

반사에돌이살창에 의한 단색빛의 파장결정의 한가지 방법

조 종 현

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《대학들에서는 과학의 최신성과와 첨단기술자료들을 제때에 민감하게 받아들여 학생들에게 가르치며 실험실습을 통하여 배운 지식을 공고히 하고 그 활용능력을 키워주는데 커다란 힘을 넣어야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제18권 454페이지)

빛의 파장을 정확히 결정하는것은 인민경제 여러 분야에서 중요한 문제로 제기된다.[1-3] 실험으로 태양의 대기와 100만광년이상 떨어져있는 은하계들의 화학성분을 추정할 때 또는 DNA검출때 에돌이살창을 리용하여 빛의 파장을 결정한다. 그러므로 에돌이살창의 성능을 개선하기 위한 연구들이 심화되여 살창의 표준선밀도가 1 200개/mm로부터(전통방법으로 제작한 살창) 3 600개/mm로(사진제작법에 의한 홀로그래피살창) 늘어났다.[4] 이와 같이 제작한 에돌이살창으로 빛의 파장을 결정하기 위한 실험적연구는 주로 투과에돌이살창에 국한되였으며 반사에돌이살창에 의한 연구자료는 소개된것이 거의나 없다.

우리는 반사에돌이살창에 의한 빛의 파장을 결정하기 위한 한가지 방법을 제기하고 파장결정장치를 제작하였으며 실험을 통하여 방법의 정확성을 검증하였다.

1. 파장결정원리

레이자빛을 반사에돌이살창면에 대하여 일정한 각으로 입사시키면 반사면에서 반사된 빛에 의하여 비침판에 밝은 반점 A_0, A_1, A_2, \dots 등이 생겨난다. 이것은 레이자빛이 반사에돌이살창의 이웃한 홈들사이의 매끈한 면들우에서 혹은 홈들에서 반사된 위상차가 일정한 빛들이 중첩되여 간섭한 결과에 나타나는 에돌이간섭무늬이다.(그림 1)

반사에돌이살창과 입사레이자빛이 이루는 각이 매우 작은 경우 레이자광원 S에서 나

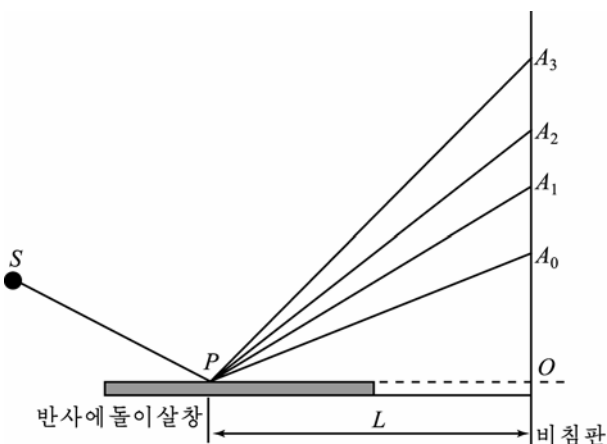


그림 1. 반사에돌이살창에서 레이자빛의 에돌이

온 빛뭉침은 서로 이웃한 반사면 혹은 이웃한 홈 A, A_1 에서 반사된 후 비침판에 도달하는데(그림 2) 이때 B점에 도달한 빛의 행로차는 다음과 같이 표시된다.

$$\begin{aligned}\Delta r &= SA_1B - SAB = A_1C - AC_1 = \\ &= b(\cos\alpha - \cos\theta)\end{aligned}\quad (1)$$

여기서 α 는 입사레이자빛이 반사에돌이살창과 이루는 각, θ 는 반사빛이 반사에돌이살창과 이루는 각, b 는 반사에돌이살창의 살창상수이다. 이때 α 와 θ 가 매우 작다고 보고 $SA \approx SC, BC_1 \approx BA_1$ 임을 고려하였다.

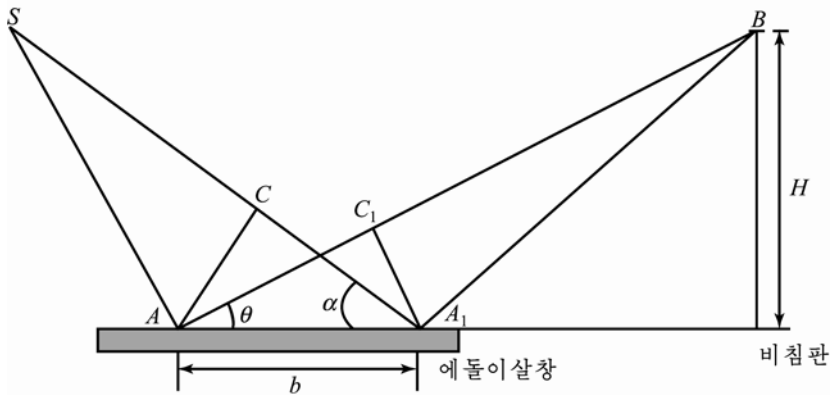


그림 2. 빛행로차

행로차 Δr 가 레이저빛의 파장 λ 의 정수배와 같은 경우 반사빛들의 위상차가 일정한것으로 하여 간섭의 극대조건이 만족된다. 따라서 간섭의 극대조건을 만족시키는 점들 (A_1, A_2, A_3, \dots)은 밝은 반점으로 나타난다. 그리고 점 A_0 은 행로차 Δr 가 영인 경우 즉 $\alpha = \theta$ 일 때 나타난다. 이로부터 극대조건을 만족시키는 식을 다음과 같이 표시할수 있다.

$$b(\cos \alpha - \cos \theta_i) = i\lambda \quad (i = 0, 1, 2, \dots) \quad (2)$$

식 (2)에서 알수 있는바와 같이 α 와 θ_i 만을 측정하면 파장 λ 를 계산할수 있다. 그런데 α 를 직접 측정하는것은 어렵기때문에 점 A_0 에서 α 와 θ 가 같다는것을 고려하여 α 를 결정한다.

$$\tan \alpha = \tan \theta_0 = H_0 / L \quad (3)$$

그리고 θ_i 는 다음의 식으로 얻을수 있다.

$$\tan \theta_i = H_i / L \quad (4)$$

여기서 L 은 반사에돌이살창에 빛이 쏘여진 점으로부터 비침판까지의 수직거리, H_i 는 매 밝은 반점으로부터 점 O 까지의 거리이다.

위의 식에서 보는바와 같이 매 밝은 반점으로부터 점 O 까지의 거리를 측정하면 그것에 대응한 θ_i 를 결정할수 있다.

파장 λ 를 계산하자면 구체적으로 $\cos \theta_i = \sqrt{1/(1 + \tan^2 \theta_i)}$ 의 관계식을 리용하여야 한다.

2. 장치제작과 실험결과

우리는 광원으로 파장이 $(650 \pm 10)\text{nm}$ 이고 출력이 3mW 인 반도체레이자를 리용하였다. 레이저자원으로는 3.8V 의 직류안정전원을 리용하였다. 레이저는 높이가 13cm 이고 직경이 1cm 인 원기둥봉우에 고정시킨 크기가 $2\text{cm} \times 4\text{cm}$ 인 평판설치틀에 설치하였다. 이때 평판설치틀에 조절볼트를 설치하여 설치판의 경사각을 임의로 설정하고 조절볼트로 조임할수 있게 함으로써 레이저빛의 입사각을 임의로 조절할수 있게 하였다. 그리고 원기둥봉으로부터 19cm 떨어진 곳에 크기가 $0.8\text{cm} \times 1.5\text{cm}$ 인 반사에돌이살창을 설치하였다. 또한 반사에돌이살창으로부터 21cm 떨어진 곳에 비침판을 놓고 비침판의 중심에 눈금자를 설치하여 비침판에 형성된 빛반점(예돌이간섭무늬)들사이의 거리를 측정할수 있게 하였다. CCD촬영기를 예돌이

살창뒤에 설치함으로써 비침판에 나타난 빛반점들을 수감하여 컴퓨터화면에 화상으로 연시할뿐아니라 컴퓨터를 리용하여 반점들사이의 거리를 측정하고 파장을 계산할수 있게 하였다.

레이자발진파장의 측정장치구성도는 그림 3과 같다.

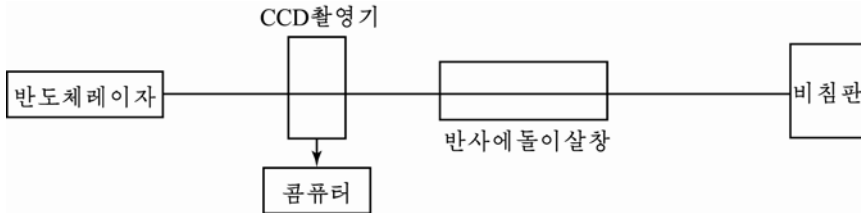


그림 3. 레이자발진파장의 측정장치구성도

반사에돌이살창에 빛이 쏘여진 점으로부터 비침판까지의 수직거리를 21cm로 설정하고 살창상수 $b=1/96\text{mm}$ 일 때 실험을 진행하였다. 파장결정원리에 의하여 얻은 결과는 표와 같다.

표. 점 O로부터 반점(간섭무늬의 극대점)까지의 거리에 따르는 파장변화

$H_i/(\times 10^{-2}\text{m})$	8.8	12.5	15.9	19.4	23	27	32
λ/nm	645	651	649	648	645	654	647

표에서 보는바와 같이 비침판에 나타난 에돌이간섭무늬(빛반점)들사이의 거리는 크게 차이나지 않는다.

측정한 반도체레이자의 평균발진파장은 $\bar{\lambda}=648\text{nm}$ 로서 실험에서 리용한 반도체레이자의 발진파장과 거의 비슷하다. 실험에서 비록 살창상수가 큰 반사에돌이살창을 리용했지만 측정한 발진파장이 주어진 반도체레이자의 발진파장대역에 들어가며 이것은 논문에서 제기한 반사에돌이살창에 의한 파장결정원리가 옳다는것을 보여준다.

맺는 말

반사에돌이살창에 의한 단색빛의 파장을 결정하기 위한 한가지 방법을 제기하고 파장 측정장치를 제작하였으며 실험을 통하여 반사에돌이살창에 의한 파장결정원리가 정확하다는것을 확증하였다.

참고 문헌

- [1] 리석주 등; 물리학, 김일성종합대학출판사, 498~500, 주체92(2003).
- [2] 안광철 등; 광학 및 설계실험, 김일성종합대학출판사, 91~94, 주체97(2008).
- [3] I. R. Kenyon; The Light Fantastic, Oxford University Press, 142~145, 2008.
- [4] H. D. Young; University Physics, Addition-Wesley, 1201~1205, 2012.

A Method of Determining the Wavelength of Monochromatic Light by Reflection Grating

Jo Jong Hyon

We have proposed a method for determining the wavelength of monochromatic light by reflection grating, and on the basis of it manufactured an experimental setup. We have also demonstrated that the principle of determining the wavelength by reflection grating is valid through the experiment.

Key words: monochromatic light, wavelength, reflection grating