

머리카락 슬릿에 의해 생기는 중앙의 Spot 무늬 분석 Analysis of Central Spot Fringes by a Hair Slit

육근철, 김봉진, 이태훈, 장 수
공주대학교 물리교육과, 한남대학교 물리학과
gdyuk@kongju.ac.kr

He-Ne 레이저를 머리카락에 조사시키면 스크린에 단일 슬릿에 의한 회절무늬와 같은 형태의 무늬가 나타난다. 그래서 일반적으로 머리카락 슬릿에 의한 회절무늬를 단일 슬릿에 의한 회절무늬로 기술하는 경향이 있다. 그러나 단일 슬릿에 의한 회절무늬와 머리카락 슬릿에 의한 회절무늬를 비교해 보면 아래 사진에 나타난 것 같이 단일 슬릿에서는 중앙의 제 1 극대점이 밝은 선으로 되어 있지만 머리카락 슬릿에서는 중앙에 밝은 spot이 나타나는 것을 관찰할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이 중앙의 spot무늬가 왜 발생하는지 그 원리를 이론적으로 규명하고 실험하는데 목적이 있다.



<그림 1> 단일슬릿에 의한 회절 무늬



<그림 2> 머리카락 슬릿에 의한 회절 무늬

본 연구에서는 머리카락 슬릿에 의한 회절무늬에서 중앙의 제 1 극대점에 밝은 spot이 형성되는 원인을 밝히기 위하여 다음 그림과 같은 형태의 슬릿을 제작하여 실험하였다.

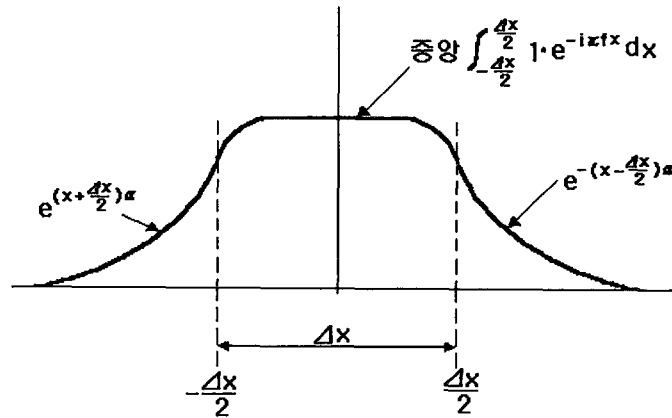
Open	Close	삼각기둥	반원통	원통

<그림 3> 다양한 형태의 슬릿

위의 슬릿 중 직 사각형 형태의 open된 슬릿과 close된 슬릿에 의한 회절 무늬는 동일하게 나타난다. 이는 바비넷 원리에 의해 나타나기 때문에 중앙에 Poisson's spot은 나타나지 않는다. 또한 삼각기둥의 경우에도 Poisson's spot은 나타나지 않는다. 그러나 반원통과 원통의 경우에는 중앙의 제1극대점에 선명한 Poisson's spot이 형성된다. 이와 같이 반원통과 원통의 경우에만 Poisson's spot이 형성되는 이유는 open된 슬릿과 close된 슬릿, 삼각기둥 슬릿과는 달리 등근형태의 곡면의 각점이 각각 광원 역할을 하는 multiple sources 때문이다. 이를 이론적으로 해석하면 다음과 같다.

반원이나 원통의 경우는 모서리 부분이 rounding 형태이기 때문에 고차 mode가 많이 발생한다. 이를 함수로 표시하면 다음과 같다.

rounding 형태의 edge 부분을 이상화시키면 아래 <그림4>에서와 같이 왼쪽 부분 $e^{-(x+\frac{\Delta x}{2})\alpha}$ 오른쪽 부분 $e^{-(x-\frac{\Delta x}{2})\alpha}$ 가운데 부분 $\int_{-\frac{\Delta x}{2}}^{\frac{\Delta x}{2}} 1 \cdot e^{-i2\pi fx} dx$ 등 세 부분으로 나누어 함수로 표시할 수 있다.



<그림4> 원통모양의 금속선에 의한 무늬의 강도

또한 각 구간별로 진폭 변위에 대한 파동함수는 다음과 같이 표시된다.

$$\Phi(f) = \int_{-\frac{\Delta x}{2}}^{\frac{\Delta x}{2}} 1 \cdot e^{i2\pi fx} dx + \int_{-\infty}^{-\frac{\Delta x}{2}} e^{\alpha(x+\frac{\Delta x}{2})} \cdot e^{-i\pi fx} dx + \int_{\frac{\Delta x}{2}}^{\infty} e^{\alpha(-x+\frac{\Delta x}{2})} \cdot e^{-i\pi fx} dx$$

이다. 그런데 회절 효과가 나타나는 원인은 원통형 형태를 갖는 I_2 나 I_3 에 의해서만 나타나기 때문에 I_2 , I_3 를 구해보면 다음과 같다.

$$I_2 + I_3 = 2\text{Re} \left[\frac{e^{-i\pi f \Delta x}}{\alpha + i2\pi f} \right] = 2\text{Re} \frac{\alpha \cos(\pi f \Delta x) - 2\pi f \sin(\pi f \Delta x)}{\alpha + \Delta x^2 f^2} = 2 \cdot \frac{\cos(\pi f \Delta x) - 2\pi f \sin(\pi f \Delta x)}{\alpha + \Delta x^2 f^2}$$

이 식에서 Spatial frequency f 가 zero일 때 $I_2 + I_3$ 값이 maximum이 된다.

즉, $I_2 + I_3 = 2$ 이항이 zero 차 mode에 기여한다. 즉 edge 부분인 I_2, I_3 부분이 중앙에 기여한다. 그래서 center에 가장 밝은 점인 poisson's spot이 발생한다.

참고문헌

- [1] Jurgen R. Meyer-Arendt, Introduction to Classical & Modern Optics. Prentice Hall, 1998
- [2] 장수 외, 광학, 도서출판 대응, 1998

T
A