

Sagnac 간섭계를 이용한 Laser 광의 Spatial Correlation 측정 Measurement of the Spatial Correlation of Laser Light by using Sagnac interferometer

이창혁, 강운식, 성유진, 노재우
인하대학교 물리학과
naduala@hotmail.com

2차원 벡터 ξ 로 기술되는 횡평면에서 변하는 마당 $E(\xi)$ 에 대한 공간 Wigner 함수는 간단히 다음과 같이 쓸 수 있다⁽¹⁾

$$W(x, k) = \frac{1}{\pi^2} \langle \int d^2\xi [\exp(-ik\xi)E(x-\xi)]^* \exp(ik\xi)E(x+\xi) \rangle \quad (1)$$

식 (1) 에 의하면 위상공간에서의 한 점 (x, k) 에서의 Wigner 함수는 두 개의 마당 $\exp(ik\xi)E(x+\xi)$ 와 같은 마당을 180° 회전 시켜 얻는 $\exp(-ik\xi)E(x-\xi)$ 의 켈레복소수를 겹쳐서 공간적으로 적분해서 얻어지며 $\exp(ik\xi)E(x+\xi)$ 는 원래의 마당을 공간상에서 x 만큼 이동시키고 진행방향을 k 만큼 변화시킨 것이다.⁽¹⁾

이와 같은 공간 Wigner 함수를 측정하기 위해 그림1 의 (a)와 같이 Sagnac 간섭계를 구성하였다.

실험에 쓰인 이동회전거울(translation and rotation mirror)은 전기장을 x 방향으로 평행이동하거나 진행방향을 θ 만큼 회전하여서 Wigner 함수가 측정되는 위상공간에서의 한 점 (x, k) 를 결정한다. 실험에서는 간섭계 안에 있는 빔살 가르개 (BS)로부터, 두 개의 방향에 대해 정확히 같은 거리에 도브 프리즘을 간섭계 평면에 대해 45° 기울어진 형태로 위치시켰는데 이에 따라 간섭계 안에서 반대방향으로 회전하는 두 개의 마당은 프리즘을 통과한 후에 상대적으로 180° 의 회전효과($\xi \rightarrow -\xi$)를 갖게 된다.

출력부에는 8mm 의 활성영역(active area)을 갖는 검출기를 사용하여 간섭계로부터 나온 광이 렌즈에 의해 집속되어 모두 검출기에 검출되도록 하였다.

검출기에 입사하는 빛의 세기를 I 라고 하면 출력광의 세기는 $I = I_1 + I_2 + I_{1,2}$ 로 쓸 수 있으며 이중 처음 두 항은 간섭이 없을 때 BS에서 갈라진 각각의 빛의 세기이고 (x, k) 에 대해 상수이다. $I_{1,2}$ 는 상대적으로 회전한 두 빛의 간섭에 의한 세기인데 Wigner 함수와 다음의 관계에 있다.⁽¹⁾

$$I_{1,2} = \frac{\pi^2 \cos \phi}{2} W(x, k) \quad (2)$$

그러므로 전체 Wigner 함수 $W(x, k)$ 는 x 와 k 를 변화시키면서 측정된 세기에서 상수성분을 빼주면 식 (2)에 의해 계산될 수 있다. ϕ 는 간섭하는 두 빛의 상대적 위상이다.⁽²⁾

이렇게 Wigner 함수를 구하는 것은 임의의 전기장 분포의 Beam에도 적용할 수 있다.

구해진 Wigner 함수 분포에서 다음과 같은 변환식을 이용하면 원래의 전기장의 분포를 알 수 있다.

$$\phi(r_1)\phi^*(r_2) = \frac{k^2}{4\pi^2} \int \left(\frac{r_1+r_2}{2}, p \right) \exp(-ik(r_1-r_2)p) dp \quad (3)$$

Sagnac 간섭계를 이용한 Wigner 함수의 측정을 통하여 임의의 source의 spatial 모드를 측정하고 나아가 fiber를 통하여 모드 필터링된 가우시안 source를 이용하여 pinhole 및 slit을 통과한 Beam의 spatial correlation을 확인하였고 또한 Beam의 전기장 분포를 측정하였다.

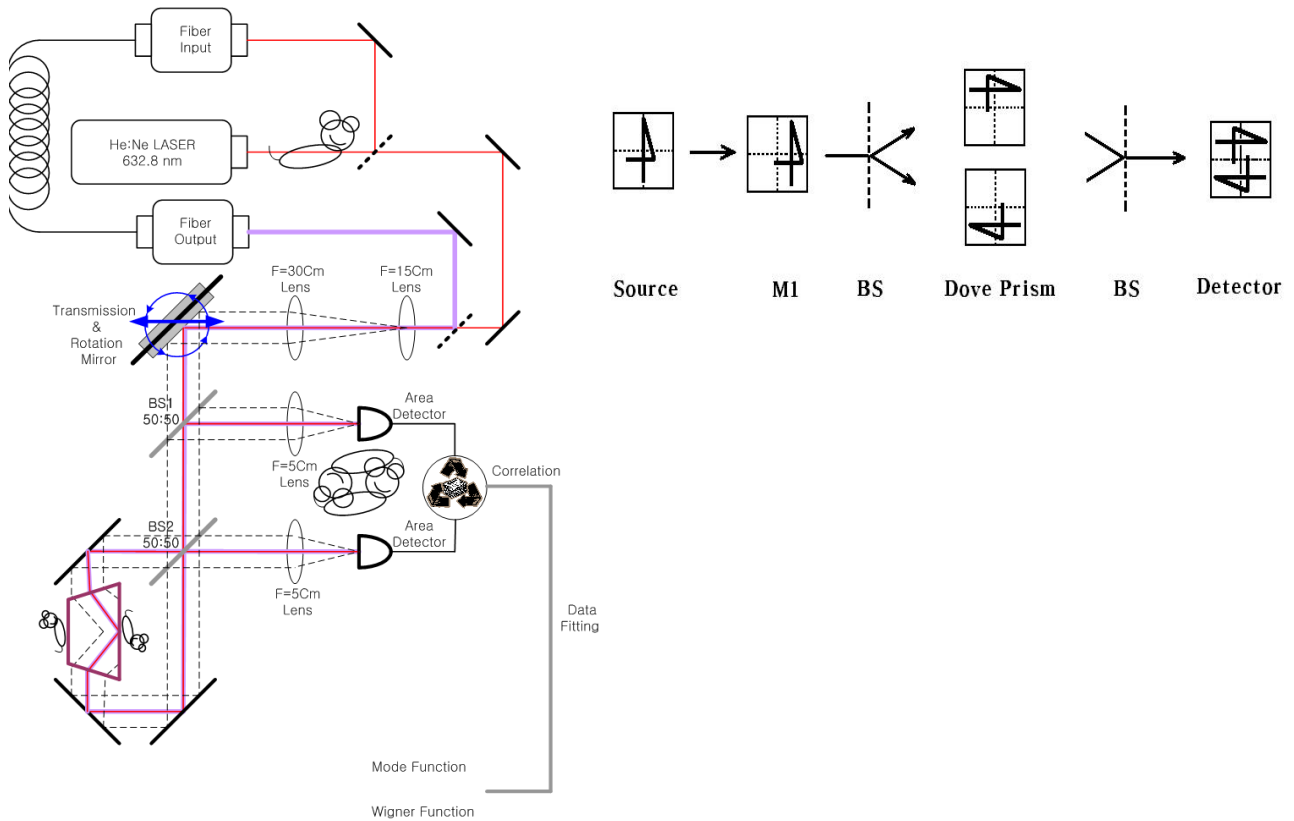


그림 1. (a) Wigner 함수 측정을 위한 장치도 (b) dove prism 을 통과하는 두 개의 beam

참고문헌

1. Eran Mukamel, Optics Letters 28, 1317 (2003).
2. Euisuk Kim, Hyoungjoo Kim, Jaewoo Noh, JKPS 46, 1342 (2005).