

論文96-33A-5-14

Block-Quantized 이진 위상 홀로그램을 이용한 효율적인 광학적 Perfect Shuffle의 구현

(An Implementation of the Efficient Optical Perfect Shuffle Interconnection with Block-Quantized Binary Phase Hologram)

金熙周*, 許賢*, 潘在景*

(Hee Ju Kim, Hyun Huh, and Jae Kyung Pan)

요 약

본 논문에서는 PS를 광학적으로 구현할 경우 중요한 요소인 높은 회절효율을 갖는 회절격자를 제작하기 위하여 BQBPH방식을 도입하였다. 회절격자 패턴은 반복법을 이용한 컴퓨터 모의실험에 의해 설계하였고, 설계된 회절격자의 회절효율은 BPM 모의 실험한 경우 약 67%이었다. 회절격자 제작은 레이저 빔 라이터를 이용하였으며 측정된 회절효율은 47%이었다. 제작된 회절격자를 이용하여 광학적으로 PS를 구현하였으며, 광학실험결과 PS된 결과패턴을 얻을 수 있었으며 1차 출력으로 입력이 대부분 회절 됨을 볼 수 있었다.

Abstract

In this paper, we introduced the BQBPH method for making the grating of high efficiency which was important in implementing optical PS. The pattern of grating was obtained by computer simulations using iterative method, and the diffraction efficiency of designed grating was about 67% through BPM simulation. The grating was fabricated by laser beam writer, and the diffraction efficiency was 47%. We implemented the optical PS with the grating and showed that optical experimental output patterns were good agreement with PS output patterns and first order was main diffraction order.

I. 서 론

초병렬 시스템이나 집적도가 높은 시스템에서 신호 전송의 매체로 전기신호를 사용했을 때 나타나는 문제점을 극복하고자 최근 광을 이용한 신호전송에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.^[1,2] 광연결은 광 자체의 병렬성과 외부잡음에 강하고, VLSI 등에서 클락

(clock) 신호의 전송시 나타나는 스큐(skew)현상이 적으며, 공간적인 구성을 쉽게 이룰 수 있는 장점 등이 있어 전기신호를 대체할 수 있는 가장 기대되는 방식이다. 따라서 광을 이용한 연결망에 대한 많은 연구가 이루어지고 있으며, 기존의 도선을 이용한 여러 연결패턴에 대한 광학적 구성이 시도되었으며, 특히 동적인 연결망에 대한 광의 장점 때문에 이 부분에 대한 광범위한 연구가 이루어졌다. 이런 동적인 특성을 이룰 수 있는 연결망으로 크로스바(crossbar) 연결을 생각할 수 있으나 이 연결망은 입력의 수가 증가할 수록 시스템 구성이 비효율적이어서 그 결과로 다단연결망이 도입되었다.^[2,3]

다단연결망이란 범용적인 연결망을 이루기 위해 기

* 正會員, 全北大學校 電氣工學科

(Dept. of Elec. Eng., Chonbuk Nat'l Univ.)

※ 이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

接受日字: 1995年9月28日, 수정완료일: 1996年4月23日

본적인 연결 패턴과 스위칭부가 다단으로 연결되어 동적인 연결망을 이루게 되어 장거리 통신과 병렬처리 등의 시스템 구성에 중요한 요소로 작용한다. 기본적인 연결 패턴 중 perfect shuffle(PS)을 이용한 다단연결망의 구성은 연결 패턴의 규칙성과 FFT, 라우팅(routing), 다항식(polynomial) 연산 등의 여러 유용한 병렬처리 알고리즘에 사용될 수 있다는 특성이 알려져 있다.^[4,5] 전자회로적으로 PS를 구현한다면 전자회로 집적의 특성상 일차원 입력에 대한 PS밖에 구성할 수 없으나, 광을 이용할 경우에는 자유공간상에서의 광자체의 병렬성에 의해 공간적 구성이 용이하게 된다. 따라서 평면적인 연결보다 공간적인 연결망을 이루었을 때 기대되는 고집적화 등의 장점이 기대되어 현재 광을 이용한 공간적인 PS를 구성하기 위한 많은 연구가 시도되었으며, 연구의 초점은 구성의 용이성과 효율의 증대, 그리고 집적도가 용이한 방식을 찾는 데 있다. 광 경로를 구성하기 위한 방식 중에는 렌즈, 프리즘 등의 순수한 광학소자를 이용한 방식과, computer generated hologram(CGH)나 홀로그램 등의 회절광학소자를 이용한 방식 등이 연구되고 있으며, 특히 제작의 용이성과 재생산성이 용이하여 회절광학소자를 이용한 PS의 구성에 많은 관심이 모아지고 있다. 그러나 CGH를 이용할 경우에는 CGH 제작 장비와 재료에 따라 효율과 구성의 용이성이 결정되고 있으며, 이중 효율은 실제 시스템인 다단 연결망을 구성할 경우 중요한 요소로서 작용하게 된다.

본 논문에서는 PS 구성방식 중 one copy algorithm(OCA)방식과 이진 위상 CGH제작 방법의 하나인 block-quantized binary phase hologram(BQBPH)방식을 결합한 PS의 광학적 구성 방식을 제안하였다. 그리고 최근 광집적회로 해석과 설계에 널리 이용되고 있는 beam propagation method(BPM)을 이용하여 모의 실험하였으며, BQBPH에서 얻어진 패턴을 레이저빔 리라이터를 이용하여 제작하였고, 이의 회절 효율 측정 및 이를 이용한 광학적 PS를 구성하였다.

II. PS의 광학적 구현방식

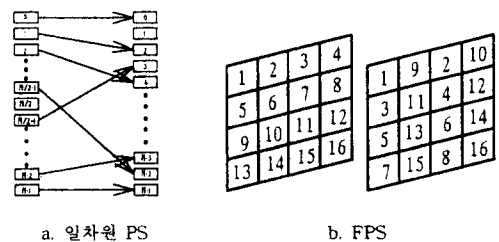
일차원 PS는 그림 1 (a)에서 보는 것처럼 입력 $N=2^m$ 개를 양분하여 카드놀이에서와 같이 서로서로 섞었을 때와 같은 출력순열을 얻는 연결로 이를 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.^[4,5]

$$P(i) = 2i \quad 0 \leq i \leq N/2-1$$

$$= 2i+1-N \quad N/2 \leq i \leq N-1. \quad (1)$$

일차원 입력에 대한 PS의 광학적 구성은 렌즈와 프리즘 그리고 마스크를 사용한 방식에 대해 많은 연구 결과가 발표되었다.^[6] 1차원 PS의 광학적 구현은 2개의 프리즘과 렌즈 그리고 마스크로 구현할 수 있는데 여기서 프리즘은 양분된 입력에 대해 각각 편향을 하여 렌즈를 통과했을 때 출력면에서 공간적으로 이동된 이미지를 얻는데 쓰이고, 렌즈는 입력 이미지에 대한 확대를 하는데 사용되며 이것은 겹쳐진 출력이 입력면과 동일한 크기를 갖도록 하는데 있다. 마스크는 최종적으로 출력된 이미지에서 겹쳐지는 부분을 제거하는데 필요하다.^[6]

일차원 PS와 달리 2차원 PS에는 separable PS(SPS)와 folded PS(FPS) 두 가지 방식으로 나눌 수 있다.^[7,8] SPS는 입력의 행과 열에 대해 독립적으로 PS를 취하는 방식이고, FPS는 그림 1 (b)에서와 같이 출력면 패턴을 다시 펼쳤을 때 일차원 PS와 동일한 결과를 얻을 수 있는 방식이다. FPS의 광학적 구성 방식에는 four-copy algorithm(FCA)과 OCA로 분류될 수 있다. FCA는 전체 입력면을 네 부분으로 복사해 이들을 적절하게 겹쳐 최종 출력 면에서 PS를 이루게 되며, 출력 중 입력의 3/4은 손실이 되고 1/4만이 PS를 구현하는 데 사용된다. 따라서 다단연결망과 같이 여러 단을 거치게 되면 입력광의 손실이 커지게 된다. OCA는 입력면 자체를 네 부분으로 나누어 각각을 출력 면에서 겹치게 하여 FPS를 이루게 된다.^[7,8]



a. 일차원 PS b. FPS

그림 1. 퍼펙트 셔플
Fig. 1. Perfect shuffle.

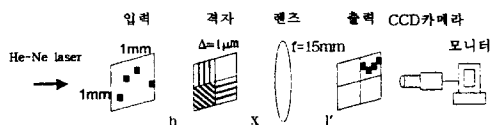


그림 2. 2차원 PS의 광학적 구성도
Fig. 2. Configuration of 2-dimensional optical PS interconnection.

그림 2는 OCA를 이용한 FPS 시스템 구성도이다. 대부분의 회절격자 중 하나에 대해 렌즈에서 $b+x$ 만큼 앞에 입력면이 위치하고 x 만큼 앞에 회절격자가 위치하며 이미지 출력 면은 렌즈에서 l' 만큼 떨어져 위치한 경우, 출력면에서의 0차와 ± 1 차 출력 이미지의 상대적 이동거리는 식 (2)와 같다.^[8] 따라서 그림 2에서 각 사분면의 0차 출력과 1차출력 이미지를 적절히 이용하여 출력면에서 FPS된 결과를 얻을 수 있다.^[8,9]

$$\pm \frac{\lambda}{\Delta} \left((1 - \frac{l'}{f})x + l' \right) = \pm \frac{f(l-x)}{l-f} \lambda / \Delta \quad (2)$$

단, Δ : 격자간격, f : 렌즈의 초점거리 λ : 입사광 파장

III. BQBPH를 이용한 회절격자 설계

1. BQBPH의 이론

BQBPH는 그림 3과 같이 이진 위상홀로그래프 앞에 이진 마스크를 놓아 출력 면에서 원하는 패턴을 효율적으로 얻는다. 그림 3의 패턴은 식 (3)으로 나타낼 수 있다. x, y 평면상에 식 (3)의 기본패턴이 반복될 때 푸리에변환 계수는 식 (4)와 같다.^[10]

$$H(u, v) = \begin{cases} H_1(u, v) & 0 \leq u \leq T_1 \\ H_2(u, v) & T_1 \leq u \leq T_y \end{cases} \quad (3)$$

$$H_1(u, v) = [1 - \exp(j\phi_1)] B_1(u, v) + \exp[j(\phi_1)]$$

$$H_2(u, v) = \exp(j\phi_2)[1 - \exp(j\phi_1)] B_2(u, v) + \exp[j(\phi_1 + \phi_2)]$$

$$B_1(u, v) = \sum_{k=1}^{K_1} \sum_{l=1}^L B_{kl}^1 \text{rect} \left(\frac{u - k\Delta s + \Delta/2}{\Delta s}, \frac{v - l\Delta s + \Delta/2}{\Delta s} \right)$$

$$B_2(u, v) = \sum_{k=1}^{K_2} \sum_{l=1}^L B_{kl}^2 \text{rect} \left(\frac{u - k\Delta s + \Delta/2}{\Delta s} + K_1, \frac{v - l\Delta s + \Delta/2}{\Delta s} \right)$$

단, B_{kl}^1, B_{kl}^2 : 1 또는 0, Δs : 픽셀 간격, $K_1 = \frac{T_1}{\Delta s}$,

$$K_2 = \frac{(T_y - T_1)}{\Delta s}, L = \frac{T_x}{\Delta s}$$

$$h_{mn} = \frac{1}{T_x T_y} \int_0^{T_1} \int_0^{T_x} H_1(u, v) \exp(-j \frac{2\pi}{T_y} mu) \exp(-j \frac{2\pi}{T_x} mv) dudv + \frac{1}{T_x T_y} \int_{T_1}^{T_y} \int_0^{T_x} H_2(u, v) \exp(-j \frac{2\pi}{T_y} mu) \exp(-j \frac{2\pi}{T_x} mv) dudv \quad (4)$$

식 (4)의 h_{mn} 을 구하면 각 차수의 크기와 위상을 알 수 있고, 이들의 제곱이 그 차수에 해당하는 세기가 되며, 최적화 기법인 simulated annealing(SA)알고리즘

을 통해 B_{kl}^1 과 B_{kl}^2 , ϕ_1 과 ϕ_2 를 적절히 조정하면 원하는 차수로만 빛을 회절 시킬 수 있다.^[10]

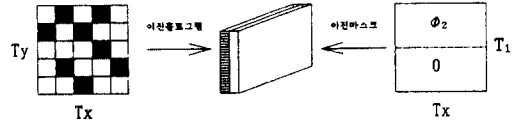


그림 3. BQBPH의 구성도

Fig. 3. Configuration of BQBPH.

SA 알고리즘은 시스템 변수를 교란시키고 온도변수를 낮추어 가며 시스템 에너지의 전역적 최소값을 반복적 방법으로 찾는 알고리즘이다. BQBPH 제작에서는 B_{kl}^1 과 B_{kl}^2 , ϕ_1 과 ϕ_2 가 시스템 변수가 되고, 시스템 에너지는 원하는 차수로 세기가 분포할 경우 최소값이 될 수 있는 함수로 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.^[10]

$$E = \sum_{m=1}^M \sum_{n=0}^N D_{mn} \left(\frac{1}{MN} - |h_{mn}|^2 \right)^2 + A(P_{\max} - P_{\min})^2 + \sum_{m=-1}^{-(M-1)} \sum_{n=-1}^{-(N-1)} S_{mn} |h_{mn}|^2 \quad (5)$$

식 (5)에서 MN은 총 푸리에 계수의 개수이고, D_{mn} 은 등가의 세기와 고효율에 대한 무계인자, P_{\max} 는 푸리에 평면에서 세기가 최대인 값을 나타내고, P_{\min} 은 최소인 값을 나타낸다. A는 원하는 차수의 세기 차를 최소화 하기 위한 무계인자이고, S_{mn} 은 원하지 않는 차수의 세기를 감소시키기 위한 무계인자이다. 시스템 온도는 식 (6)의 관계로 감소시킨다.

$$T = D_T^r T_{\text{initial}} \quad (6)$$

단, $D_T = (T_{\text{final}}/T_{\text{initial}})^{1/q}$

r : 반복 지수 q : 총 반복수 $D_T > 0.9$

식 (5)를 최소로 하는 변수를 찾기 위해 입력평면의 ϕ_1 과 ϕ_2 를 각각 $\Delta\phi_1, \Delta\phi_2$ 만큼씩 변화시키고, B_{kl}^1 과 B_{kl}^2 또한 변화시킨다. 이 변화된 변수에 의한 h_{mn} 값을 계산하여 새로운 시스템 에너지를 구한다. 이전의 시스템 에너지 E^{old} 와 새로 구한 시스템 에너지 E^{new} 의 대소 관계를 비교하여 $E^{\text{new}} \leq E^{\text{old}}$ 이면 무조건 새로운 ϕ_1 과 ϕ_2, B_{kl}^1 과 B_{kl}^2 값을 1한다. 그렇지 않을 때는 식 (7)의 확률에 따라 새로운 변수를 취한다. 이 과정을 반복적으로 수행하여 시스템 에너지를 최소화할 수 있는 패턴을 찾는다.^[10]

$$P(\Delta E) = \frac{1}{[1 + \exp(\frac{\Delta E}{T})]} \quad \text{단, } \Delta E = E^{new} - E^{old} \quad (7)$$

2. BQBPH 패턴 설계

표 1은 최대 세기가 1차로 회절될 때의 컴퓨터 모의 실험 결과 얻어진 위상과 각 차수의 회절 효율을 나타내고 있다. 여기에서 L은 이진 위상 홀로그래픽 픽셀 수 (K_1+K_2)로 BQBPH의 기본 주기가 되고, K_1 은 이진 마스크의 위상을 변조하는 픽셀 수를 나타낸다. 표 1의 음영 표시된 수치를 보면 1차로 입력의 약 70%가 회절된 것을 볼 수 있으며, 또한 0차와 대칭 차수인 -1차로 회절된 빛이 매우 적음을 알 수 있다. 표 2는 컴퓨터 모의 실험결과 얻어진 이진 홀로그래픽과 이진 마스크의 위상패턴이다.

표 2에서 L이 5이고 K_1 이 3인 격자패턴을 그림으로 나타내면 그림 4와 같고, 여기에서 격자의 기본주기가 $\Delta=10\mu\text{m}$ 이고 기판의 굴절률 $n=1.6$ 이라 하면 최대효율을 얻기 위한 격자의 위상이 $\phi_1=1.5468$ 과 $\phi_2=3.4011$ 에 해당하는 각각의 깊이는 $d_1=0.2596\mu\text{m}$, $d_2=0.5709\mu\text{m}$ 이다. 이 회절 격자의 기본 회절주기가 $\Delta=10\mu\text{m}$ 인 경우 1차 회절각도는 3.6281° 이다.

표 1. 컴퓨터 모의 실험에 의한 회절 효율
Table 1. Diffraction efficiency of computer simulations.

(L, K_1)	(4, 2)	(5, 3)	(7, 4)	(10, 5)
0 차	0.002258	0.027707	0.008905	0.000414
+1차, -1차	0.74, 0.06	0.73, 0.02	0.77, 0.01	0.79, 0.02
+2차, -2차	0.00, 0.00	0.04, 0.04	0.01, 0.04	0.00, 0.00
+3차, -3차	0.01, 0.08	0.01, 0.02	0.01, 0.05	0.02, 0.07
ϕ_1, ϕ_2	4.15, 3.34	1.55, 3.40	4.72, 3.35	1.56, 3.09

표 2. 컴퓨터 모의 실험에 의한 BQBPH 패턴
Table 2. Pattern of BQBPH by computer simulations.

L, K_1	B_k^1	B_k^2
4, 2	01	01
5, 3	100	10
7, 4	0011	001
10, 5	11000	11000

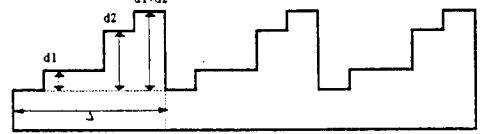


그림 4. 설계된 BQBPH 패턴
Fig. 4. Designed BQBPH pattern.

3. BPM을 이용한 컴퓨터 모의 실험

빔 전파법은 임의의 모양과 굴절률을 갖는 광도파로 내에서 광의 진행을 수치 근사적으로 해석하기 위해 제안되었다. 빔 전파법이 가지는 가장 큰 장점은 매질 특성이 진행 방향에 따라 변하는 도파로에 대해서도 해석이 가능하다는 것이다. 초기에는 FFT를 이용한 해석방식이 주로 사용되어 왔으며, 최근에는 유한차분법을 이용한 해석이 널리 사용되고 있다. 빔 전파법은 도파소자 뿐만 아니라 회절격자나 마이크로 광학소자를 해석하는데도 매우 유용한 도구이다.^[11] 본 논문에서는 SA알고리즘에 얻어진 회절격자 패턴의 회절효율 및 진행모습을 유한차분법을 이용하여 모의 실험했다.

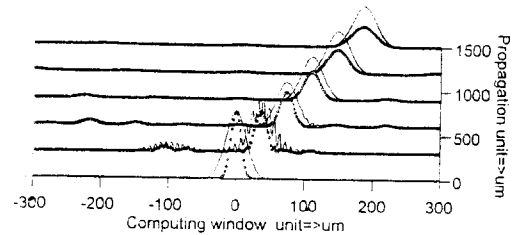


그림 5. 컴퓨터 모의 실험에 의한 광의 진행
Fig. 5. Beam propagation by computer simulations.

그림 5는 SA를 이용한 컴퓨터 모의 실험결과 얻어진 위상과 홀로그래픽 패턴에 입사된 빛의 진행특성을 빔 전파법을 이용하여 컴퓨터 모의 실험한 결과이다. 여기에서 L과 k_1 은 각각 4와 2이고 위상은 각각 4.15, 3.34 이고 식각된 부분과 기판 매질의 굴절률 차는 0.05, λ 가 $1\mu\text{m}$ 일 때의 식각 깊이는 각각의 위상에 대해 $13.2\mu\text{m}$, $10.6\mu\text{m}$ 이다. 입사된 빛은 폭은 $15\mu\text{m}$ 와 $30\mu\text{m}$ 인 Gaussian형태이다. 진행거리는 $1500\mu\text{m}$, BQBPH의 기본 주기는 $8\mu\text{m}$ 이고 이에 해당하는 1차 회절각은 0.125이다. 그림 5에서 실선이 빔폭 $30\mu\text{m}$ 이고 점선이 $15\mu\text{m}$ 이다. 그림 5에서 볼 수 있는 것처럼 입력광의 대부분이 1차로 회절됨을 알 수 있다. BPM을 이용한 모

의 실험에서 얻어진 회절효율은 빔폭 $15\mu\text{m}$ 에 대해 +1차로 0.66, -1차로 0.02 그리고 0차로 0.03이고 빔폭 $30\mu\text{m}$ 에 대해 +1차로 0.68, -1차로 0.02 0차로 0.03이다. BPM을 이용한 모의실험에서 매질의 식각깊이가 깊어질수록, 즉 굴절률 차가 적을수록 BQBPH에서 얻은 회절효율과 차이가 많이 남을 볼 수 있다. 이것은 식각깊이가 깊어질수록 체적형태로 되어 BQBPH 모의 실험조건에서 벗어나기 때문이다.

IV. 실험결과

본 논문에서는 BQBPH를 제작하기 위해 이진 홀로그래프와 이진 마스크 패턴을 하나의 유리기판 위에 형성시켰다. 이를 위해 주어진 이진 홀로그래프 패턴과 이진 마스크 패턴의 위상을 합하여 이 값으로 기판위에 코팅된 포토 레지스터를 레이저 빔 라이터를 이용하여 패턴을 형성하고 현상과정을 통해 위상에 해당하는 반경을 식각하였다. 기판위에 코팅된 레지스터의 두께는 레이저 빔의 광량과 현상과정에 의해 얻어진 공정조건 하에서 공기와 레지스터의 굴절률 차에 의한 위상차가 최대 2π 가 되도록 코팅하였다. 또한 최대 위상차에 해당하는 레이저 빔의 광량을 256 등분하여 형성하고자 하는 위상차를 양자화 과정을 통해 레이저 광량을 적절히 조절함으로써 원하는 위상차를 얻도록 하였다.

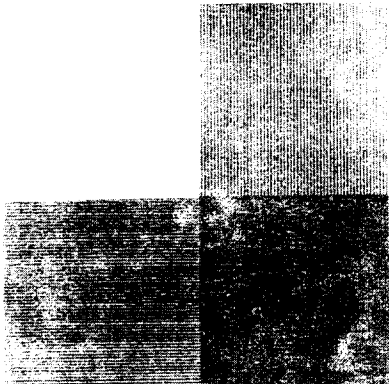


그림 6. 레이저 빔에 의한 회절격자 제작
Fig. 6. Production of diffractive element by laser beam.

그림 6은 레이저빔 라이터를 이용하여 제작된 회절격자의 패턴을 보여주고 있다. 회절격자의 크기는 $1.2 \times 1.2\text{mm}$ 이고, 격자주기 $\Delta (= \Delta s \times L)$ 는 $10\mu\text{m}$ 이었다.

회절 격자의 회절 효율은 제작된 격자 패턴중 한부

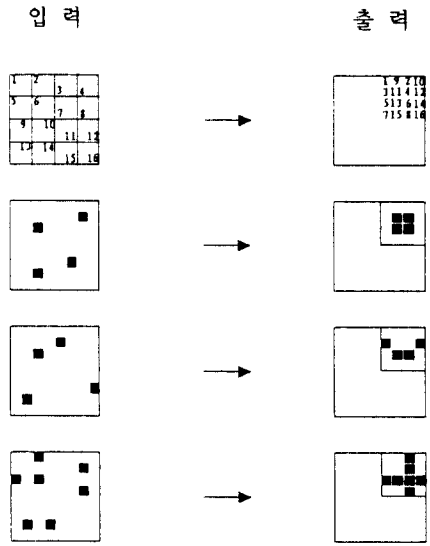


그림 7. 입력패턴에 따른 PS출력패턴
Fig. 7. PS output patterns for input patterns.

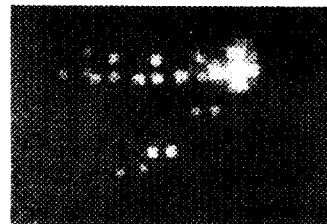
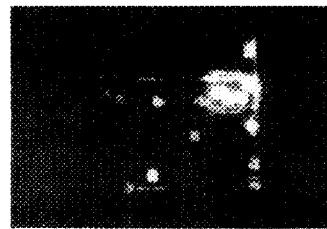
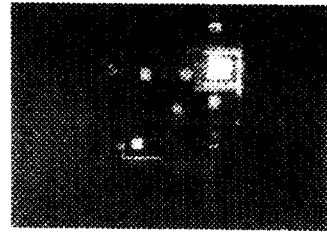


그림 8. 광학적 PS의 실험결과
Fig. 8. Experimental result of optical PS.

분을 이용하여 패턴을 통과했을 때의 각차수에 해당하는 광량과 패턴이 없는 부분을 통과했을 때의 광량 비

로 측정하였다. 측정결과 1차로 입력광의 47%가 회절됨을 알 수 있었다. 이 측정치는 모의 실험 결과 치인 72%에 비해 상당히 차이가 남을 알 수 있다. 이와 같은 차이는 회절격자가 식각과정에서 정확하게 사각으로 식각되지 않았고 또한 표면도 거칠어서 산란이 많이 생겨 일어난 것으로 생각된다. 그러나 상대 차수인 -1차로 회절된 빛은 3.4%, 2차는 13.4% 그리고 -2차는 3.2%로 1차에 비해 매우 적음을 알 수 있다.

본 실험에서 PS를 광학적으로 구현하기 위해 가로×세로가 $1 \times 1 \text{mm}$ 인 이미지, 빛의 파장 λ 는 $0.6328 \mu\text{m}$, 렌즈의 이미지 확대율은 1:1로 하였다. 실험상 어려움 때문에 초점길이가 짧은 프레넬렌즈 대신에 초점길이가 15mm 인 일반렌즈를 사용하였다. 식 (2)의 결상 조건에 의해서 렌즈와 회절격자의 간격 x 는 22mm 로 계산되었다. 이와 같은 실험 구성도는 그림 2와 같다. 그림 7은 주어진 입력에 대한 각각의 PS된 출력패턴을 보이고 있다. 그림 8은 PS된 실제 실험결과를 보이고 있으며, 그림 7과 매우 잘 일치하는 것을 알 수 있고, 또한 다른 차수에 비해 1차 회절 효율이 상당히 높음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 광 연결망 구성 중 PS의 효율개선을 위해 BQBPH제작 알고리즘을 도입하여 기존 방식인 이진 위상홀로그램을 이용한 PS 구현방식보다 시스템 효율을 높일 수 있음을 컴퓨터 모의 실험 및 광학실험을 통해 보였으며, BQBPH 회절격자패턴은 레이저 빔을 이용하여 제작하였다. 반복법에 의해 구해진 BQBPH의 패턴에 입사된 빛의 진행을 BPM을 이용하여 모의 진행 시켜보았고 BPM을 이용한 회절효율이 반복법에 의해 계산된 값과 매우 잘 일치함을 알 수 있었다. 이진 위상홀로그램을 이용하여 PS를 구현할 경우에 입력의 최대 50%이하의 효율밖에 이룰 수 없으나, 본 연구에서 사용한 방식을 이용할 경우 컴퓨터 모의 실험결과와 같이 약 70%정도의 시스템의 효율개선이 이루어짐을 볼 수 있었다. 회절격자의 회절효율은 측정 결과 1차로 47%정도가 회절됨을 볼 수 있었다. 이 결과는 70%에 비해 낮은 값으로 이 차이는 제작된 회절격자가 식각과정에서 정확하게 사각으로 식각되지 않았고 또한 표면도 거칠어 산란이 많이 생겨 일어난 것으로 볼 수 있으며, 또한 실험 시 입사 빔

의 크기가 회절격자 크기보다 커 회절격자 밖으로 통과한 빛이 회절되지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 본 실험에서 얻은 회절효율은 기존의 이진 위상변조 방식의 회절효율에 비해 매우 높음을 알 수 있다. 광학실험 결과에서 볼 수 있는 것처럼 출력이 PS됨을 볼 수 있고 출력 패턴이 대체로 양호함을 알 수 있다.

본 논문에서 수행한 광학적 실험결과에서 보는 것처럼 PS된 출력에서 시스템 구성에 필요한 차수 외에 다른 차수로 회절된 패턴들의 효율이 매우 낮음을 알 수 있다. 이는 광 시스템 구성에 있어 불필요한 차수의 광 필터링 과정을 생략할 수 있는 장점이 있어 시스템 구성에도 용이하다. 차후 회절격자 제작과정의 조건을 더욱 잘 잡아 회절효율이 높은 회절격자 제작과 마이크로 렌즈를 제작할 경우 좀 더 소형화할 수 있고 고효율의 시스템 구성이 가능하리라 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] J. W. Goodman, F. Z. S. Leonberger, S. Y. Kung, and R. A. Athale, "Optical interconnections for VLSI systems," Proc. IEEE, Vol. 72, pp. 850-866, July 1984.
- [2] T. J. Cloonan, "Comparative study of optical and electronic interconnection technologies for large asynchronous transfer mode packet switching applications," Opt. Eng., Vol. 33, No. 5, pp. 1512-1523, May 1994.
- [3] C. P. Kruskal and M. Snir, "The Performance of Multistage Interconnection Networks for Multiprocessors," IEEE Trans. Comput., Vol. C-32, No. 12, pp. 1091-1098, Dec. 1983.
- [4] D. S. Parker, JR., "Notes on Shuffle/Exchange-Type Switching Networks," IEEE Trans. Comput., Vol. C-29, No. 3, pp. 213-222, Mar. 1980.
- [5] H. S. Stone, "Parallel Processing with the Perfect Shuffle," IEEE Trans. Comput., Vol. C-20, No. 20, pp. 153-161, Feb. 1971.
- [6] A. W. Lohmann, W. Stork, and G. Stucke, "Optical perfect shuffle" Appl. Opt., Vol. 25, No. 10, pp. 1530-1531, May 1986.
- [7] J. M. Wang, L. Cheng, and A. A. Sawchuk,

- "Optical two-dimensional perfect shuffles based on a one-copy algorithm," Appl. Opt., Vol. 31, No. 26, pp. 5464-5467, Sep. 1992.
- [8] Y. Zhan, H. Kang, and J. Zhang, "Optical implementation of the folded perfect shuffle interconnection network using quadrant-encoded gratings," Opt. Eng., Vol. 32, No. 7, pp. 1657-1661, July 1993.
- [9] 김희주, 차영환, 전금수, 허현, 반재경, "BQBPH를 이용한 광학적 PS의 효율개선에 관한 연구", Photonics Conference '95, pp. 263-264, Nov. 2-3, 1995
- [10] M. S. Kim and C. C. Guest, "Block-quantized binary-phase holograms for optical interconnection," Appl. Opt., Vol. 32, No. 5, pp. 678-683, Feb. 1993.
- [11] D. Yevick and L. Thylen, "Analysis of gratings by the beam-propagation method," J. Opt. Soc. Am., Vol. 72, No. 8, Aug. 1982.

 저 자 소 개



金熙周(正會員)

1971년생. 1993년 2월 전북대학교 전기공학과 졸업. 1995년 2월 동 대학원 전기공학과 석사학위 취득. 현재 동 대학원 박사과정. 주관심분야는 광통신 및

집적광학소자 해석 및 설계 등임

許賢(正會員)

1967년생. 1992년 2월 전북대학교 전기공학과 졸업. 1994년 2월 동 대학원 전기공학과 석사학위 취득, 현재 동 대학원 박사과정. 주관심분야는 광정보처리, 집적광학소자(변조기)해석 및 설계 등임

潘在景(正會員)

1956년생. 1980년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업. 1982년 2월 동 대학원 전자공학과 석사학위 취득. 1987년 8월 동 대학원 박사학위 취득. 1991년 1992년 미국 Ohio State University 객원 교수. 1987년 5월 ~ 현재 전북대학교 전기전자공학부 부교수. 주관심분야는 광정보처리, 광고환 및 컴퓨팅, 집적광학소자 등임