

## IFTA 방법을 이용한 조명 패턴 생성

### Generation of illumination pattern by IFTA method

김 성규, 손 정영\*, 남 동석\*\*, 한 우성\*\*, 이 호찬\*\*\*, 이 재형\*\*\*, 김 재순\*\*\*  
 한국과학기술연구원 영상미디어센터, \*한양대학교 전기정보통신기술연구소,  
 \*\*삼성전자 반도체연구소, \*\*\*서울대학교 물리학부  
 e-mail : kkk@kist.re.kr

반도체 공정에서 위상 소자를 적용하는데 있어, 그 위상항을 IFTA 방법을 적용하여 계산하였고 계산된 위상 소자에 따른 광출력 회절효율을 계산하였다. 이러한 회절 효율의 계산은 출력 평면 내에만 해당되는 것이고, 이외의 영역으로 출력이 소실되는 경우를 고려하지 않았다. 또한, 위상항의 양자화 깊이의 변화에 대하여 입력광이 위상소자를 지난 후의 광출력 효율에 대하여 계산하였다.

#### I. IFTA(Iterative Fourier Transform Algorithm)

이 알고리즘은 반복적 계산 방법의 최초 방식이며, 기본적으로 모든 반복적 계산에 있어서 IFTA 방법을 따른다<sup>[1-3]</sup>. 홀로그램 평면에서의 위상 정보를 알고자 하고, 푸리에 변환된 영상 평면에서의 희망하고자 하는 패턴을 입력하게 되면, 반복적 방법을 통하여 위상정보를 찾아갈 수 있는 방법이다. 이러한 방법은 일반적인 수학적 증명이 존재하지 않으며, 따라서 절대적인 해를 찾을 수 없다. 그러나, 실용적으로 적용할 경우에는 사용상의 허용치를 만족한다면 유용하게 사용되어 질 수 있는 방법이다.

본 연구의 목적을 반복적 푸리에 변환 알고리즘에 적용하기 위해서는 찾고자 하는 가상 홀로그램은 위상 정보만을 갖도록 하여야 한다. 따라서 진폭은 임의의 단위 값으로 일치시킨다. 반복적 계산의 시작은 가상 홀로그램의 위상 정보를 임의의 값으로 시작하게된다. 그리고 푸리에 변환 평면의 총 광강도를 기준으로 하여 원하는 패턴의 광강도를 제한된 조건으로 반복적 계산을 수행한다. 이러한 계산에서 광강도 이외의 위상 정보는 임의로 활용가능하게 된다. 반복적 계산의 수행에 있어서 절대적인 해가 없으므로 국소 최소점에서 빠져 나오지 못할 가능성을 갖고 있다.

반복 계산의 종료를 위한 평가지표에서 총 회절 효율에 의한 평가 지표는 아래와 같이 정의한다.

$$Eff_F = \frac{\iint_{\text{signal area}} |U_f^{new}(u,v)|^2 dudv}{\iint_{\text{all area}} |U_f^{new}(u,v)|^2 dudv}$$

#### II. 연구 결과

초기 주어진 패턴과 계산시 위상의 양자화를 고려하지 않고 최종 출력과 위상 소자의 위상항을 256단계 즉 8bit로 양자화 하여, 계산한 결과가 그림. 1이다. IFTA 계산에 있어 초기 위상 소자의

위상항을 랜덤함수를 사용하여 생성하였다.

반복을 100회로 하였을 때 펜티엄4의 1.7G CPU와 256MDRAM의 환경에서 256x256 해상도의 패턴이 주어졌을 때, 회절효율을 계산하지 않는 경우에는 약 47초가 소요되었고, 회절효율 계산이 포함

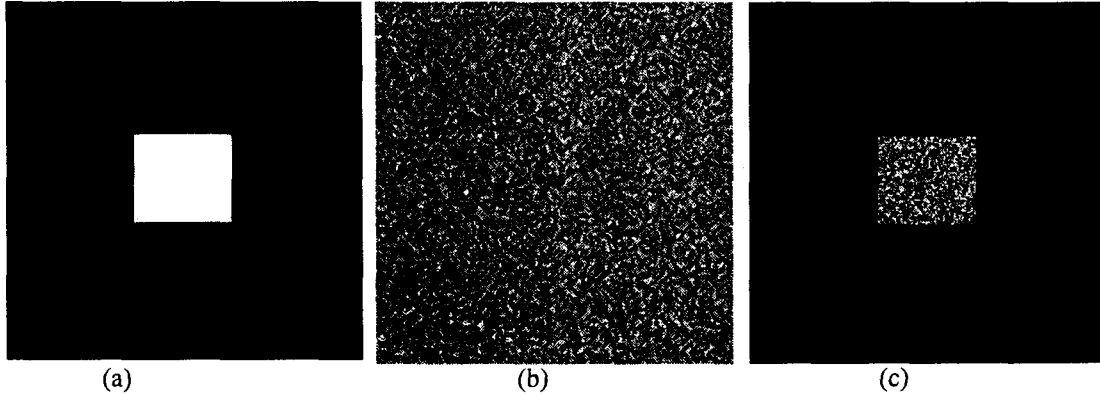


그림. 1 주어진 패턴에 대한 계산되어진 위상 소자의 위상값과 광출력 패턴  
 (a) 주어진 패턴 (b) 계산되어진 위상 소자의 위상값 (c) 광출력 패턴

되는 경우에는 약 58초가 소요되었다.

반도체 공정에 의하여 위상 소자를 제작함에 있어서 사용되는 마스크의 수는 비용 측면과 정확도에 있어 중요한 변수이다. 따라서 최소의 마스크 수로 적절한 회절 효율을 내기 위해서는 각 조건에서의 회절효율을 측정할 필요가 있다.

위상의 양자화 비트수	반복 횟수	주어진 패턴
3	1	81.3 %
	10	88.2 %
	100	89.9 %
4	1	84.1 %
	10	91.5 %
	100	93.4 %

표. 1 양자화 깊이와 반복횟수에 대한 회절효율

참 고 문 헌

- Hiroshi Akahori, Spectrum leveling by an iterative algorithm with a dummy area for synthesizing the kinoform, Appl. Opt., Vol.25, No.5, pp.802~811 (1986)
- J. R. Fienup, Iterative method applied to image reconstruction and to computer-generated holograms, Opt. Eng., Vol.19, No.3, pp.297~305 (1980)
- Jeng-Feng Lin and Alexander A. Sawchuk, Design of diffractive optical elements with optimization of the signal-to-noise ratio and without a dummy area, Appl. Opt., Vol 36, No.14, pp.3155~3164 (1997)