

고투과 고분해능 8자형 나노개구 설계에 대한 연구

양달, 엄규섭, 이응만, 박신증, 한재원*

서울특별시 서대문구 신촌동 연세대학교 기계공학부 나노광자공학연구소

[*jaewhahn@yonsei.ac.kr](mailto:jaewhahn@yonsei.ac.kr)

반도체 공정의 노광 및 기록 저장 매체에서 높은 집적도와 분해능을 얻기 위해서 회절 한계를 극복하는 방법으로 보다 더 짧은 파장의 빛을 이용하는 방법이 강구되어 왔다. 그러나 자외선 영역에 미치는 더 짧은 파장을 이용하는 방법은 응용에 많은 한계를 지니고 있으므로 새로운 기술적 돌파구가 요구된다. 최근 Ebbesen 등에 의해 보고된 현저한 빛의 통과현상이 이러한 한계를 극복할 수 있는 대안으로 제시되었고, 빛의 파장보다 작은 크기의 개구에 빛을 통과시켜 고분해능을 얻기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.⁽¹⁾

하지만 이러한 빛의 파장의 크기보다 작은 크기의 개구를 통과한 빛은 기존의 빛의 성질과는 다른 근접장 성질을 보이게 된다. 즉, 통과한 후 급속하게 그 세기가 감소하는 경향을 보이기 때문에 공학적으로 이용하기에 문제가 생기게 된다. 그러나 개구의 모양을 C 모양으로 바꾸면 개구를 통과하는 빛의 양이 보통의 정사각형 개구보다 1000배 가까이 증가하는 현상이 관찰되면서 새로운 개구형에 대한 관심이 고조되고 있다.⁽²⁾

따라서 새로운 형태의 고투과 나노개구를 찾기 위하여 Maxwell 전자기 방정식을 FDTD법을 이용하여 계산하는 XFDTD라는 상용 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행하여, 원통형 개구 두 개를 접하게 설계한 8자형 나노개구를 이용하여 C형 개구보다 높은 power throughput을 얻는 동시에 투과된 빛의 크기가 더욱 작게 집광되는 결과를 획득하였다. 8자형 개구는 원통형 개구를 두 개 겹쳐 놓은 형태로서 빛이 입사되는 방향에서 보게 되면 그림 1과 같은 형태를 가지게 된다. 이때, 입사되는 빛은 기존에 보고된 편광효과를 고려하여 y축으로 편광되는 빛을 입사해 주었다. 그림 2는 빛이 8자형 개구를 통과한 빛의 전기장 성분을 3차원적으로 나타낸 그림이다.

기존의 C형 나노개구와 8자형 나노개구를 비교한 표 1에서 알 수 있듯이, 8자형 나노개구가 기존의 C형 나노개구보다 Power Throughput과 Peak Intensity 모두 높은 값을 나타내며 Spot Area의 경우에는 더 작은 값을 가지는 것을 통하여 C형 나노개구보다 효율적으로 응용이 가능할 것으로 예상된다.

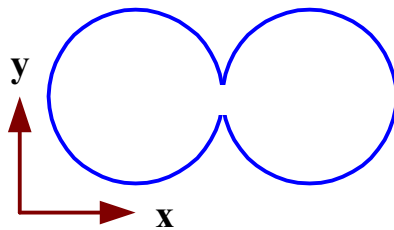


그림 1. 8자형 나노개구의 개념도.

표 1. C형 나노개구와 8자형 나노개구의 투과광 특성 비교

	Peak Intensity (v/m)	Throughput	Spot area (nm ²)
C형 나노개구	4.72	9.79	8652
8자형 나노개구	7.65	16.6	2128

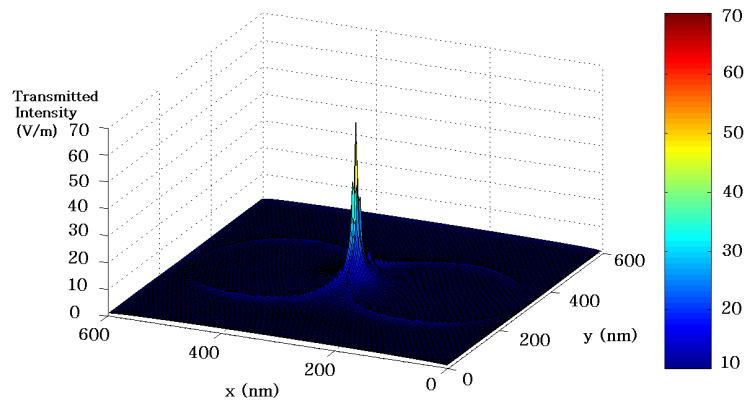


그림 2. 532 nm의 입사광이 200 nm 두께의 나노개구를 통과했을 때 투과된 빛의 전기장의 2차원적 분포.

참고문헌

1. T W. Ebbesen, H. J. Lezec, H. F. Ghaemi, T. Thio, and P. A. Wolff, "Extraordinary optical transmission through sub-wavelength hole arrays," Nature (London) **391**, 667 (1998).
2. X. Shi, R. L. Thornton, and L. Hesselink, "A nano aperture with 1000xPower Throughput Enhancement for Very Small Aperture Laser System", SPIE **4342**, 320 (2002).