

고밀도 광디스크용 가동자석형 구동기의 조립성능 개선[#]

Improvement of Assembling Efficiency for Moving Magnet Type Actuator in High Density Optical Disc

김도환[†] · 정호섭^{*} · 윤용한^{**}

Do-Hwan Kim, Ho-Seop Jeong and Yong-Han Yoon

(2004년 6월 29일 접수 : 2004년 11월 12일 심사완료)

Key Words : Moving Magnet Type Actuator(가동자석형 구동기), Magnet Circuit(자기회로), Optical Disc(광 디스크), Magnetic Force(자기력)

ABSTRACT

A moving-magnet type pickup actuator has an assembly error. That is, the actuating part of an actuator is shifted from initial position after we assemble it into yoke. This is the result of an effect of magnetic force between magnet and yoke. We performed magnetic-analysis using FEA. As a result of simulation, we improved the assembling efficiency for moving-magnet type actuator.

1. 서 론

정보화 사회가 점점 다가오면서 고밀도의 기록저장 매체에 대한 관심은 날로 고조되고 있다. 고밀도 기록저장 매체의 하나로 지금 현재 많은 주목을 받고 있는 DVD(digital versatile disk), BD(blue-ray disk) 등의 광 관련 미디어와 관련된 기술들은 선진 기업들의 연구가 치열히 진행되고 있다.

DVD, BD 등의 고밀도 광디스크의 광 기록재생장치에 고 개구율(numerical aperture, NA)의 대물렌즈로 집광 빔의 크기를 소형화하여 기록용량을 증대시키고 있다. 이 경우 디스크에 대한 대물렌즈의 광축경사에 대한 수차가 개구율의 3승에 비례하여 커지기 때문에 양호한 기록 재생신호를 얻기 위해서는 디

스크에 대한 대물렌즈의 경사를 보다 정밀하게 위치를 결정할 필요가 있다. 그러나 피당계의 경사보정이나 DC 모터를 이용한 경사보정은 저주파수의 각도 어긋남을 어느 정도는 보정할 수 있으나 수차절감에는 한계가 있다. 결과적으로 광축과 광디스크의 기록면에 대한 경사는 광학적인 수차가 발생하고 신호 레벨의 저하나 포커싱 트랙킹 서보에 오프셋(offset)이나 기록시의 피트(pit) 형성의 오류, 크로스토크(crosstalk) 등의 문제가 발생한다.

이를 극복하기 위해서 직접 디스크의 경사에 따라 제어할 수 있는 픽업 구동기가 제안되어 왔다. 구동기는 가동코일형(moving coil type)과 가동자석형(moving magnet type)으로 나뉘어 질 수 있다. 먼저 가동코일형 구동기는 디스크와 대물렌즈와의 상대각도를 검출하고 그 검출 신호에 근거하여 가동체에 고정되어진 복수개의 포커싱 코일에 흐르는 구동전류를 조정하고 경사를 보정하는 방법으로 저주파수로부터 고주파수에 있어서 넓은 범위에서의 광축 어긋남을 보정한 것이 가능하다. 그렇지만 이와 같은 구성에서는, 자기회로는 고정되어 있기 때문에 가동체의 이동을 수반하고 자기회로의 자속밀도 분포에 의한 복수개의 포커싱 코일의 위치가 변화하기 때문에 각

[†] 책임저자 : 정희원, 삼성전기 중앙연구소
E-mail : dohwan27.kim@samsung.com
Tel : (031) 210-6678, Fax : (031) 210-6652

^{*} 삼성전기 중앙연구소

^{**} 삼성전기 중앙연구소

[#] 이 논문은 2004 춘계학술대회 우수발표논문으로 추천되었음.

각의 포커싱 코일과 직교하는 자속밀도가 변동한다. 따라서 가동체의 위치에 따라 구동감도가 변동하고 서보의 안정성 및 제어 정밀도의 열화등의 문제점을 가지고 있다. 또한 여러개의 구동코일에 접근하기 위한 배선이 매우 복잡해 진다. 최소 6개 이상의 와이어를 지지부재로서 이용하거나 FPCB를 이용하여 구동체로부터 배선을 유도하여야 한다. 따라서 비용이나 신뢰성, 조립성면에서 문제점을 갖는다. 반면에 가동자석형 구동기는 코일부분이 고정자에 붙어있기 때문에 전류를 인가하기 위한 배선에는 전혀 문제가 없다. 하지만 가동코일형에 비해 자기회로가 폐회로를 구성하지 못하기 때문에 구동감도가 상대적으로 가동코일형에 비해 작은 문제점을 안고 있다. 그리고 가동코일형은 자석과 요크가 모두 고정되어 있지만 가동자석형은 요크는 고정되어 있지만 자석은 자유도를 가지고 있기 때문에 자석과 요크사이에서 작용하는 자기력의 영향 때문에 렌즈 홀더부와 요크를 조립하게 되면 상대적으로 큰 조립오차가 발생하게 된다.

이 연구에서는 위와 같은 조립 오차를 효과적으로 줄이기 위해서 자석과 요크사이에서 작용하는 자기력의 영향을 자기해석을 통해 확인하고 현재 개발모델에 적용가능한 최적의 요크 크기를 설계하여 자기력에 의한 조립 오차의 영향을 최소화할 수 있는지를 검증하였다.

2. 자기력 영향 Simulation

2.1 자기해석

가동자석형 구동기는 Fig.1과 같이 요크는 고정되어 있고 자석이 움직일 수 있는 구조이다. 자석의 중심이 요크의 중심이 되도록 설계되지만 실제로는 조립오차에 의해 중심사이에서 어긋남이 발생하게 된다.

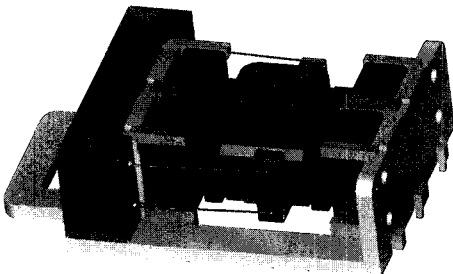


Fig.1 Moving magnet type actuator

중심어긋남(shift)이나 경사어긋남(tilt)에 의해 발생하는 자기력의 변화를 살펴보기 위해 Fig.2와 같이 자기해석 모델을 만들고 시뮬레이션을 수행하였다. Fig.3과 Fig.4를 보면 두 자석중심이 각각의 요크중심에서 벗어나게 되면 shift량이 적은 경우에는 자석과 요크사이에서 척력이 발생하게 되고 상당히 멀어지게 되면 인력이 발생하는 현상을 볼 수 있다. Focus방향이나 track방향 shift발생시 모두 동일한 양상으로

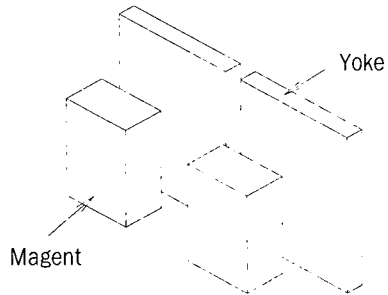


Fig.2 Magnetic force simulation model

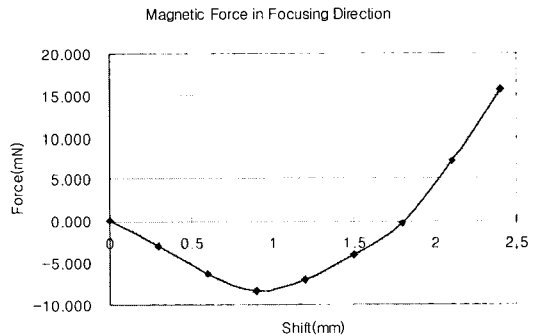


Fig.3 Magnetic force between magnets and yokes according to magnets shifting in focusing direction

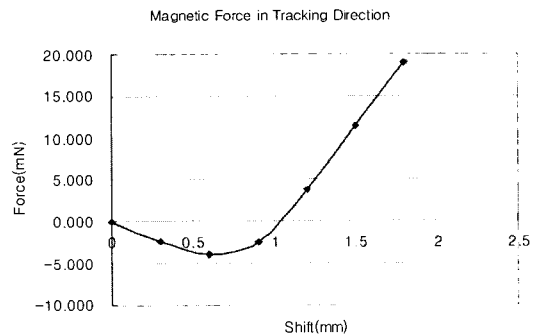


Fig.4 Magnetic force between magnets and yokes according to magnets shifting in tracking direction

자기력의 크기와 방향이 변화하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 5와 Fig. 6는 자석과 요크의 중심은 같고 track 축을 중심으로 두 자석이 동시에 tilt가 발생할 때의 자기력의 변화를 나타내고 있다. Tilt량이 증가할수록 자기력이 크기가 커짐을 볼 수 있다. Fig. 7과 Fig. 8은 shift와 tilt를 동시에 적용하기 위한 해석 모델이고 Fig. 9과 Fig. 10는 해석 결과이다.

Fig. 9과 Fig. 10를 보면 shift와 tilt는 서로 독립적이고 미소 범위 내에서는 선형적임을 볼 수 있다. 따

라서, 가동 자석형 구동부의 조립 전 상태를 측정해 보면 조립 후 오차를 예측할 수 있다.

Fig. 11을 보면 자석이 요크에 대해 초기 shift가 존재할 경우, 자석과 요크 사이에 초기 shift방향으로

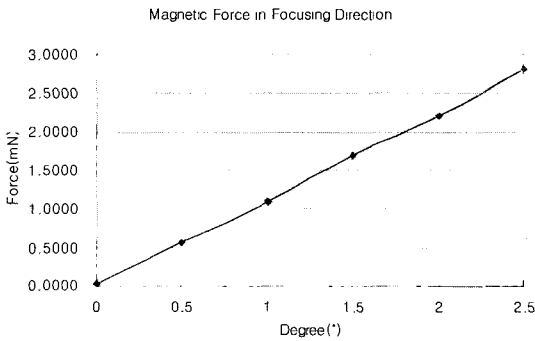


Fig. 5 Magnetic force between magnets and yokes according to magnets turning on tracking axis

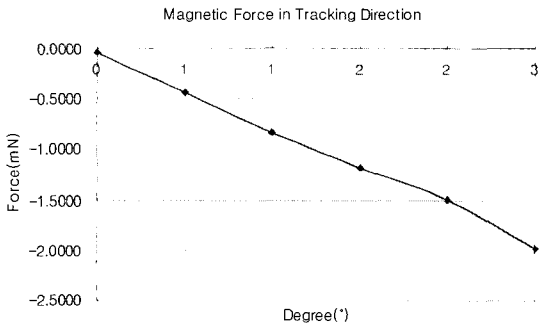


Fig. 6 Magnetic force between magnets and yokes according to magnets turning on focusing axis

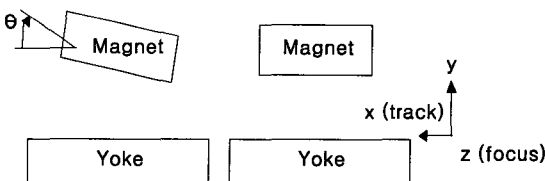


Fig. 7 View in tracking direction for magnetic force simulation model

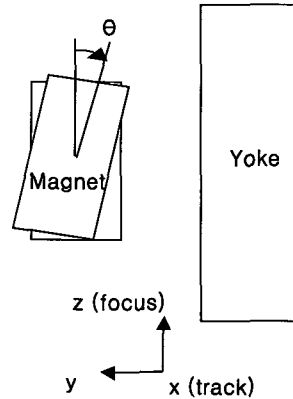


Fig. 8 View in focusing direction for magnetic force simulation model

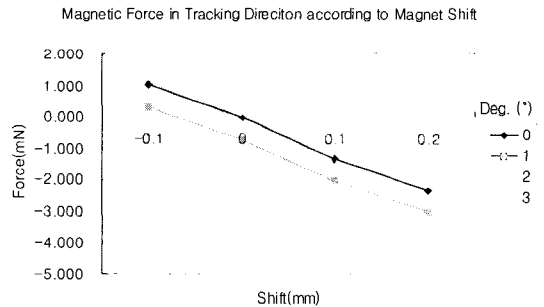


Fig. 9 Magnetic force between magnets and yokes according to magnets turning on focusing axis and shifting in tracking direction

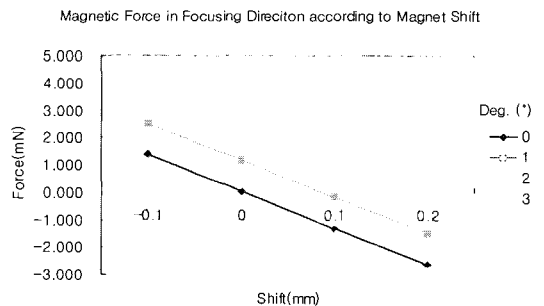


Fig. 10 Magnetic force between magnets and yokes according to magnets turning on tracking axis and shifting in focusing direction

척력이 발생하게 되고, 초기 tilt가 발생하면 자석의 모서리(요크와 가까운 부분)가 요크가 중심을 향하게 되는 방향으로 자기력이 작용함을 볼 수 있다.

2.2 자기력 영향 평가

자석과 요크의 크기가 자석과 요크 사이에 발생하는 자기력에 미치는 영향을 파악하기 위해 Fig. 12과 같은 모델에 대해 자기해석을 수행하였다. 자석과 요크의 크기 변화에 대해, 자석이 요크에 대해 focus방향(y)으로 shift되었을 때 focus방향 자기력의 변화를

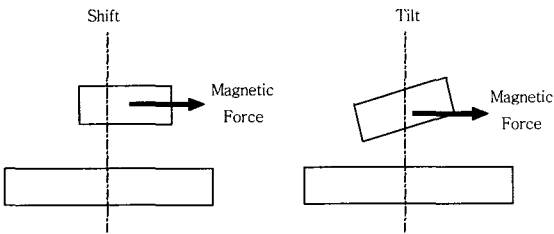


Fig. 11 Influence on magnetic force by magnet shifting and tilting

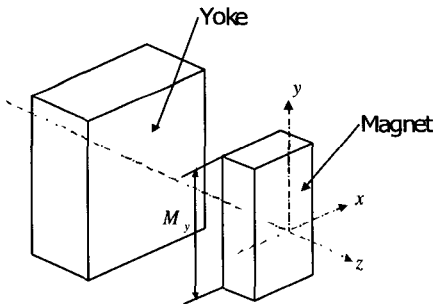


Fig. 12 Magnetic force simulation model according to magnet and yoke size

Fig. 13, 14에 나타내었고, track방향(x)으로 shift 되었을 때 track방향 자기력의 변화를 Fig. 15, 16에 나타내었다. 자석과 요크 크기에 따라서 자기력의 크기 및 방향이 불규칙적으로 변화함을 볼 수 있다.

Magnetic force according to shift in focus direction(Type II)

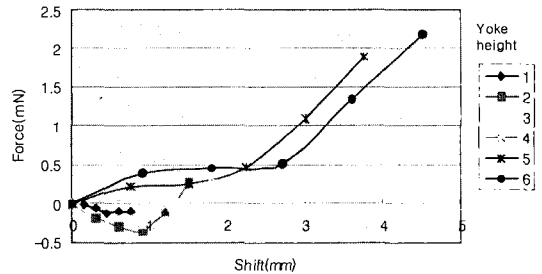


Fig. 14 Magnetic force between magnets and yokes according to magnets and yoke size changing and magnet shifting in focusing direction (type II)

Magnetic force according to shift in track direction(Type III)

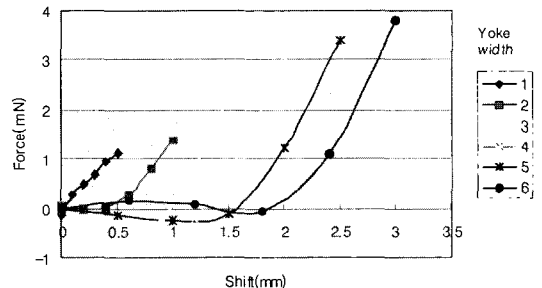


Fig. 15 Magnetic force between magnets and yokes according to magnets and yoke size changing and magnet shifting in tracking direction (type III)

Magnetic force according to shift in focus direction(Type I)

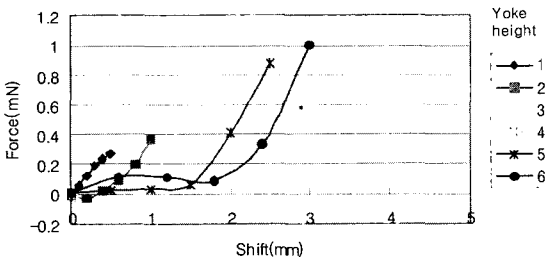


Fig. 13 Magnetic force between magnets and yokes according to magnets and yoke size changing and magnet shifting in focusing direction (type I)

Magnetic force according to shift in track direction(Type IV)

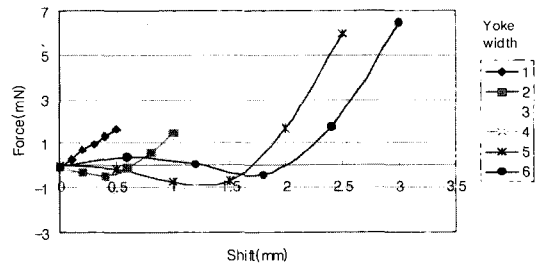


Fig. 16 Magnetic force between magnets and yokes according to magnets and yoke size changing and magnet shifting in tracking direction (type IV)

2.3 최적설계

가동자석형 구동기에서 초기 조립오차가 존재하게 되면 자석과 요크의 크기에 따라 자석과 요크 사이에 자기력(인력 또는 척력)이 발생하게 된다. 그러나, 설계대로 구동기의 성능을 발휘하기 위해서는 구동기의 구동범위 내에서 자기력이 발생하지 않는 편이 좋다. 따라서, 이 연구는 자기력의 영향을 최소화하면서 시스템의 다른 성능에 영향을 미치지 않도록 기존 모델을 개선하였다. 기존모델의 경우 track방향 조립오차가 상당량 존재하므로 track방향에 대해 최적설계를 수행하였다. Fig. 17에 개선 전후 당사 모델과 선진사 모델에 대해 자기해석을 수행한 결과를 비교하였다. Fig. 18에서는 기존모델의 자석과 요크 사이에 작용하는 자속밀도 분포를 나타내었고, Fig. 19에서는 개선 모델의 자석과 요크 사이에 작용하는 자속밀도 분포를 나타내었다.

요크폭을 개선할 경우 구동범위 내에서 자석과 요크 사이에 작용하는 자기력이 개선 전에 비해 상당히 감소했음을 볼 수 있다. 선진사 제품과 비교해 보았을 때도 자기력의 영향이 거의 없음을 볼 수 있다. 개선된 요크는 폭이 기존 요크에 비해 작기 때문에

자석 shift시 감도 변화가 커서 shift특성이 나빠질 우려가 있어서 기존 모델의 shift특성(자속밀도 변화)과 개선 모델의 shift특성(자속밀도 변화)을 자기해석을 통해 비교하였다. 그 결과 Fig. 18과 Fig. 19와 같이 선진사 기준(5%)으로 판단할 때 개선 모델의 shift특성은 나빠지 않음을 볼 수 있다. 개선전후에 대해 track방향 shift가 없는 경우 코일부를 지나는 자속밀도 평균값과 track방향 shift가 최대구동범위만큼 발생한 경우 코일부를 지나는 자속밀도 평균값을 비교하여 Table 1에 나타내었고, shift시켰을 경우 개선 전후에 감도가 약 3.4% 정도 차이가 있을 것으로 예상된다.

3. 실험 및 고찰

기존 가동자석형 구동기의 자기력 영향에 의한 조립오차를 최소화하면서 shift특성과 같은 구동기 성능에 영향을 미치지 않도록 구동기의 요크 구조를 설계하였다. 해석 데이터 검증을 위해 요크를 재제작하였고 조립전후 track방향 shift량을 측정하였다.

3.1 측정 결과

실험 결과 요크가 없는 경우에 비해 기존 모델은 shift가 많이 발생함을 볼 수 있고, 개선 모델의 경우

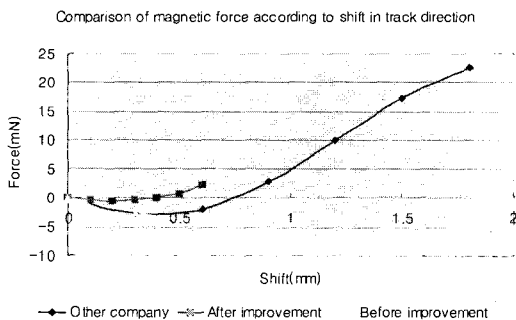


Fig. 17 Comparison of magnetic force

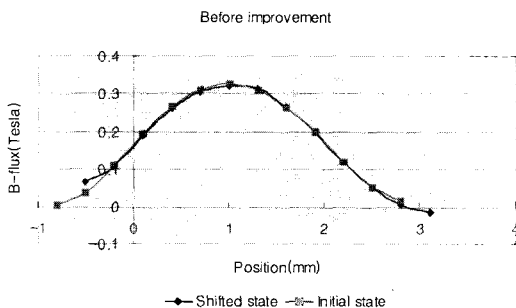


Fig. 18 Shift characteristic before improvement (magnetic flux)

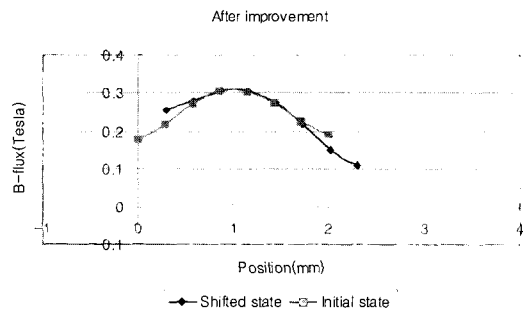


Fig. 19 Shift characteristic of improved model (magnetic flux)

Table 1 Comparison of shift characteristic (magnetic flux)

	Before improvement	After improvement
Change of magnetic flux after magnet shift	0.65 %	3.43 %

Table 2 Experimental data of the shift between magnet and yoke

	Shift (no yoke)	Shift(before improvement)	Shift(after improvement)
Sample 1	0.25 mm	0.38 mm	0.29 mm
Sample 2	0.33 mm	0.45 mm	0.31 mm

Table 3 Comparison of the shift by magnetic force between simulation and experiment

	Shift (simulation)	Error between simulation and experiment
Sample 1	0.44 mm	15.7 %
Sample 2	0.53 mm	16.8 %

는 shift가 적게 발생함을 볼 수 있다. Table 2를 살펴보면, 샘플2에서 개선 모델의 경우, 초기 shift방향과 반대방향으로 shift되었는데 이것은 요크 조립 오차로 인해 요크 중심이 기존 요크 중심과 일치하지 못했기 때문으로 보인다.

Shift 및 tilt에 의한 자기력 영향을 해석한 결과를 이용하여 액추에이터 구동범위 내에서 선형방정식을 유도하였고, Table 3에서 초기 shift량을 이 식에 대입하여 나온 계산값과 실제 shift 측정값을 비교하였다. 초기 tilt량까지 고려하여 검토한 결과, 실측치와 해석치가 약 15% 정도의 오차가 발생함을 볼 수 있다. 이것은 측정오차 및 요크 조립오차등에 의한 영향일 것으로 생각된다.

4. 결 론

가동자석형 구동기의 자석과 요크 사이에 shift나 tilt가 발생하면 자석과 요크사이에서 shift방향의 자기력(척력 또는 인력)이 발생한다. 일반적으로 자석과

요크사이에는 항상 인력만 작용한다고 생각하기 쉬우나 자기해석결과 및 실험결과를 살펴보면 자석 및 요크 크기에 따라, 자석과 요크의 상대적인 위치에 따라 척력이 작용하는 경우도 생기게 됨을 알 수 있었다. 기존 모델의 경우 조립시 자석과 요크 사이에 shift가 발생하게 되면 척력이 발생하여 구동기 성능(감도저하, 부공진, 픽업조립조정마진)에 좋지않은 영향을 미치게 된다. 따라서, 구동기 설계시 구동범위 내에서 구동기 성능에 영향을 미치지 않으면서 자기력의 영향이 최소가 되게 하는 자석 및 요크 크기를 결정하고 구동기 조립허용공차를 관리할 필요가 있다. 구동기의 구동범위 내에서 shift 및 tilt에 의한 shift방향 자기력의 변화는 선형적으로 가정할 수 있으므로 조립 전 shift 및 tilt 측정값으로부터 조립 후 shift 및 tilt량을 예상할 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) Daiki Ebihara, Toshinao Suzuki, and Kazuhiko Imagawa, 1987, "The Reduction of Lateral Force by the Arrangement of Permanent Magnets in the PM-Type Magnetic Levitation Device," IEEE Transactions of Magnetics, vol. mag-23, No. 5, pp. 2347~2349.
- (2) 윤용한 등, 2001, "고밀도 광디스크용 가동자석형 구동기의 진동해석 및 자기회로특성 개선," 추계학술발표회 논문집, 한국소음진동공학회, pp. 780~785.
- (3) Takashi Todaka, Masato Enokizono, Etsunori Fujita, and Yumi Ogura, 2001, "Moving Simulation of Vibration Systems Using Permanent Magnets," IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 37, No. 5, pp. 3456~3459.