 폭이며, 공간 광학 변조기 등을 이용해 판독빔의 개구면 폭을 조정하면 실시간적인 각도 선택 특성 제어가 가능할 것으로 예측된다.

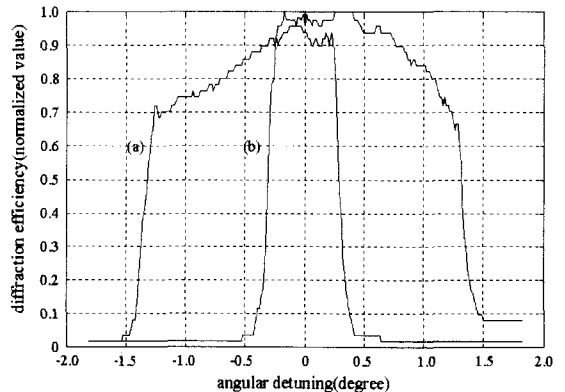


그림 5. 판독빔의 폭 변화에 따른 각도 선택성 측정결과
Fig. 5. Experimental results of the angular selectivity due to the readout beam width.

판독빔 폭이 고정되어 있는 경우 격자에 입사되는 각 범위를 조절할 수 있는 또 다른 요소는 렌즈의 초점거리이다. 그림 6은 그림 3의 실험 구성도에서 판독빔의 폭이 2.1mm 이고 기록빔의 입사각이 14° 로 고정되었을 때 사용되는 렌즈의 초점거리 변화에 따른 각도 선택성을 측정한 결과이다. 그림 6(a)는 초점거리가 200mm 인 때의 결과로서 약 0.588° 의 각도 선택

택 특성을 가지며, 그림 6(b)는 600mm의 초점거리를 갖는 렌즈를 사용했을 때 0.308°의 각도 선택성을 나타낸다. 즉, 판독빔이 접속되어 입사되는 경우 각도 선택 특성을 변화시킬 수 있는 요소는 판독빔의 폭과 접속 렌즈의 초점거리임을 나타낸다.

그림 4, 5, 6을 종합해 보면, 접속되는 판독빔이 적용된 경우 광굴절 회절격자의 각도 선택성은 기록빔의 입사각 및 상호작용길이와 같은 기록조건과는 무관하며, 식 (8)에 의해 결정되는 판독빔의 입사각 범위 $\Delta\theta$ 에 의존한다는 새로운 특성을 나타낸다. 또한, 판독빔의 입사각 범위 $\Delta\theta$ 를 변화시킬 수 있는 요소는 앞절에서 서술한 바와 같이 판독빔의 개구면 폭과 접속시 사용되는 렌즈의 초점거리이다. 이러한 두가지 방법 중 렌즈의 초점거리를 변화시키는 방법은 구성이 복잡해질 뿐 아니라 광학적 정렬에 어려움이 있으므로 각도 선택 특성 제어시 사용하기에는 부적절할 것으로 생각된다. 하지만, 판독빔 폭을 제어하는 방식은 간단히 이를 수 있으므로 광대역 파장 선택 필터 및 전치 증폭기, 각도 선택 특성 제어를 위한 시스템에 적용시 바람직한 방식으로 생각된다.

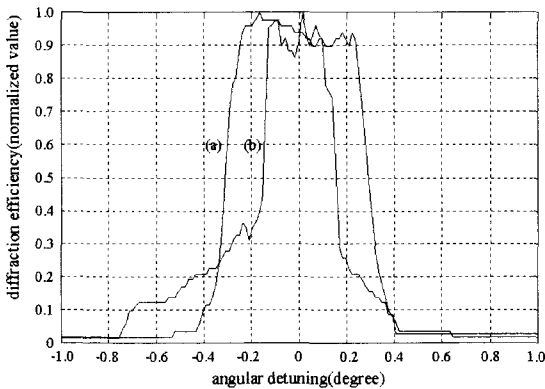


그림 6. 렌즈 초점거리 변화에 따른 각도 선택성 측정 결과

Fig. 6. Experimental results of the angular selectivity due to the lens focal length.

IV 결 론

광굴절 부피형 회절격자에 접속되는 판독빔이 입사되는 경우 각도 선택 특성에 대해 해석하고 실험 결과를 제시하였다. 회절격자에 평행광이 입사되는 경우 각도 선택 특성은 기록빔의 입사각 및 상호작용길이와 같은 기록조건에 따라 그 특성이 변화된다. 하지만, 판

독빔이 접속되어 입사되는 경우 회절격자의 각도 선택성은 격자 기록조건에의 영향은 거의 무시할 수 있으며, 판독빔의 입사조건에 의해 결정된다는 결론을 얻었다. 즉, 판독빔이 격자에 입사되는 각도 범위가 각도 선택성에 지배적인 영향을 미치고, 이를 조절할 수 있는 요소는 판독빔 폭과 렌즈의 초점거리이다. 실험결과 판독빔으로 입사되는 빔 폭이 9.7mm, 접속 렌즈의 초점거리가 200mm로 고정되었고, 기록빔의 입사각이 8°, 10°, 14°인 경우 각도 선택 특성은 각각 2.632°, 2.618°, 2.604°로 거의 동일한 특성을 보여, 기록빔의 입사각이 각도 선택 특성과 무관한 특성을 나타내었다. 기록빔의 입사각과 초점거리가 14°, 200mm로 고정된 경우 접속되는 빔 폭을 2.1mm, 9.7mm로 변화시켰을 때 0.588°, 2.632°의 결과를 얻었고, 기록빔 입사각 14, 판독빔 폭 2.1mm 인때 렌즈 초점거리 변화에 따른 특성은 0.588°, 0.308°로 변화되는 특성을 보였다.

이상의 실험결과는 앞절에서 제시된 각도 선택 특성에서 예측되는 값과 거의 일치할 뿐 아니라 판독빔의 입사조건이 광굴절 부피격자의 각도 선택 특성을 결정한다는 결론을 유추한다. 접속되는 판독빔을 적용된 경우 변화되는 각도 선택성 특성은 비교적 넓은 각도 범위에서 회절 성분을 필요로 하는 시스템이나 광대역 파장선택필터의 이득 평탄화와 같은 분야에 적용할 수 있다. 또한, 실시간 광학소자인 공간광학변조기와 같은 소자를 사용하면 실시간적으로 각도선택성을 조정할 수 있는 시스템 구성이 가능하다.

참 고 문 헌

[1] I. McMichael, W. Christian, D. Pletcher, T. Y. Chang, and J. Hong, "Compact holographic storage demonstrator with rapid access," *Appl. Opt.*, vol. 35, no. 14, pp. 2375-2379, 1996.

[2] J. Ma, T. Chang, J. Hong, R. Neurgaonkar, G. Barbastathis, and D. Psaltis, "Electrical fixing of 1000 angle-multiplexed holograms in SBN:75," *Opt. Lett.*, vol. 22, no. 14, pp. 1116-1118, 1997.

[3] J. Zhang, F. T. S. Yu, and D. K. McMillen, "Coupling kinetics of the photorefractive

- hologram," Appl. Opt., vol. 35, no. 14, pp. 2355-2359, 1996.
- [4] R. T. B. James, C. Wah, K. Iizuka, and H. Shimotahira, "Optically tunable optical filter," Appl. Opt., vol. 34, no. 35, pp. 8230-8235, 1995.g
- [5] H. Kogelnik, "Coupled wave theory for thick hologram gratings," Bell System Technical Journal, vol. 48, no. 9, pp. 2909-2947, 1969.
- [6] J. Hong, I. McMichael, T. Y. Chang, W. Christian, and E. G. Paek, "Volume holographic memory systems: technique and architectures," Opt. Eng., vol. 34, no. 8, pp. 2193-2203, 1995.
- [7] M. J. Damzen, Y. Matsumoto, G. J. Crofts, and R. P. M. Green, "Bragg selectivity of a volume gain grating," Opt. Comm., vol. 123, no.1, pp. 182-188, 1996.
- [8] P. Zhu, X. Liu, and Z. Xu, "Color holography using the angular selectivity of volume recording media," Appl. Opt., vol. 34, no. 5, pp.842-845, 1995.
- [9] X. Li, Q. He, M. Wu, Y. Yan, and G. Jin, "Diffraction efficiency of a volume hologram with spherical reference beams," Opt. Comm., vol. 149, no. 1, pp. 13-18, 1998.
- [10] 안준원, 김남, 이권연, 안주현, "광굴절 결정의 파장선택성을 이용한 투과형 대역통과필터," 한국통신학회논문지, 제 23 권 제 4 호, pp. 1051-1058, 1998

 저 자 소 개

安 俊 遠 第35卷 第3號 D編 參照

金 男 第33卷 第3號 A編 參照

李 權 淵 第33卷 第5號 A編 參照

李 賢 宰 第37卷 第5號 SD編 參照

徐 完 錫 第35卷 第8號 D編 參照