

## 도파로 렌즈를 이용한 광픽업 헤드의

### 광집속 크기 최적화 설계

#### Optimal design of waveguide lenses with small spot sizes for Optical pick-up head

김기욱, 최철현, 김현준, 오범환, 이승걸, 박세근, 이일향,

김태엽\*, 이재광\*, 유용구\*, 김약연\*, 한기평\*

micro-PARC, 인하대학교 정보통신 공학부, \*한국전자통신연구원 신기능정보저장소자팀

[namuzy@unitel.co.kr](mailto:namuzy@unitel.co.kr)

사회의 정보화가 급속하게 진전됨에 따라 취급해야 할 데이터 양이 증가되면서 정보 저장장치의 고속화, 소형화, 및 대용량화의 필요성이 대두되고 있다. 많은 양의 데이터를 저장하기 위해서는 저장장치의 물리적 디스크 공간이 높은 기록밀도를 가져야 한다. 이를 위한 방법으로 하드디스크 기술과 광자기 디스크 장치(magneto-optical disk drive) 기술을 결합하는 근접장 복합 기록 방법(Near field hybrid recording method)들이 보고 되었다<sup>(1)</sup>. 이러한 방법들은 자기 기록 헤드를 사용하여 디스크에 정보를 기록하는데, 매체 내에 기록된 데이터의 행로(track) 폭은 자기 기록 헤드의 집속광(optical spot)의 크기에 의해서 결정된다. 본 연구에서는 도파로 렌즈 (waveguide lens)<sup>(2)</sup>를 이용하여 광 집속의 최소화와 광 전송효율의 극대화를 시도하였다.

그림 1에 collimating lens와 focusing lens로 이루어진 도파로 렌즈의 구조를 나타내었다. 여기서 collimating lens는 입사된 빛을 평행광으로 만드는 역할을 하며, focusing lens는 저장매체를 가열하기 위한 평행광을 집속면에 집속 시키는 역할을 한다. 도파층(guiding layer)과 렌즈부로 사용되는 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>의 굴절률은 2.05이고, 클래딩층(cladding layer)으로 사용되는 SiO<sub>2</sub>의 굴절률은 1.46이다. 일반적으로 도파로의 유효굴절률은 두께에 따라 달라지게 되는데, 이를 자체 개발한 micro-ParcWin<sup>(3)</sup>을 사용하여 계산하였으며, 그림 2에 나타내었다. 이러한 도파로 렌즈의 설계에 있어서 가장 중요한 것은 광집속 크기를 최대한 줄이는 것이다. 광집속 크기( $d_{FWHM}$ )는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$d_{FWHM} = \frac{\lambda}{2.25 NA} = \frac{\lambda}{2.25 n_{lens} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \sin^{-1}\left(\frac{n_{guide}}{n_{lens}}\right)\right)} \quad (1)$$

여기서  $n_{lens}$  와  $n_{guide}$  는 렌즈부와 도파층의 유효굴절률이고, NA(Numerical Aperture)는 개구수이다. 식 (1)에서 보듯이 집속광의 크기는 파장과 NA에 의해 결정된다. 그리고 NA는 굴절률에 의존한다. 즉, 파장은 짧아야 하며, 렌즈부의 굴절률과 도파층의 굴절률 차가 커야 한다. 다시 말해, 도파층의 두께( $t_1$ )와 렌즈부의 두께( $t_2$ )의 차가 커야함을 나타낸다. 그림 3은 각각의  $t_1$ 에 대하여  $t_2$ 의 변화에 따른 집속광의 크기 변화이다. 사용한 파장은 633 nm 이다. 그림에서  $t_2$ 가 증가함에 따라  $d_{FWHM}$ 가 작아지면서 포화(saturation)됨을 알 수 있다. 여기서  $t_1$ 은 기본 모드만 존재하는 범위 내에서 선택하였다. 그림 4에  $t_1$ 을 변화시키면서 도파층에서 렌즈부로의 에너지 전이 특성을 나타내었다. 광속 직경을 줄이면서 높은 전송효율을 얻기 위해 도파층의 두께( $t_1$ )는 제작을 고려하여 가능한 작은 두께를 가지는 100 nm로, 렌즈부의

두께( $t_2$ )는 그림 3에서 포화가 시작되는 300 nm로 하였다. 이 때의 광집속 크기는 297 nm 이다. 저장 밀도를 높이기 위해 근접장(Near-field) 기술을 사용하여 파장 이하의 광집속 크기를 얻고자 시도했으며, 그림 1에서 collimating lens를 사용함으로써 광원과 도파로 렌즈간의 커플링(coupling)을 용이하게 했다. 위에서 언급했듯이 광집속 크기는 파장과 굴절률에 의존한다. 하지만 현재 사용할 수 있는 파장의 한계가 있으므로, 굴절률이 높은 물질을 사용한다면 광집속 크기를 더 줄일 수 있을 것이다.

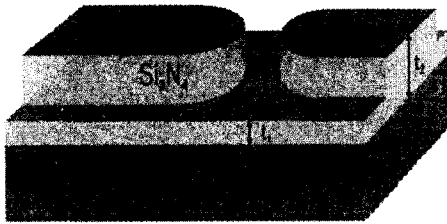


그림 1. 도파로 렌즈의 구조도( $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$ )

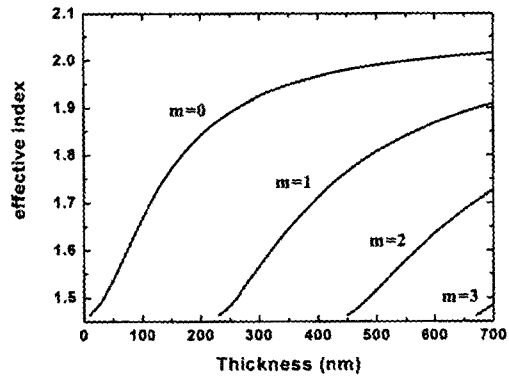


그림 2. 두께의 변화에 따른 유효굴절률 변화 곡선

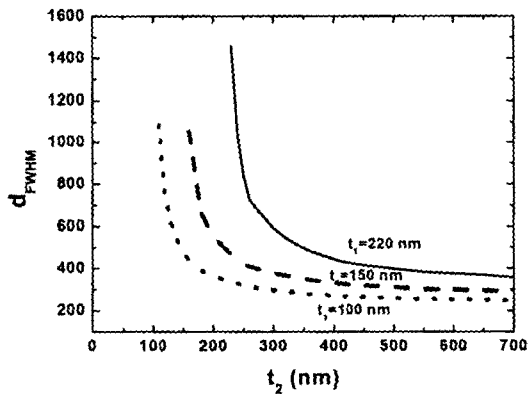


그림 3. 렌즈부의 두께( $t_2$ )의 변화에 따른 광속 직경 변화 곡선

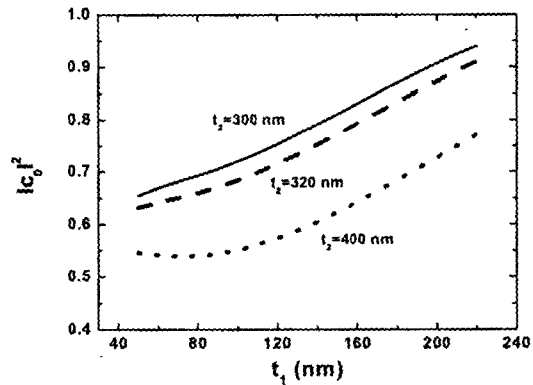


그림 4. 두께의 변화에 따른 전이계수 변화 곡선

참고 문헌

1. H. Sukeda, et. al. IEEE Trans. Magnetics, vol. 37, No. 4, pp.1234-1238, July (2001).
2. T. Raush, et. al. Proc. SPIE, vol. 4090, pp.66-71 (2000)
3. micro-ParcWin, ver. 1.0, 인하대학교 <http://mparc.inha.ac.kr/mparc.htm>

감사의 글

본 연구는 2002학년도 인하대학교의 지원(INHA-22504)과 한국과학재단 특정기초연구사업((1-1999-000-00225-0) 그리고 한국전자통신연구원(ETRI)의 연구 지원으로 수행되었습니다.