

열 보조 자기기록용 마이크로 레이저 모듈의 제어 범위에 대한 해석 및 평가

Analysis and evaluation of control range of micro laser module for heat assisted magnetic recording

*최용복¹, #김영주^{1,2}, and 박하울³

*Yong-Bok Choi¹, #Young-Joo Kim(yjkim40@yonsei.ac.kr)^{1,2}, and Ha Yool Park³
¹ 연세대학교 정보저장기기연구센터, ² 연세대학교 기계공학부, ³ 재영솔루션㈜

Key words : Heat assisted magnetic recording, HAMR, Light delivery, laser module, micro actuator

1. 서론

정보가 매우 중요시 되고 있는 요즘 사회에서 정보의 송수신의 기술과 동시에 정보저장기술 또한 매우 빠르게 발전되고 있다. 매우 다양한 정보저장기술이 존재하지만, 대용량의 측면에서 하드디스크 기술 방식이 가장 유리하다고 할 수 있다. 아울러 현재 전 세계적으로 차세대 대용량 하드디스크 기술로서 열 보조 자기기록(Heat Assisted Magnetic Recording, HAMR)방식이 각광 받고 있다. 이 기술이 적용된다면 최소 1Tb/in²의 기록밀도를 달성 할 수 있게 된다[1,2]. HAMR기술의 완성을 위해서는 media구조, head system, head개구 설계, 광 전송방식 등 다양한 연구가 필요하므로, 본 논문에서는 외부광원으로부터 media까지 정확한 광 전달체계에 관한 내용을 연구하였다. 즉, 광원으로서 레이저 다이오드를 이용하여 마이크로 레이저 모듈을 설계하였으며, 마이크로 레이저 모듈에서 발진되는 광을 헤드까지 정확하게 전달하는 연구를 목적으로 한다. Fig.1 과 같이 5400~7200 RPM으로 고속 구동되는 하드디스크의 경우 1 차적으로 media에 진동이 발생하며, 그에 따른 2 차적 진동으로 헤드 또한 진동변위가 발생하게 된다. 마이크로 레이저 모듈의 기능은 헤드의 진동에 관계없이 헤드를 추적하며, 일정한 광량을 정확히 전달하는 system이기 때문에 헤드의 변위에 따라 상대적 각도가 미세적으로 변하는 동적 변화를 이용하여 실제 system과 동일한 실험장치를 셋업하고, 광학 평가 실험을 수행하였다. 아울러 변위 보정을 위하여 마이크로 액추에이터를 이용한 구동 제어가 필요하기 때문에, 마이크로 레이저 모듈하판에 액추에이터가 탑재된 일체형 모듈을 구현하기 위하여, 액추에이터의 구동에 따른 보정을 레이저 다이오드와 포토 다이오드를 이용한 광 신호로 제어 할 것이며 그에 따른 광 신호는LightTools를 이용한 시뮬레이션으로 확인하여 실제 실험값과 비교함을 목표로 한다.

2. 레이저 모듈의 광학 평가 실험

HDD 가 구동 시 media 에 진동이 발생하게 되며, 헤드 또한 진동이 발생하게 된다. 진동이 없는 E-block 에 탑재되

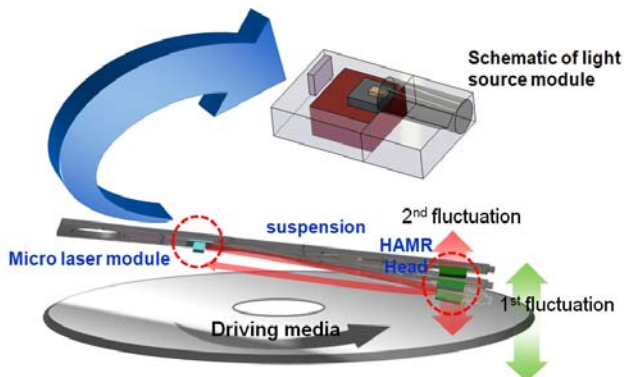


Fig. 1 Concept of light delivery methods and vibration of head in Heat-Assisted Magnetic Recording system

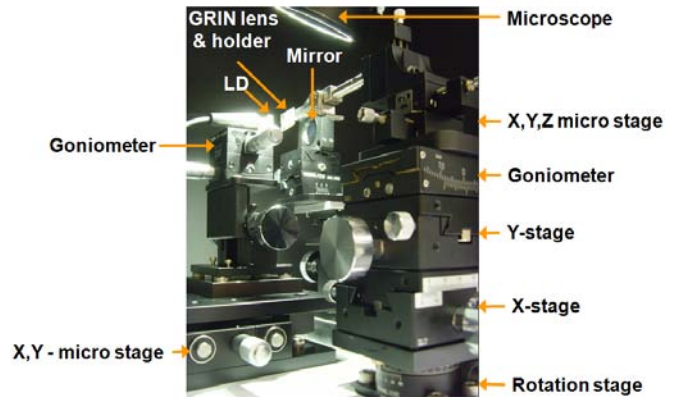


Fig. 2 Optical evaluation setup for micro laser module

어 있는 마이크로 레이저 모듈에서 발진되는 광이 진동하는 헤드를 추적하며 정확한 광이 입사 할 수 있게 제어가 요구된다. 헤드를 추적하며 제어하는 방법으로는 헤드의 일부분을 반사판으로 설계하여 반사되어 되돌아 오는 광량을 포토 다이오드로 검출한 후, 검출된 광량으로 액추에이터에 전기적 신호를 송신하여 제어하는 연구를 목적으로 한다. 반면, 헤드가 진동을 함에 따라 헤드에 tilt 가 발생하게 되며, 반사되어 되돌아온 광량에 따라 포토 다이오드에서 검출할 수 있는 광량 또한 변하기 때문에 이 시스템을 데이터화 할 수 있는 광학 실험을 다음과 같이 실행하였다 [3]. 즉, 실제 시스템과 같이 광원은 진동이 발생하지 않기 때문에 고정을 하였고, 헤드에 속하는 반사판에는 미세 tilt 를 조정하기 위해서 마이크로 고니오미터로 실험 장치를 구성하였다. 포토 다이오드가 일체화 되어있는 650nm 파장을 갖는 레이저 다이오드를 사용하여 Fig.2 와 같이 광학 실험 장치를 셋업 하였다. 좌측에는 레이저 다이오드를 마이크로 스테이지로 셋업하였으며, 우측에는 반사판을 마이크로 스테이지와, 마이크로 고니오미터로 셋업 하였다.

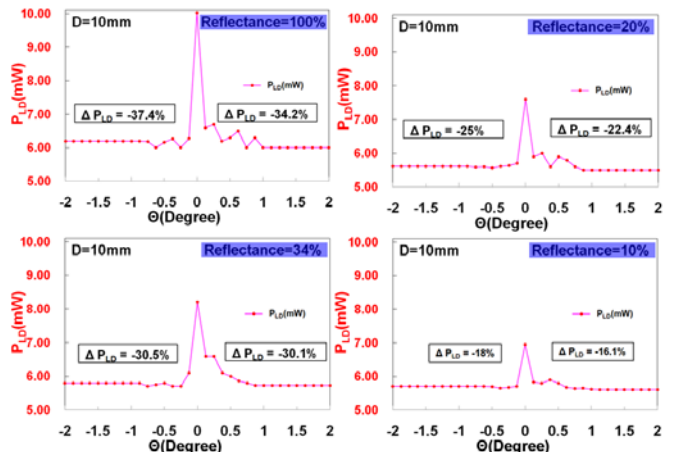


Fig. 3 Detected optical intensity in photo diode by tilt angle and reflectance of the reflector

또한, 레이저 다이오드와 반사판 사이에는 평행광 렌즈를 고정 시키기 위하여 렌즈 홀더와 로테이션 스테이지로 셋업 하였다. 레이저 다이오드에는 출력광을 임의로 조절할 수 있으며, 포토 다이오드의 광량을 측정 할 수 있는 LD controller 를 연결하여 tilt 되어 돌아오는 광량을 측정하였다. 실제 시스템에서 마이크로 레이저 모듈과 헤드 사이의 거리가 10mm 이므로 거리는 고정을 하여 실험한 결과 Fig.3 과 같은 데이터를 확인 하였다. Fig.3 은 반사판의 반사율을 각각 100%, 34%, 20%, 10%로 달리하여 $\pm 1/8^\circ$ (0.125°) 씩 tilt 하여 포토 다이오드에서 검출된 광량을 나타낸다. 전체 광량이 1° 내에 집광되었음을 확인하였으며, 1° 만 제어가 가능하다면 헤드를 추적하면서 정확한 광 전달이 이루어질 수 있을 것으로 사료된다. 아울러 포토 다이오드에 검출된 광량에서 Peak intensity에서 saturation intensity로 줄어든 상대적 광량을 계산 한 결과 25%의 광량차이로 충분히 액추에이터를 제어 할 수 있기 때문에 입사된 면적의 20%는 반사판으로 이용하는 헤드설계가 요구된다[4]. 그에 맞는 HAMR 헤드를 설계 하였으며, 반사판을 제외한 나머지 80%는 grating 구조를 이용하여 보다 효율적으로 media 에 집광하는 연구가 더욱 필요하다.

3. LightTools 를 이용한 레이저 모듈의 광 해석

HDD 구동 시 헤드는 3 축으로 모두 진동을 하게 되면서 동시에 여러 방향으로 tilt를 유발한다. 현재 상용화되고 있는 HDD의 경우 5400~7200RPM 으로 media가 회전하게 되는데, 그때 진동수는 90~120 Hz를 발생시킨다. 고속 회전 구동에 의한 진동으로 헤드는 vertical 방향으로 $\pm 1\sim 10\mu\text{m}$ 진동하며, 헤드 자체 고유 진동은 off-track방향(X축)으로 $\pm 10\text{nm}$, down-track 방향(Y축)으로 $\pm 40\text{nm}$, vertical 방향(Z축)으로 $\pm 20\text{nm}$ 진동하기 때문에, 3 축 모두 진동발생시 반사되어 돌아오는 광량이 달라지게 된다[5]. Tilt에 따라 헤드의 반사판에서 반사되는 광량을 확인하는 실험적 연구가 필요하다. 광학 실험 장치에서 3 축에 대한 tilt 장치 셋업에 어려움이 있기 때문에, LightTools를 이용한 시뮬레이션으로 보다 미세하고, 정확한 데이터를 확보 할 계획이다. 광학 실험 데이터와 시뮬레이션의 데이터의 비교 확인 후 다른 변위에 따른 광학 데이터를 확보하는 연구를 진행 중에 있다. 또한, 3 축 변위에 의해 발생하는 손실 광량을 줄이며 그에 따른 제어 연구도 추후에 진행 할 예정이다. Fig.4 는 LightTools를 이용하여 실제 시스템과 같이 몰드 베이스, 방열판, 레이저 다이오드, 포토 다이오드, 평행광 렌즈, 반사판 등 여러 광학 부품이 일체화 되어있는 마이크로 레이저 모듈을 모델링 하였다. Fig.5 는 평행광 렌즈로 사용되는 GRIN(Gradient Index lens)렌즈는 실제 실험에서 사용되는 렌즈와 같이 N.A.=0.46, Diameter=1mm, Length=2.6mm, Refractive index=1.61, Index constant A=0.61mm⁻¹로 설계하여, 해석 결과 거리 10mm에 위치한 반사판에 조사된 average

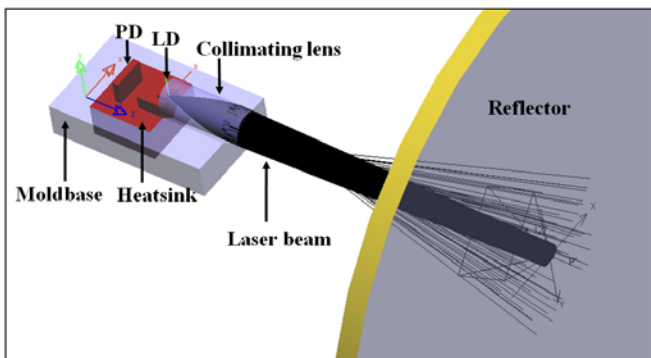


Fig. 4 Design of respectively assembled optical component of micro laser module

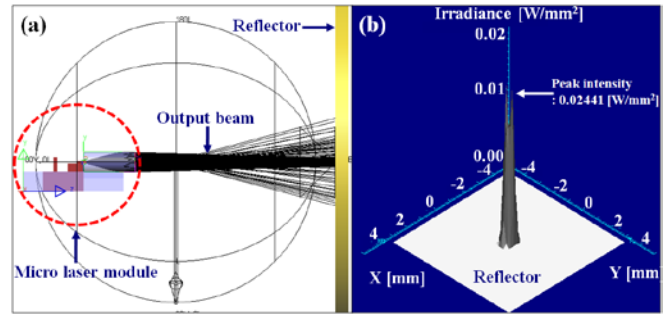


Fig. 5 (a) Focusing of output beam by using collimating lens
(b) Intensity distribution on the reflector

intensity는 0.0001 [W/mm²]로 나타났으며, 집광된 peak intensity는 0.02441 [W/mm²]로 측정되었다. 또한, lens를 사용하지 않았을 경우 반사판에 조사된 광의 직경은 20mm로 분포 하였으나, lens를 사용한 후 조사된 광의 직경은 1mm로서 매우 많은 광량이 집광 되었음을 확인 하였다. 반사판의 3 축의 tilt에 의해 발생하는 검출된 광량 분포 해석에 대한 연구는 추후 발표 할 예정이다.

4. 결론

HAMR 기술에 필요한 마이크로 레이저 모듈을 디자인 하여 광 전달 평가부분에서 반사판의 반사율(100%, 34%, 20%, 10%)과 반사판의 tilt($\pm 1/8^\circ$)에 따른 광량을 포토 다이오드로 확인하였다. 확보된 데이터를 기반으로 진행된 연구에서는 반사판의 면적을 전체 광량의 20%로, media의 가열에 사용되는 광량은 80%로 추후 연구할 계획이며, 그에 따른 HAMR 헤드를 설계하였다. HDD 실제 구동 시 media의 진동에 따른 헤드의 2 차 진동이 3 축으로 발생하기 때문에 이와 관련하여 LightTools로 마이크로 레이저 모듈과 평행광 렌즈를 각각 설계하였으며, 반사판에 조사된 광의 직경이 렌즈의 유무에 따라 20mm에서 1mm로 줄어들었음을 확인하였으며, 출력광의 발진각을 줄이고, 광량이 반사판에 현저히 집광됨을 확인하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 주관 전략기술개발사업 “마이크로 기능성 초정밀 핵심 요소부품 제조기반기술개발”의 3 세 부 “마이크로 액추에이터용 초소형 부품 제조 및 모듈화 기술”의 결과로써 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Mark H. Kryder, Edward C. Gage, 2008, Heat Assisted Magnetic Recording, IEEE Trans. On Mag., Vol. 96, No. 11, pp.1810~1817.
2. T.W. Mcdaniel, W.A. Challener, 2003, Light Delivery Techniques for Heat-Assisted Magnetic Recording, Jpn. J. Appl. Phys, Vol. 42, pp.981~988
3. C. Peng, W.A Challener, 2004, Input-grating couplers for narrow gaussian beam: Influence of groove depth, Opt. Express, Vol. 12, No. 26.
4. M.A. Seigler, W.A. Challener, et al., 2007, Heat Assisted Magnetic Recording with a Fully Integrated Recording Head, Optical Data Storage 2007, Proc. Of SPIE Vol. 6220
5. Kiely and Hsia, 2006, Three-Dimensional Motion of Sliders Contacting Media, ASME J. Trib. Vol 128, p. 525-533