수직 기록용 Single Pole Tipe Head의 최적화 설계와 Write Field 분석

원혁*, 박관수*
*한국해양대학교 전기공학과

Optimum Design and Analysis of Property of Perpedicular Type Single Pole Wirte Head

Hyuk Won*, Gwan Soo Park*
*Dept. Electrical Engineering, Korea Maritime University.

Abstract - 수직 기록 방식은 그 기록 방식의 차이로 인하여 수평 기록 방식에서 쓰여 오던 Write Head의 Design을 적용하였을 경우 기록 밀도를 높이는데 많은 문제점과 낮은 기록 밀도 상승률을 동반하게 된다. 따라서 수직 기록 방식의 자기 기록에서는 수직 기록 방식에 적합한 Write Head의 Design을 적용하여야만 한다. 본 논문에서는 3차원 유한요소법을 이용하여 수직 기록용 Write Head의 한 종류인 SPT Head(Single Pole Tip Head)를 최적 설계하여 그 Write Field의 특성을 분석 제시하였다. 또한 기록 Media의 차이에 따른 기록 특성을 분석하기 위하여 기존 Single Layer 방식과 SUL (Soft Magnetic Under Layer)를 사용한 Double Layer 방식을 이용하였을 경우 SUL이 자기 기록에 미치는 영향에 대한 내용을 연구 분석하여 제시하였다.

1. 서 론

개인에게 필요한 정보의 양이 많아짐에 따라 그 정보를 저장하기 위한 개인용 정보기기의 정보 저장 용량 요구량이 점차로 늘어나고 있다. 사용의 편의에 의해서 기기의 크기는 줄어들어야 하고 또한 그 용량은 늘어나야만 한다. 이러한 요구 조건을 충족하는 정보 저장기기 중 가장 보편적인 것이 HDD(Hard Disk Driver)이다. 본 연구는 이러한 HDD를 초 고밀도화 하기 위한 연구이다.

고 기록 밀도용 HDD를 설계하려면 첫째 선 기록 밀도와 트랙 밀도를 늘려야 하고 둘째 고 밀도 기록이 가능한 고 보자력 Media가 필요하고 셋째 이 Media를 Over Write 시킬 수 있는 충분한 Write Field를 발생시킬 수 있는 Write Head가 요구 되어 진다. 또한 기록 되어진 Media를 읽어 낼 수 있는 Read Head가 필요하다. 이러한 사항들 중에서 Head의 관점에서 요약하자면 현재 Read Head는 MR Head의 개발 이례로 비약적인 발전을 통해 현재 GMR Head에서는 약 300Gb/in^{2}의 기록 밀도에서 사용이 가능한 것이 개발되어 있다. 하지만 이에 비해서 Write Head는 그 설계가 HDD의 기록 밀도를 좌우할 만큼 많은 난관과 기술적 한계에 부딪치고 있다.

현재 주류를 이루고 있는 기록 방식은 수평 기록 방식이다. 이전까지의 많은 연구들이 수평 기록 방식을 사용하여 기록 밀도를 향상시키기 위한 많은 방법들이 연구되어 왔고 또한 적용되어 사용되었다. 하지만 시간이 지남에 따라 수평 기록 방식은 그 기록 방식의 한계로 인하여 더욱더 기록 밀도를 향상시킬 수 없는 상태에 다가서고 있다. 이러한 것을 방식을 극복하기 위하여 일부 연구에서는 수평 기록 방식의 Write Head Design의 일부를 변경하여 수평 기록 방식으로 기록 밀도를 올리려는 연구를 진행하였다. 이 방법의 장점은 기존의 공정에 약간의 수정을 가함으로써 기록 밀도를 향상 시킬 수 있다는 점이 있다. 하지만 이 역시 수평 기록 방식을 이용하므로 수평 기록 방식의 많은 한계점들을 대부분 가질 수밖에 없다. 이러한 이유에서 수평 기록 방식의 한계점을 극복할 수 있는 수직 기록 방식이 요구되어진다.

본 논문에서는 이러한 수평 기록용으로 설계된 헤드에서 발생하는 많은 문제점들을 극복할 수 있는 수직 기록 방식을 위한 Single Pole Tip Head를 3차원 유한요소법(3 Dimension Finite Element Mothod, 3D FEM)을 사용하여 최적화 설계를 하고 그 발생항 Write Field의 특성을 분석 제시하였다. 또한 SUL을 사용한 Double Layer Media 기록 방식에서 SUL이 미치는 영향에 대해서도 기록 하였다.

2. Single Pole Tip Head의 설계 최적화

본 연구에서는 Write Head의 설계 최적화를 위해서 유한요소법을 사용하였다. 이 경우 일반적인 Aspect Ratio가 1:10이상에서는 2차원 근사 해석이 큰 오차를 보이지 않았지만 HDD가 고밀도화 되어감에 따라 Aspect Ratio의 비율이 증가하였고 따라서 2D 근사 해석으로는 그 오차가 증가하여 부적합한 계산 결과를 얻게 된다. 따라서 100Gb/in^{2}이상의 초 고밀도 HDD용 Write Head에 대한 해석에서는 3D 해석이 필연적이다. 또한 3D해석을 하였을 경우 2D에서는 볼 수 없는 Side Track에 의한 영향도 해석이 가능해 진다.

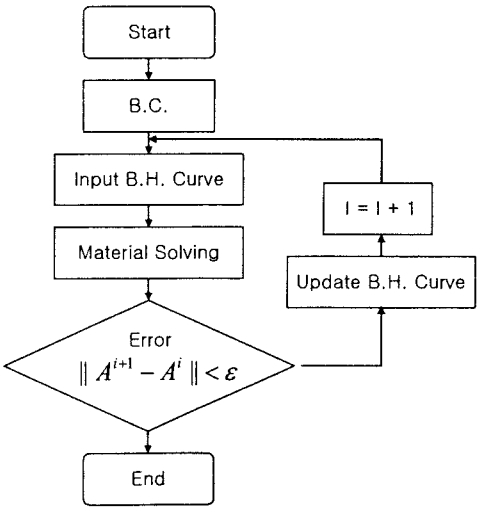

그림 1 유한요소해석법의 순서도

수직 기록 방식을 위해서는 수직 기록 방식에 적합한 Write Head의 Design을 적용해야만 한다. 본 연구에서는 그림 2에 나타난 것과 같은 SPT Head를 적용하여 최적화 하였다. 최적화 적용을 위한 파라미터는 표 1에 나타난 것과 같이 Write Pole의 단면적을 80 × 160 ㎛로 고정하였으며 Pole과 Back Throat가 이루는 각도를 35°로 성정하였고. 그리고 Yoke의 전체적인 길이를 3000 ~ 10000 ㎛로 변경하면서 유한요소해석을 한 결과 Yoke의 길이가 짧을수록 큰 Write Field를 발생시킨다는 결과를 얻었다. 두 번째로 갭 사이즈를 200 ~ 1000 ㎛로 변경하며 해석한 결과 400 ~ 1000 ㎛ 사이에서는 그 차이가 크지 않다가 400미만으로 내려가면 수직 Write Field가 크게 감소하기 시작한다는 결과를 얻었다. 또한 Pole의 Length는 20 ~ 80㎛로 변화하며 해석한 결과 짧을수록 큰 Write Field를 발생시킨다는 결과를 얻었다.

이와 같은 결과를 바탕으로 최적 디자인을 적용 유한요소해석 결과가 그림 3에서와 같은 B^2 Field의 결과를 보였고 그림 4와 5에서와 같은 수직·수평 필드의 발생하였다. 이 경우 최적화 된 수직 최대 Write Field의 값은 7139.99 Oe이고 PW40 지점의 Bit Size는 180 ㎛이고 Track Size는 160 ㎛ 이다. 현재 발생된 최대 발생 Field인 7139.99 Oe는 Media 표면에 발생된 Write Field의 세기이다. 실제 기록이 일어나는 지점인 Media 중간에서의 Max Field의 세기는 그림 6에 나는 것과 같이 5622.75 Oe이다. 이 Write Field는 고보자력 Media를 Over Write 하기에는 충분치 못한 크기이다. 또한 그림 7에 결과에서도 알 수 있듯이 Top Pole과 Return Pole에서 발생한 Write Field의 크기의 차이가 너무 작기 때문에 Media에 기록된 자화가 다시 지워지게 된다.

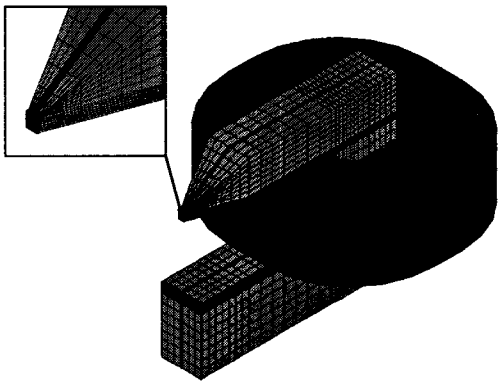

그림 2 Single Pole Write Head Model

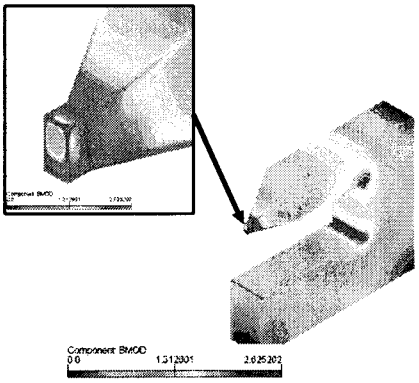

그림 3 시뮬레이션 결과 B Field

Table 2. Simulation Parameters

Type	Single Pole Head
Pole (W × H)	80㎛×160㎛
Pole Slope	35°
Pole Length	20 ~ 80 ㎛
Yoke Height	3000 ~ 10000 ㎛
Gap Size	200 ~ 1000 ㎛
Current	200mA

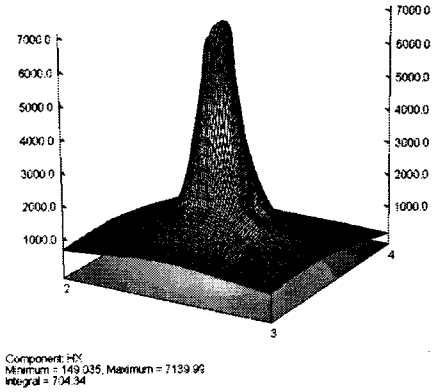

그림 4 Perpendicular Filed

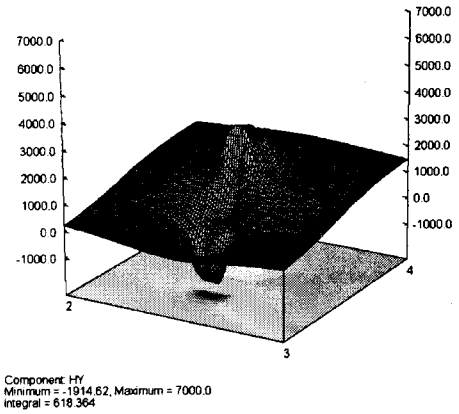

그림 5 Longitudinal Field

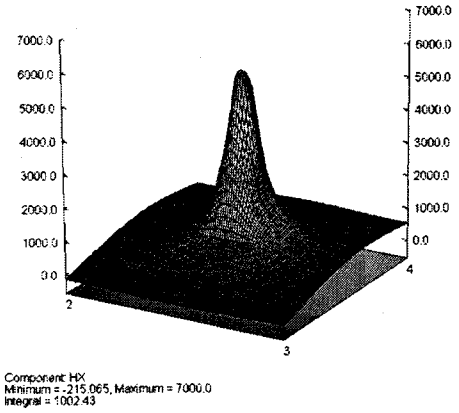

그림 6 기록 매체 중심에서의 수직 Field 분포

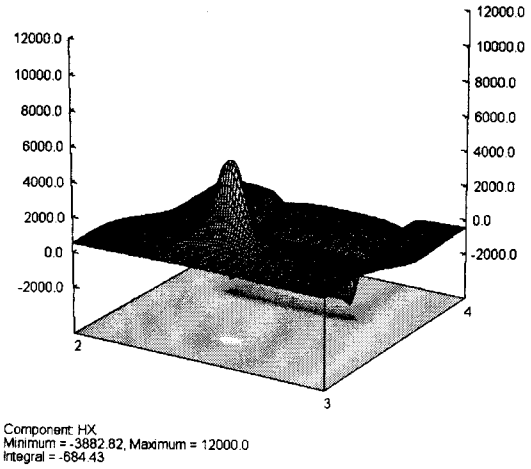

그림 7 전체 Pole에서의 수직 Field 분포(No SUL)

이러한 문제가 발생한 이유는 기존 기록 방식인 Single Layer Media를 사용하였기 때문이다. 따라서 이를 해결하기 위해여 본 연구에서는 SUL을 사용한 Double Layer Media에 대한 유한요소해석을 하여 그 Write Field를 분석하였다. 그 결과 그림 8에 나타난 결과와 같이 Write Pole에서 발생한 자계가 Single Layer 기록 방식에서와 같이 공기의 Block 작용에 의해서 Return Pole 쪽으로 급격히 선회하는 현상이 없어지고 대부분의 발생 Field가 Media 쪽으로 밀집됨을 알 수가 있다. 또한 Return Pole로 돌아가는 자계들도 Return Pole 양 끝에 밀집되지 않고 고르게 분포하게 되는 좋은 결과를 보였다. 이러한 결과로 인하여 그림 9에 나타난 결과에서 알 수 있듯이 Write Field의 Max 값은 12533.5 Oe 로 두 배 이상의 증가를 보였고 이는 고 보자력 Media를 Over Write 할 수 있는 충분한 Field가 된다. 또한 Return Pole에서 발생되는 자계도 7354.32 Oe 로 다소 증가 되었지만 Write Pole에서 발생한 세기에 비해서는 충분히 작은 편이다. 이렇게 최적화된 Write Head는 200Gb/in^2 이상의 기록 밀도의 HDD에 사용될 수 있다.

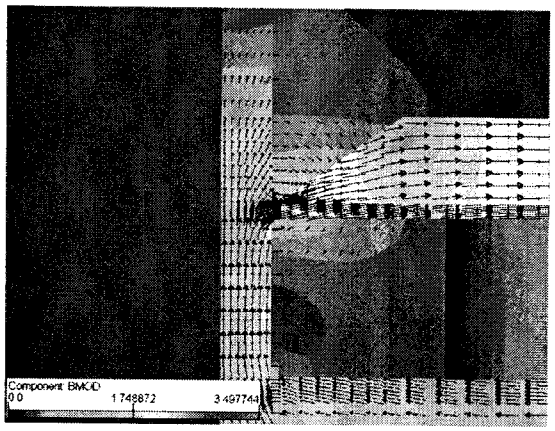

그림 8 SUL이 있는 Double Layer Media의 해석 결과

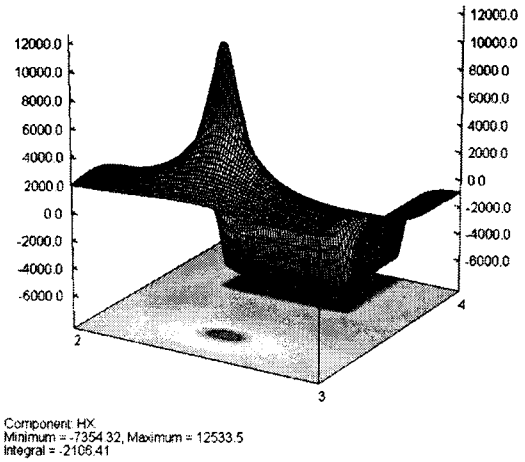

그림 9 전체 Pole에서의 수직 Field 분포 (SUL 사용)

3. 결 론

본 논문에서는 고 기록 밀도의 HDD용 Write Head를 설계함에 있어서 현재 주류를 이루는 방식인 수평 기록 방식의 Write Head의 한계를 뛰어넘어서기 위한 가장 유력한 방식인 수직 기록용 Single Pole Head를 최적화 설계하여 그 Write Field의 특석을 분석하였다. 또한 이 최적화 설계된 Write Head를 현재 주류를 이루는 기록 방식인 Single Layer Media를 사용하였을 경우에 발생하는 문제를 제기하였고 SUL을 이용한 Double Layer Media를 사용하여 그 문제점을 해결하였다. 그 결과 Max Write Field로 12533.5 Oe 의 결과를 얻었고 이는 200Gb/in^2 이상에서 사용 될 수 있는 고 보자력 메디아를 충분히 Over Write 할 수 있는 Write Field이다.

차후 본 연구에서는 본 연구에서 부족한 부분인 실제 기록 밀도와 Write Head에서 발생하게 되는 여러 Field들에 대한 영향을 분석하기 위하여 Preisach Modeling과 Micro Magnetics Modeling을 사용한 분석을 진행해 나갈 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] H. Won. G.S. Park, "HDD Write Head의 자기적 성질과 형상에 따른 Write Field의 특성 해석", 대한 전기 학회 부산지부 2001년도 춘계학술대회 논문집, pp. 40 - 46, May 2001.

[2] H. Won, G.S. Park, "100Gbit/in2 기록밀도를 위한 HDD Write Head의 설계", 대한 전기 학회 2001년도 하계 학술 대회 논문집, B권 pp. 626 - 680, July 2001.

[3] H. Won, G.S. Park, K.S. Kim, S.H. Lim, "고 기록 밀도를 위한 HDD Write Head의 설계", 한국 자기 학회 2001년도 추계 학술 대회 논문집, U1, October 2001.

[4] K.S. Kim, C.E. Lee, S.H. Lim, H. Won, G.S. Park, "고밀도 자기기록을 위한 자기헤드 설계", 한국 자기 학회 2001년도 추계 학술 대회 논문집, U2, October 2001.

[5] Kai-Zhong Gao and H. Neal Bertram, "Write Field Analysis and Write Pole Design in Perpendicular Recording", IEEE Tran. on Mag., Vol 38, No. 5, pp.3521 - 3527, September 2002.