

수자식정보처리에 의한 진폭변조형6각살창의 결합식별에서 공간려파기의 정합특성

조천규, 안룡은

2차원미세구조물의 질적특성을 연구하기 위한 광학적정보처리에서 위력한 수단으로 되고있는 광학적공간려파방법을 구체적대상물에 적용하는데서 기본문제는 대상물에 알맞는 공간려파기의 합성문제와 공간려파과정에 려파기의 합리적인 조정문제이다.

현재 광학적공간려파방법으로 2차원미세구조물의 결합을 식별하기 위한 연구는 여러 가지 측면에서 진행되고있으나[1-3] 주어진 대상물에 대한 공간려파기의 합성 및 정합 문제에 대하여 구체적으로 밝힌 연구자료는 제기된것이 없다.

우리는 진폭변조형6각살창을 공간려파방법으로 연구하는데서 공간려파기의 미세조정 특성을 밝히기 위한 문제를 논의하였다.

1. 진폭변조형6각살창의 공간려파에서 결합식별한계

진폭변조형6각살창에 대한 결합식별을 위한 공간려파를 그림 1과 같이 수자식정보처리수법으로 실현하기 위하여 우선 현미경-CCD카메라의 결합광학체계에 의한 물체빛입력방식으로 얻은 진폭변조형6각살창의 빛세기분포(그림 2)를 컴퓨터에 입력하였다. 계속하여 컴퓨터에 입력된 자료에 대한 푸리에변환, 려파기를 통한 공간려파, 역푸리에변환순서로 공간려파를 진행하였다.

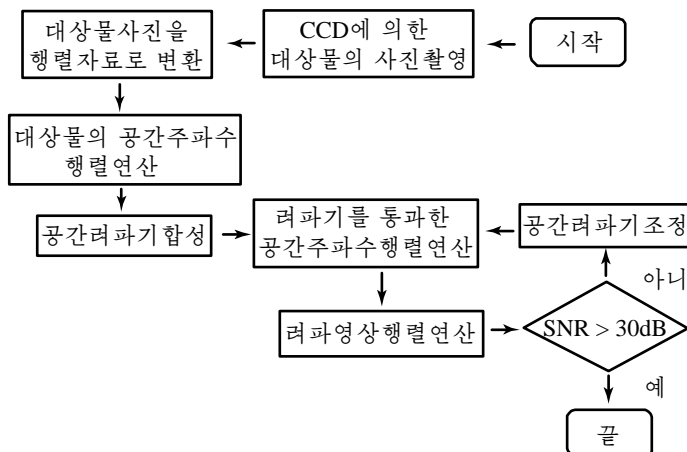


그림 1. 진폭변조형6각살창의 공간려파알고리즘

진폭변조형6각살창의 공간주파수스펙트르는 그림 3의 ㄱ)와 같다. 공간려파기로는 컴퓨터합성공간려파기를 리용하였다.(그림 3의 ㄴ)) 공간려파과정에 대상물의 푸리에스펙트르와 공간려파기의 정합이 완전무결하지 못한 경우에는 려파영상에 아무러한 결합정도 나타나지 않았다.

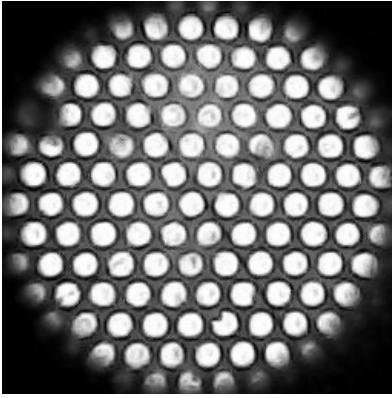
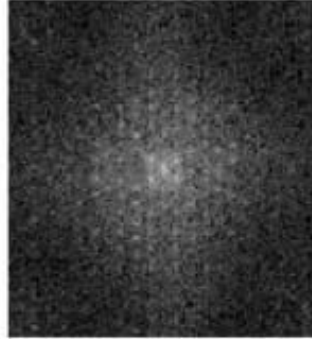
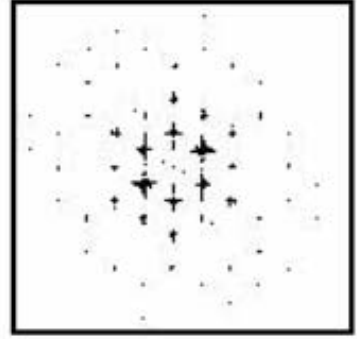


그림 2. CCD카메라로 촬영한
진폭변조형6각살창사진



γ)



ℒ)

그림 3. 진폭변조형6각살창의 공간주파수스펙트르(γ))와
합성된 공간려파기구조(ℒ))

이로부터 우리는 공간려파에서 공간려파기의 최적정합을 실현하는 문제에 주목하고 이 문제를 정량적으로 보기 위하여 컴퓨터화상처리수법을 리용한 병진변위 및 회전변위 문제로 취급하였다.

초기자리표가 (x_0, y_0) 인 점이 병진변위 (t_x, t_y) 로 인하여 자리표가 (x_1, y_1) 로 변한다고 할 때 이 두 점사이의 관계는

$$\begin{cases} x_1 = x_0 + t_x \\ y_1 = y_0 + t_y \end{cases} \quad (1)$$

로 쓸수 있으며 이 식을 행렬형식으로 표시하면 다음과 같다.

$$(x_1 \ y_1 \ 1) = (x_0 \ y_0 \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

한편 화상의 중심을 원점으로 정하고 각 α 만 한 회전변위에 의하여 점 (x_0, y_0) 이 점 (x_1, y_1) 로 변했다고 할 때 두 점사이의 관계는 다음과 같이 쓸수 있다.(그림 4)

$$\begin{cases} x_1 = x_0 \cos \alpha + y_0 \sin \alpha \\ y_1 = -x_0 \sin \alpha + y_0 \cos \alpha \end{cases} \quad (3)$$

이것을 행렬형식으로 표시하면 다음과 같다.

$$(x_1 \ y_1 \ 1) = (x_0 \ y_0 \ 1) \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

식 (2)와 (4)에 기초하여 공간려파기의 려파점들이 진폭변조형6각살창의 공간주파수스펙트르의 극대점들에 정확히 대응되도록 정합을 실현하여 려파영상에서 SNR = 30dB 이 되도록 하면 대상물의 결합이 명백히 식별된다는것을 밝힐수 있다.

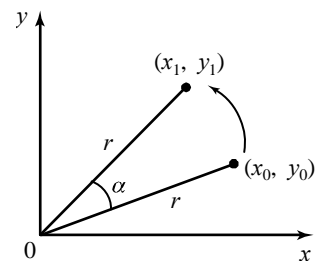


그림 4. 자리표원점을
중심으로 한 회전변위

2. 공간려파기의 병진 및 회전변위허용한계

공간려파기의 병진변위 및 회전변위에 따르는 려파기정합문제를 정량화하기 위하여 공간려파기의 최적정합상태로부터 미소편차에 따르는 려파영상에서의 SNR의 변화특성을 고찰하였다. 그 결과를 병진 및 회전변위에 대하여 각각 그림 5와 6에 보여주었다. 그림 5에서 가로축은 대상물과 공간려파기사이의 병진변위미소편차로서 대상물의 기본공간주기 Λ_x 를 단위로 하여 표시하였고 세로축은 려파영상에서의 SNR로서 dB단위로 표시하였다. 그림 5에서 보는바와 같이 병진변위에 따르는 SNR의 변화특성은 주기성을 나타냈으며 SNR값이 공간려파기의 미소병진변위에 따라 대단히 예민하게 변화되었다. 회전변위의 경우에도 병진변위의 경우와 유사한 특성을 나타냈다. 그림 6에는 대상물의 푸리에 스펙트르중심을 자리표원점으로 정한 경우 공간려파기의 회전변위편차에 따르는 려파영상의 SNR의 변화특성을 보여주었다. 가로축은 회전변위편차로서 rad를 단위로 하여 표시하였고 세로축은 려파영상에서의 SNR로서 dB단위로 표시하였다. 그림 6에서 보는바와 같이 SNR는 2π 를 주기로 하여 변화된다는것을 알수 있다.

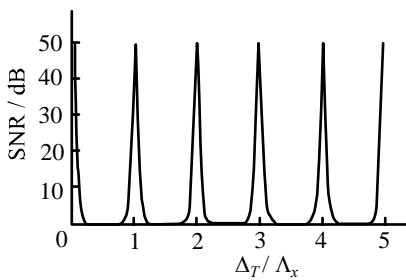


그림 5. 병진변위편차의 경우 공간려파기의 정합정도에 따르는 SNR변화의 주기성

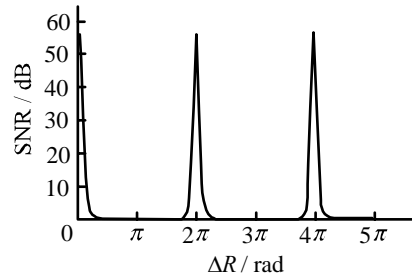


그림 6. 회전변위편차의 경우 공간려파기의 정합정도에 따르는 신호대잡음비의 주기성

결합식별을 위한 병진변위 및 회전변위편차의 허용한계를 보다 구체적으로 평가하기 위하여 그림 5와 그림 6의 결과를 새로운 척도로 다시 그리면 그림 7과 같다.

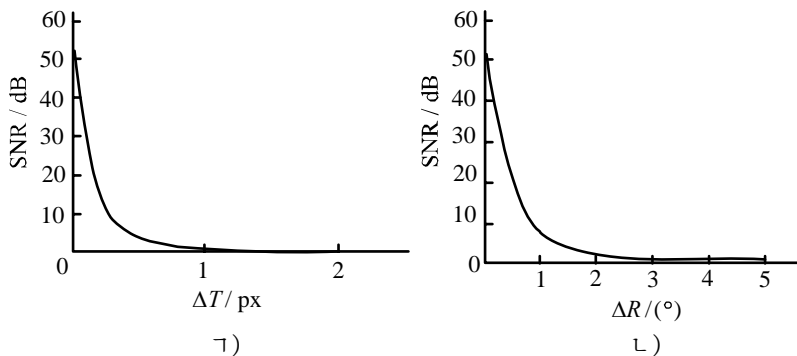


그림 7. 최적정합상태로부터의 병진 및 회전변위편차에 따르는 려파영상의 SNR값의 변화

ㄱ) 병진변위의 경우, ㄴ) 회전변위의 경우

그림 7의 ㄱ)는 미소병진변위에 따르는 려파영상에서 SNR의 변화를 보여준다. 그림 7

로부터 화소(px)를 단위로 하여 려파기가 최적정합상태로부터 편차될 때 려파영상에서의 SNR는 단조감소한다는것을 알수 있다. 특히 려파기위치에서 1px만 한 편차만 생겨도 SNR는 0으로 떨어진다는것을 보여준다. 주어진 경우에 려파영상에서는 대상물의 결합이 명백히 식별되는 SNR의 한계를 30dB로 볼수 있다는 예비실험결과에 기초하면 그림 7로부터 병진변위에 대한 허용편차를 $\Delta T = 0.1\text{px}$ 이하로 보아야 한다는것을 알수 있다. 한편 회전변위에 대하여서도 병진변위의 경우와 마찬가지로 회전변위편차에 따라 SNR는 단조감소하므로 회전변위의 경우 허용한계를 $\Delta R = 0.4^\circ$ 이하로 보장하여야 한다.

맺 는 말

- 1) 수자식정보처리수법으로 진폭변조형6각살창의 결합을 식별하는 경우 식별한계는 SNR = 30dB 로 된다.
- 2) 수자식공간려파의 경우 려파기의 병진 및 회전변위허용한계는 각각 $\Delta T = 0.1\text{px}$, $\Delta R = 0.4^\circ$ 이하로 보장하는것이 합리적이다.

참 고 문 헌

- [1] K. Li et al.; Optics and Lasers in Engineering, 51, 1, 2013.
- [2] A. Migukin et al.; Applied Optics, 52, 1, 260, 2013.
- [3] Y. Wang et al.; Optics and Laser Technology, 48, 489, 2013.

주제108(2019)년 12월 5일 원고접수

On the Matching Characteristics of the Spatial Filter in Defect Detection of Amplitude Modulation Type Hexagonal Grating by Digital Information Processing

Jo Chon Gyu, An Ryong Un

We have examined the problem of the matching characteristics of the spatial filtering in the defect detection of the amplitude modulation type hexagonal grating by digital information processing.

In case of defect detection of amplitude modulation type hexagonal grating by digital information processing, the detection boundary is set to SNR = 30dB and it is reasonable to set the allowance boundary of the translation and revolution lower than $\Delta T = 0.1\text{px}$, $\Delta R = 0.4^\circ$, respectively.

Keywords: spatial filter, amplitude modulation