

근접장 주사 현미경을 이용한 광도파로 특성 연구

A study for the waveguide characterization using the near-field scanning optical microscope

지원수, 김대찬, 정재완, 이승걸, 오범환, 이일항
 인하대학교 정보통신 공학부 micro-PARC
 jiws00@opto.emde.inha.ac.kr

본 연구에서는 주사 근접장 광학 현미경(Near-field Scanning Optical Microscope, 이하 NSOM이라 한다)을 이용하여 빛이 전파되고 있는 광도파로 주변에 형성되는 evanescent field를 측정함으로써 광도파로 내부에서의 빛의 전파특성을 알아보았다.

광소자의 설계에 있어서 광도파로 내부에서의 빛이 어떻게 전파되어지는 가는 매우 중요한 인자가 된다. 이제까지의 연구에서는 이러한 빛의 전파특성을 알아보기 위해서는 전산시뮬을 이용한 예측을 하는 것이 일반적이었으나, 실제로 제작된 광소자의 도파로 내부에서 빛이 전파되는 모습을 측정할 수 있다면 광소자의 설계에 매우 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

광도파로에 빛이 입사된 경우, 내부 전반사를 일으키며 진행하는 빛에 의해 코어와 클래딩의 경계면에는 evanescent field가 형성된다. 이때 형성되는 evanescent field의 세기는 경계면에서의 빛의 세기에 관계된 값을 가지게 된다. 따라서 경계면에 근접한 영역에서의 evanescent field의 세기를 알 수 있다면 도파로 내부에서의 빛의 전파특성을 정량적으로 측정할 수 있게 될 것이다. 그러나 이러한 evanescent field는 경계면으로부터 멀어짐에 따라 급격히 소멸되므로 사용되는 광원의 파장보다 매우 작은 거리의 영역에서 측정되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 evanescent field가 형성되는 경계면에 근접한 영역에 NSOM의 탐침을 접근시킴으로써 evanescent field가 탐침 끝에서 산란되면서 형성되는 propagating field를 측정하는 방법(dark field mode)을 사용하여 경계면에서의 빛의 세기분포를 결정하였다.

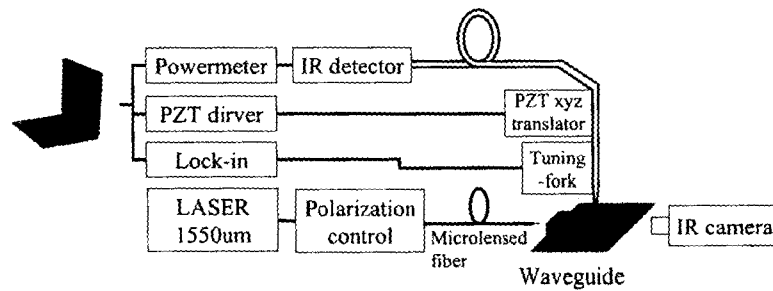


그림 1. 광도파로 측정을 위한 NSOM 실험 장치 개략도

그림 1에 실험장치의 개략도를 보였다. NSOM의 탐침은 nanonics사에서 제작된 구경 100nm의 Al-Cr이 증착된 tapered optical fiber를 사용하였다. 탐침 끝과 시료표면의 거리제어에는 Shear-force feedback이 사용되었다. 그림 2는 tuning fork에 탐침이 접촉된 모습이며, 그림 3은 탐침이 시료 표면에 근접함에 따른 수정진동자 양단의 전압 변화를 나타낸다.

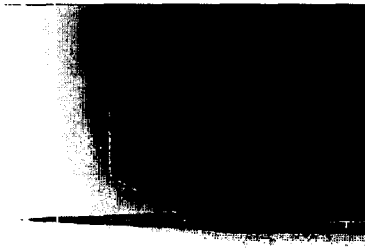


그림 2. 수정진동자에 광섬유 탐침을 부착한 그림

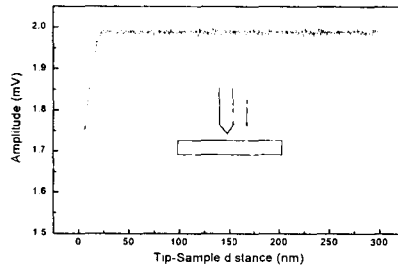


그림 3. 탐침과 표면의 거리에 따른 수정진동자 양단의 전압변화

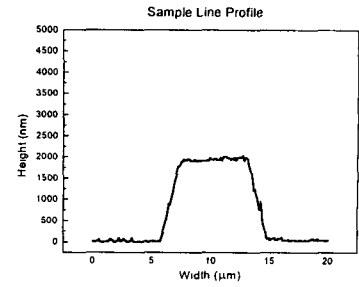


그림 4. NSOM을 이용한 도파로 영역의 단차

측정 시료로 사용된 소자는 sol-gel 방법을 이용하여 제작된 채널형 도파로를 사용하였다. 도파로는 fused silica 기판의 굴절률이 1.444이고 도파로의 굴절률은 1.501(@1550nm)이다. 입력되는 입사광의 중심 파장은 1550nm로 하였고 도파로의 폭은 5 μ m, 두께는 2 μ m로 하였다. 그림 4에 도파로의 단차를 측정한 결과를 보였다.

실험은 먼저, 편광 조절기를 이용하여 TE 및 TM 모드로 도파로에 빛을 입사하고, 각각의 경우에 대하여 빛이 전파되고 있는 도파로 표면에 탐침을 근접시킨 다음, 도파로를 가로지르는 방향으로 주사하며 표면에 형성된 evanescent field를 측정하여보았다.

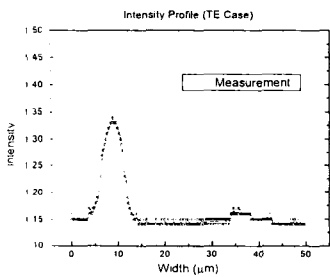


그림 5. 1550nm(TE)인 경우의 evanescent field 형태

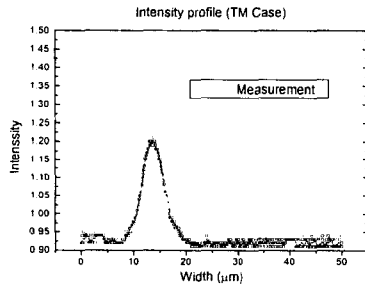


그림 6. 1550nm(TM)인 경우의 evanescent field 형태

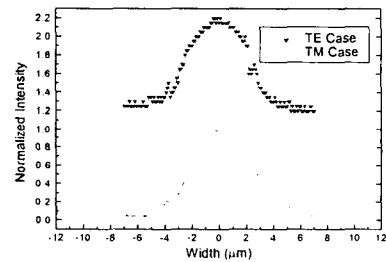


그림 7. 입력 모드(TE,TM)변화에 따른 특성 비교

TE, TM 모두 도파로 영역에서 cosine 형태의 분포를 나타내고 있으며, 도파로 경계로부터 측면으로 벗어난 영역에 대하여는 지수함수적인 감쇠를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 또한 TE 모드는 TM 모드와 달리 경계에서의 불연속을 볼 수 있다.

참고문헌

[1] C. D. Poweleit, David H, Naghski, Susan M. Lindsay, Joseph T. Boyd, Howard E. Jacson, Near field scanning optical microscopy measurements of optical intensity distribution in semiconductor channel waveguides, Appl. Phys. Lett. 69(23), 2 December 1996

[2] Y. T. Yang, D.Heh, P. K. Wei, and W. S. Fann Vibration dynamics of tapered optical fiber probes J. Appl. Phys. 81(4), 15 February 1997

[3] 정재완, 이승걸, 오범환, 이일향, 제작조건에 따른 졸-겔 복합 실리카 박막의 광학적 성질 변화, 한국광학회지, vol. 11, no. 4, August 2000