

광픽업 액추에이터 판스프링 서스펜션의 최적설계

Optimal Design of the Plate Spring Suspension in an Optical Pickup Actuator

홍혁수* · 유정훈† · 이호철**

Hyeoksoo Hong, Jeonghoon Yoo and Ho Cheol Lee

(2004년 9월 12일 접수 ; 2005년 1월 3일 심사완료)

Key Words : Optical Pickup Suspension(광픽업 서스펜션), Plate Spring(판스프링), Sensitivity(민감도), Genetic Algorithm(유전 알고리즘)

ABSTRACT

This paper proposed an optimal plate spring design for the optical pickup suspension. This method requires an analytic solution of plate spring suspension and it can be obtained by Castigliano's theorem and moment equilibrium. However, it is very complex due to the many design variables coupled and some constraints such as pitching angle in focusing motion caused by the characteristics of plate spring. Because of the complex formulation of the analytical solution that is used as the design objective, the genetic algorithm is used to find the optimal design value satisfying design constraints.

1. 서 론

대물렌즈를 포함하는 렌즈 구동부를 4개의 와이어로 지지하는 4와이어형식의 지지방식은 경제성과 생산성측면에서의 장점으로 인해서 지금까지 많은 광(光)정보저장기기에 빈번하게 채택되어왔다. 기존의 퍼스널 컴퓨터나 노트북에 들어가는 광(光)정보저장기기의 크기에서는 기존의 4와이어 방식으로도 원하는 DC감도와 AC감도, 그리고 대역폭을 확보하는데 큰 무리가 없었다. 하지만 최근 이슈가 되고 있는 small form factor optical disk drive(SFF-ODD)에서는 지나치게 줄어든 사이즈 등의 이유로 인해서 지지부재의 단면이 원형인 기존의 4와이어방식으로는 원하는 동특성을 충족하기가 어렵게 되었다. 광 픽업

구동기에 사용되는 voice coil motor(VCM)은 포커싱(focusing) 구동과 트래킹(tracking) 구동을 하는 코일(coil)과 영구자석으로 구성되어 있다. 광 픽업의 보빈(bobbin)의 구조상 높이에 비하여 폭이 길게 설계 되기 때문에 일반적으로 트래킹 방향보다는 포커싱 방향으로의 자기력이 크게 나오게 구성된다. 이에 반해서 기존의 4와이어 방식에서는 일반적으로 포커싱의 유연성(compliance)와 트래킹 유연성이 같게 나타나게 된다. 이로 인하여 SFF-ODD에서는 4와이어 방식을 쓰게 되는 경우 트래킹 방향의 DC감도가 요구치보다 낮아지는 경우가 많이 발생한다. 또한 보빈의 크기가 매우 작아 포커싱 또는 트래킹 모드 대비 회전모드가 낮은 주파수에서 발생하여 대역폭을 확보하는 것도 문제가 된다.

Fig. 1은 광 정보저장기기의 개략적인 모습을 보여 준다.⁽¹⁾ 광 픽업부는 적어도 하나 이상의 대물렌즈, 포커싱 방향과 트래킹 방향의 구동을 할 수 있는 VCM 형태의 구동장치, 렌즈를 포함하는 보빈, 그리고 보빈을 지지하는 4개의 판 스프링으로 구성되어 있다. Kim⁽²⁾ 등은 민감도 해석을 통하여 판 스프링이 기존의 4와이어 방식에 비하여 좋은 동특성을 얻

† 책임저자 : 정희원, 연세대학교 기계공학부
E-mail : yoojh@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-2859, Fax : (02) 362-2736

* 연세대학교 대학원 기계공학과

** 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부

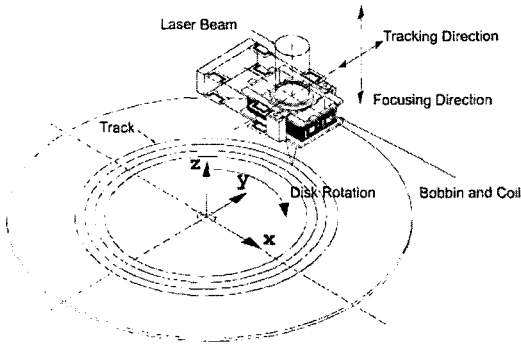


Fig.1 Schematic figure of optical pickup suspension using plate spring

을 수 있음을 보였다. 그러나 판 스프링의 경우, 4와 이어 방식과는 달리 포커싱 구동시 평행한 움직임을 보이지 않고 판 스프링의 압축에 의하여 피칭(pitching)이 발생하고, 트래킹 구동시 역시 요잉(yawing) 현상이 나타난다. 특히 피칭(pitching)이 크게 발생하게 되면 광로가 어긋나게 되어 수차 문제가 심각해 질 수 있다.⁽³⁾ 이러한 문제들로 인해서 기존의 4와이어 방식에 비하여 보다 신중한 설계가 요구된다.⁽¹⁾ Kim⁽⁵⁾ 등은 카스티그리아노의 정리를 이용해서 지지구조의 6방향에 대한 강성을 표현하는 해석 해를 제안하였고 이 해석 해를 이용하여 판 스프링의 폭이 일정하다는 가정하에서 최적화를 진행하였다. 하지만 이 논문의 결과에서 살펴볼 수 있는 바와 같이 판 스프링의 폭은 매우 중요한 설계변수로 이를 단일 변수로 취급하는 것에 무리가 있음을 알 수 있다.

이 논문에서는 판 스프링으로 디자인 가능한 몇 가지 형태의 지지구조를 제시하고 해당 지지구조가 가지는 특징들을 지적하였다. 또한 해당 지지구조들에 대해서 판 스프링의 폭까지 설계변수로 설정할 수 있는 6방향의 강성에 대한 해석 해를 도출하였고 이 해석해를 이용하여 실제 광 픽업 구동기에 필요한 여러 가지 제한조건 하에서 최적화를 수행하였다.

2. 적용대상 및 목적

이 논문에서 제안하는 지지구조의 형태를 Fig. 2에 보였다. 판 스프링은 그림에서와 같이 5개의 부분으로 나누어지며 BC, CD, DE 부분의 방향에 따라 판 스프링에 저장되는 에너지는 다음과 같이 나타난다.

$$U_{AB} = \int_0^{l_{AB}} \frac{M_x^{int^2}}{2GJ_{AB}} dx + \int_0^{l_{AB}} \frac{(M_y^{int} - F_z^{int} x)^2}{2EI_{yy}} dx + \int_0^{l_{AB}} \frac{(M_z^{int} + F_y^{int} x)^2}{2EI_{zz}} dx \quad (1)$$

$$U_{BC}^{out} = \int_0^{l_{BC}} \frac{(M_x^{int} - F_z^{int} y)^2}{2EI_{xx}^{BC}} dy + \int_0^{l_{BC}} \frac{(M_y^{int} - F_z^{int} l_{AB})^2}{2GJ^{BC}} dy + \int_0^{l_{BC}} \frac{(M_z^{int} + F_y^{int} y + F_y^{int} l_{AB})^2}{2EI_{zz}^{BC}} dy \quad (2)$$

$$U_{BC}^{in} = \int_0^{l_{BC}} \frac{(M_x^{int} + F_z^{int} y)^2}{2EI_{xx}^{BC}} dy + \int_0^{l_{BC}} \frac{(M_y^{int} - F_z^{int} l_{AB})^2}{2GJ^{BC}} dy + \int_0^{l_{BC}} \frac{(M_z^{int} - F_x^{int} y + F_y^{int} l_{AB})^2}{2EI_{zz}^{BC}} dy \quad (3)$$

$$U_{CD}^{out} = \int_0^{l_{CD}} \frac{(M_x^{int} - F_z^{int} l_{BC})^2}{2GJ^{CD}} dx + \int_0^{l_{CD}} \frac{[M_y^{int} - F_z^{int} (l_{AB} + x)]^2}{2EI_{yy}^{CD}} dx + \int_0^{l_{CD}} \frac{[M_z^{int} + F_x^{int} l_{BC} + F_y^{int} (l_{AB} + x)]^2}{2EI_{zz}^{CD}} dx \quad (4)$$

$$U_{CD}^{in} = \int_0^{l_{CD}} \frac{(M_x^{int} + F_z^{int} l_{BC})^2}{2GJ^{CD}} dx + \int_0^{l_{CD}} \frac{[M_y^{int} - F_z^{int} (l_{AB} + x)]^2}{2EI_{yy}^{CD}} dx + \int_0^{l_{CD}} \frac{[M_z^{int} - F_x^{int} l_{BC} + F_y^{int} (l_{AB} + x)]^2}{2EI_{zz}^{CD}} dx \quad (5)$$

$$U_{DE}^{out} = \int_0^{l_{DE}} \frac{[M_x^{int} - F_z^{int} (l_{BC} - x)]^2}{2EI_{xx}^{DE}} dy + \int_0^{l_{DE}} \frac{[M_y^{int} - F_z^{int} (l_{AB} + l_{CD})]^2}{2GJ^{DE}} dy + \int_0^{l_{DE}} \frac{[M_z^{int} + F_x^{int} (l_{BC} - x) + F_y^{int} (l_{AB} + l_{CD})]^2}{2EI_{zz}^{DE}} dy \quad (6)$$

$$U_{DE}^{in} = \int_0^{l_{DE}} \frac{[M_x^{int} + F_z^{int} (l_{BC} - x)]^2}{2EI_{xx}^{DE}} dy + \int_0^{l_{DE}} \frac{[M_y^{int} - F_z^{int} (l_{AB} + l_{CD})]^2}{2GJ^{DE}} dy + \int_0^{l_{DE}} \frac{[M_z^{int} - F_x^{int} (l_{BC} - x) + F_y^{int} (l_{AB} + l_{CD})]^2}{2EI_{zz}^{DE}} dy \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
 U_{EF}^{out} = & \int_0^{l_{EF}} \frac{[M_x^{int} - F_z^{int}(l_{BC} - l_{DE})]^2}{2GJ^{EF}} dx \\
 & + \int_0^{l_{EF}} \frac{[M_y^{int} - F_z^{int}(l_{AB} + l_{CD} + x)]^2}{2EI_{yy}^{EF}} dx \quad (8) \\
 & + \int_0^{l_{EF}} \frac{[M_z^{int} + F_x^{int}(l_{BC} - l_{DE}) + F_y^{int}(l_{AB} + l_{CD} + x)]^2}{2EI_{zz}^{EF}} dx \\
 U_{EF}^{in} = & \int_0^{l_{EF}} \frac{[M_x^{int} + F_z^{int}(l_{BC} - l_{DE})]^2}{2GJ^{EF}} dx \\
 & + \int_0^{l_{EF}} \frac{[M_y^{int} - F_z^{int}(l_{AB} + l_{CD} + x)]^2}{2EI_{yy}^{EF}} dx \quad (9) \\
 & + \int_0^{l_{EF}} \frac{[M_z^{int} - F_x^{int}(l_{BC} - l_{DE}) + F_y^{int}(l_{AB} + l_{CD} + x)]^2}{2EI_{zz}^{EF}} dx
 \end{aligned}$$

식 (1)~(9)에서 판 스프링의 각 부분의 길이를 나타내는 변수 l 과 에너지를 나타내는 변수 U 에 사용된 아래첨자는 Fig. 2에 보인 바와 같이 스프링의 각 부분을 나타내고 힘을 표시하는 F, M 와 관성모멘트 나타내는 I 에 사용된 아래첨자는 해당 물리량의 방향을 나타내고 있다. 관성모멘트를 나타내는 I, J 에는 위첨자가 해당 스프링의 각 부분을 나타내고 있다. 또한 BC, CD, DE로 구성되는 돌출부의 방향이 안쪽을 향하는지 바깥쪽을 향하는지에 따라 에너지의 식 일부의 부호가 변하게 되는데 이는 에너지를 나타내는 변수 U 에 대해서 바깥쪽을 향할 때는 위첨자 out, 안쪽을 향할 때는 위첨자 in을 사용하여 구분하였다. 제안된 지지구조에 대해서 판 스프링의 각 길이에 대한 변수 5개, 판 스프링의 폭에 대한 변수 5

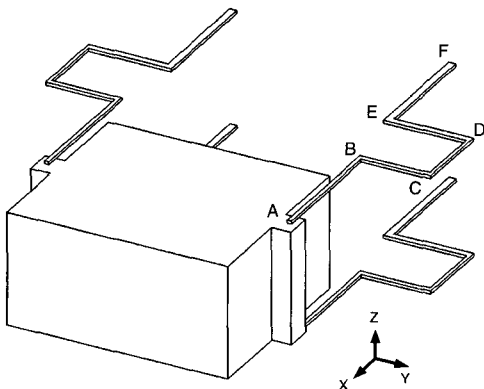


Fig. 2 Design variables of plate spring suspension

개, 그리고 판 스프링의 두께 등 총 11개의 변수를 설계 변수로 설정할 수 있게 된다.

3. 제안모델

Fig. 3에서는 이 연구에서 제안된 지지구조에 대하여 고려해 볼 수 있는 3가지 다른 형식의 모델을 보여주고 있다. 광 픽업 구동기를 설계하는 관점에서 볼 때 스프링의 형상에 따라 제안된 형식의 모델들이 각각 다른 특징을 보여주는데 여기에서는 하나의 예로 스프링의 형상이 BC 부분이 DE 부분보다 긴 경우 각각의 형식에 따른 특징을 보여준다.

3.1 Type I

이 모델의 경우 좌우로 판 스프링이 돌출되어 있어 비교적 가용 공간이 넓은 경우 가능한 모델이다. 이 모델의 경우 모멘트 평형식에 의하여 발생하는 반발력이 트래킹 방향의 변형을 방해하는 방향으로 나타난다. Fig. 4는 트래킹 방향의 힘에 의하여 보빈이 회전하면서 생기는 x 축 방향 반력과 x 축 방향의 반력에 의한 판 스프링의 변형을 나타내고 있다. 이 반력에 의한 변형은 BC, CD, DE 부분과 EF 부분의 일부에서 전체적인 변형의 반대방향으로 나타나는 것을 확인할 수 있다. 따라서 이 모델에 대해서는 일반적으로 포커싱 방향 유연성이 트래킹 방향 유연성보다 더 많이 향상될 것을 예측할 수 있다.

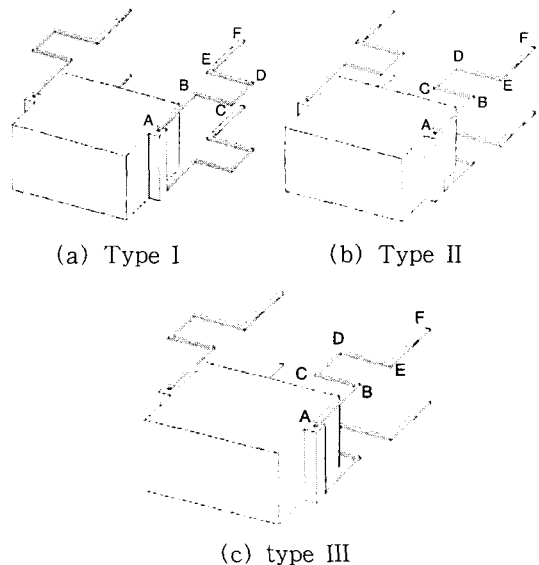


Fig. 3 Proposed models

3.2 Type II

이 모델의 경우 Fig.5와 같이 보빈의 회전에 의하여 발생하는 반력이 BC, CD, DE 그리고 EF 부분 방향의 변형을 돕는 방향으로 작용한다. 따라서 type I에 비하여 트랙킹 방향의 유연성의 향상 정도가 포커싱 방향의 유연성의 향상 정도보다 크게 나타나게 된다. 그러나 이 모델의 경우 보빈의 폭이 좁을 경우 설계의 폭 또한 좁게 된다는 단점이 있다.

3.3 Type III

이 모델의 경우는 한쪽 스프링에서는 type I과 같이 반발력이 변형을 방해하게 되고 다른 쪽에서는 type II와 같이 변형을 돕게 된다. 따라서 type I과 type II가 가지는 유연성의 중간 정도의 성질을 가지

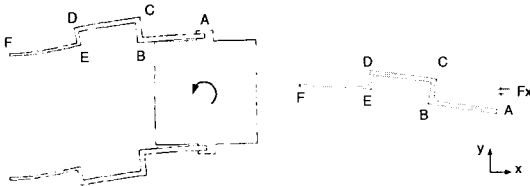


Fig. 4 Reaction force due to bobbin rotation of type I

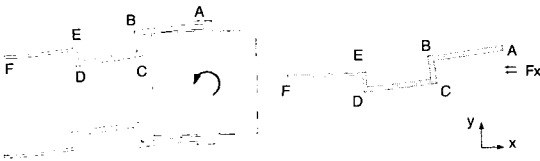


Fig. 5 Reaction force due to bobbin rotation in type II

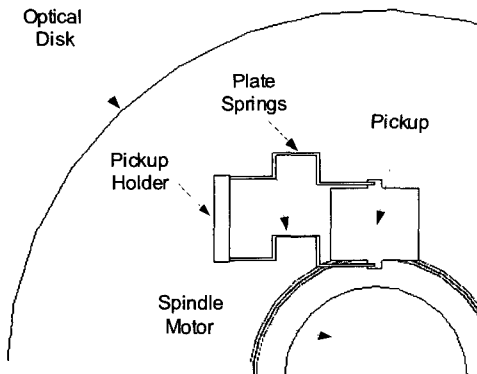


Fig. 6 Design domain considering spindle motor

게 된다. Fig.6에서 보는 바와 같이 일반적으로 광디스크 드라이브에서는 스피들 모터에 의하여 디자인 영역이 한쪽 방향으로 더 좁게 되는데 이러한 관점에서 볼 때 type I과 같은 형상보다 type III가 더 넓은 설계영역을 가질 수 있음을 보여주고 있다.

주어진 제한조건과 요구되는 서스펜션의 동특성에 따라 세 모델이 가지는 특징을 고려하면 각각의 모델에 대해서 최적의 모델을 선정할 수 있다.

4. 서스펜션 강성 계산

서론에서 밝힌 Kim⁽⁵⁾ 등이 제안한 방식에 따라 판스프링의 강성을 계산하였다. 각각의 type에 따라 적용되는 총 에너지 식은 다음과 같이 각 부분의 에너지의 합으로 나타낼 수 있다.

Type I

$$U_{total} = 4(U_{AB} + U_{BC}^{out} + U_{CD}^{out} + U_{DE}^{out} + U_{EF}^{out}) \quad (10)$$

Type II

$$U_{total} = 4(U_{AB} + U_{BC}^{in} + U_{CD}^{in} + U_{DE}^{in} + U_{EF}^{in}) \quad (11)$$

Type III

$$U_{total} = 4U_{AB} + 2(U_{BC}^{out} + U_{CD}^{out} + U_{DE}^{out} + U_{EF}^{out}) + 2(U_{BC}^{in} + U_{CD}^{in} + U_{DE}^{in} + U_{EF}^{in}) \quad (12)$$

위 식에서 BC-CD-DE 부분의 방향이 보빈의 바깥쪽을 향하는 경우(Fig. 7(a))에 해당 부분의 에너지는 U^{out} 으로, 안쪽을 향하는 경우(Fig. 7(b)) U^{in} 으로 표시된다. U^{out} 의 경우의 에너지 식은 식 (2)~(5)에 나타난 바와 같다. 저장된 에너지를 카스티그

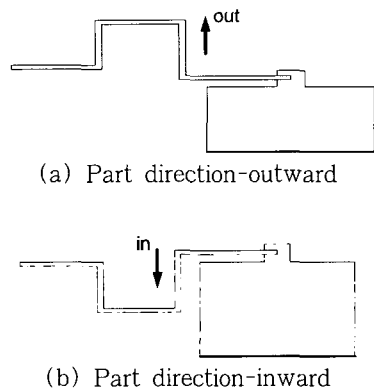


Fig. 7 Classification according to part directions

리아노의 정리를 이용하여 전체 서스펜션 에너지를 각 방향에 힘으로 편미분하면 변위와 각 힘의 성분의 관계를 알 수 있다.

$$\delta d_x = \frac{\partial U_{total}}{\partial F_x}, \delta d_y = \frac{\partial U_{total}}{\partial F_y}, \delta d_z = \frac{\partial U_{total}}{\partial F_z}$$

$$\delta \theta_x = \frac{\partial U_{total}}{\partial M_x}, \delta \theta_y = \frac{\partial U_{total}}{\partial M_y}, \delta \theta_z = \frac{\partial U_{total}}{\partial M_z} \quad (13)$$

위의 식을 계산하면 다음 식 (14)와 같이 각 방향의 변위와 힘의 관계에 대한 행렬식을 구성할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 & 0 & 0 & a_{16} \\ a_{21} & a_{22} & 0 & 0 & 0 & a_{26} \\ 0 & 0 & a_{33} & a_{34} & a_{35} & 0 \\ 0 & 0 & a_{43} & a_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{53} & 0 & a_{55} & 0 \\ a_{61} & a_{62} & 0 & 0 & 0 & a_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_x \\ d_y \\ d_z \\ \theta_x \\ \theta_y \\ \theta_z \end{bmatrix} \quad (14)$$

식 (14)의 행렬에서 a_{ii} 가 나타내는 것은 전체 에너지를 편미분 하였을 때 각 힘의 성분이 각 변위 방향에 기여하는 유연성을 나타낸다. 위의 식에 각 방향의 힘을 대입하고 다음의 두 가지 조건을 더하여 각 방향으로의 유연성을 구할 수 있다.

- 각 방향으로 힘이 가해질 때 기하학적 제한 조건
- 각 방향으로 힘이 가해질 때의 모멘트 평형식

이러한 과정을 통해서 구해진 행렬식을 이용하여

Table 1 Bobbin size and spring material properties

Bobbin-width	Bobbin-height	E	V
3e-3 mm	2e-3 mm	209 GPa	0.3

Table 2 Design variables (unit : mm)

L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	w	t
1.3	0.3	1.3	0.5	1.1	0.1	0.07

Table 3 Verification of the focusing and tracking sensitivities (unit : mm/N)

	FEM	Analysis	Error (%)
Focusing DC	1.34	1.275	4.85
Tracking DC	2.276	2.285	0.395
Torsional DC	0.3069	0.3246	5.76

구한 지지구조의 유연성에 대한 해석 해를 도출하고 전압과 자기력의 관계를 이용하면 DC 감도에 대한 해석해를 구할 수 있다.

5. 수치해와의 비교 및 검증

계산된 식의 정확성을 type I에 대해서 상용 FEM 프로그램인 Optistruct를 이용하여 확인하였다. 보빈은 강체로 보고 강체 요소(rigid element)를 사용하였고, 판 스프링의 경우는 beam 요소를 사용하였다.

Table 1은 판 스프링 사이의 길이를 결정하는 보빈의 폭(width)과 높이(height)의 값과 해석에 사용된 탄성계수(E)와 푸아송(Poisson's ratio)의 비(ν)를 표시 하였다. Table 2는 11개의 디자인 변수를 나타낸 것으로 편의상 AB부분의 길이를 L_1 , BC부분의 길이를 L_2 의 식으로 순서대로 표기하였다. 이중 스프링의 폭인 w 는 각각의 부분에서 다르게 책정할 수 있지만 수식의 타당성을 검증하기 위한 과정이므로 편의상 하나의 값으로 고정하였다. Table 3은 FEM해석과 식 (10)을 이용한 포커싱 유연성과 트랙킹 유연성의 결과를 보여주고 있다. 두 경우 모두 6%이하의 오차를 보이고 있으며 이는 포커싱 방향과 트랙킹 방향에 대해 4장에서 제시된 계산식이 타당하다는 것을 입증하고 있다.

6. 유전알고리즘을 이용한 최적 설계

4장에서 계산한 서스펜션의 강성은 5개의 각 스프링의 부분의 길이, 5개의 각 스프링 부분의 폭 그리고 스프링의 두께 등 총 11개의 변수가 복잡하게 연성되어 있어 그래디언트(gradient) 기반의 최적해를 구하는 알고리즘을 이용하는 경우 국부해에 수렴할 가능성이 높다. 따라서 이 논문에서는 전역해를 찾을 수 있도록 유전알고리즘(genetic algorithm, GA)⁽⁶⁾을 이용하여 최적화를 수행하였다.

이 연구에서는 수렴성을 높이기 위하여 제한 조건을 위반한 정도의 3/2승에 비례하도록 페널티 함수를 구성하였다. Fig. 8은 페널티 함수의 개형을 보여주고 있다. 이 때 x 축은 제한조건에 해당하는 값을 y 축은 위반한 정도에 따른 페널티를 나타내고 있다. 페널티 함수에서의 가중치는 제한조건을 10% 위반하였을

경우 현재 적합도 값의 20%만큼의 페널티를 가지도록 가중치를 조정하였다. 최적화에 쓰인 유전알고리즘은 0.001 mm의 정밀도를 가지고 한 세대에 100개의 개체수와 1000세대의 진화과정을 거치게 하였고 재생산 과정에는 엘리트(elitist)와 토너먼트를 순차적으로 사용하였다. 교배에서는 2점 교배 방식을 사용하였다.

6. 1 Maximize Tracking DC

판 스프링을 사용하여 가장 큰 이익을 얻을 수 있을 것으로 기대되는 트래킹 방향의 DC 감도를 최대화하도록 최적설계를 수행하였다. 자기회로가 변경되지 않는다면 트래킹 방향의 유연성과 트래킹 방향의 DC감도는 비례하게 된다. 따라서 이 논문에서는 자기회로 부분을 제외하고 스프링의 유연성만을 감안하여 최적화를 수행하였다. 목적함수는 트래킹 방향의 유연성과 제한조건에 대한 페널티함수로 구성되어 있다. 페널티 함수는 공간적인 구속조건인 총 길이 ($L_1+L_3+L_5$)와 두 스프링 사이의 거리가 너무 가까울 경우 발생할 수 있는 스프링 안쪽에서의 접촉여부에 대한 함수로 구성되어 있다. 포커싱 방향에 대한

유연성이 커질 경우 초기 처짐이 문제가 될 수 있고 틸트에 대한 강성이 너무 작을 경우 수차 문제가 발생할 수 있다. 따라서 포커싱 방향의 강성과 틸트쪽의 강성은 와이어스프링을 사용한 경우와 같도록 제한 조건을 두었다. 식 (15)은 최적화 문제를 정의하고 있다.

objective function :

maximize(tracking compliance-penalty)

penalty :

$$\begin{aligned}
 & W_1 \times f(\text{focusing compliance limit}) \\
 & + W_2 \times f(\text{tilting compliance limit}) \\
 & + W_3 \times f(\text{total length}) + W_4 \times f(\text{inner contact})
 \end{aligned} \tag{15}$$

여기서 W_1, W_2, W_3, W_4 는 각각의 항에 대한 가중치를 나타낸다. Table 4는 이 모델에 주어진 제한 조건들을 보여주고 있으며 $w_1 \sim w_5$ 는 각 부분의 스프링의 폭을 나타낸다. 포커싱과 틸트에 대한 제한 조건은 길이 6.8 mm, 직경 0.07 mm을 가지는 4와이

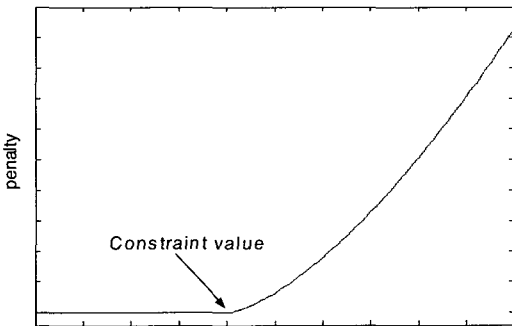


Fig. 8 Scheme of penalty functions

Table 4 Design constraints

w_1 (mm)	w_2 (mm)	w_3 (mm)	w_4 (mm)	w_5 (mm)
0.05~0.15	0.05~0.15	0.05~0.15	0.05~0.15	0.05~0.15
L_1 (mm)	L_2 (mm)	L_3 (mm)	L_4 (mm)	L_5 (mm)
1.5~2.0	0~2.5	1~2.5	0~3.8	1~3.0
t (mm)	Total length (mm)	Focusing limit (mm/N)	Torsional Limit (mm/N)	
0.05~0.1	6.8	26.45	4.255	

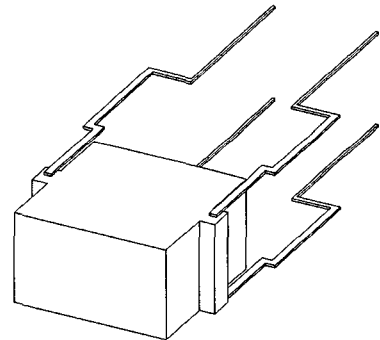


Fig. 9 Optimized model

Table 5 Optimized design variables (unit : mm)

w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	t
0.143	0.15	0.134	0.101	0.0512	0.05
L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	
1.96	0.192	2.28	0.767	3.04	

Table 6 Comparison of compliances to 4-wire type

	4-wire (mm/N)	Optimized plate spring (mm/N)	Improved
Focusing	26.45	26.47	-
Tracking	25.43	94.91	273.22 %
Torsional	4.255	4.25	-

어 방식의 모델을 기준으로 주어졌다. Table 5와 Fig. 12는 최적화된 모델의 각 설계변수의 값과 그 형상을 보여주고 있다. Table 6은 기존의 4와이어 방식의 모델과 판 스프링의 최적화된 모델을 비교하고 있다.

Table 6의 결과는 판 스프링을 사용하여 기존의 4와이어 방식과 같은 공간 안에서 포커싱 감도는 같게 유지하면서 트래킹 방향에서는 3.5배 이상 더 높은 감도를 얻을 수 있다는 것을 확인시켜 주고 있다. 위와 같은 방법으로 3장에서 제안된 다른 형상에 대해서도 성능의 향상을 기대할 수 있다.

7. 결 론

이 논문에서는 광(光)정보저장기에 있어 대물렌즈 구동부의 지지구조로 판 스프링을 사용하는 경우에 대해서 몇 가지 특징적인 지지구조의 형태와 해당 지지구조의 장단점을 지적하였다. 또한 해당 지지구조에 대하여 3방향에 대한 강성을 나타내는 해석 해를 도출하였으며 이를 FEM을 이용한 결과와 비교하여 해석 해의 정확성을 입증하였다. 도출된 해석 해를 바탕으로 유전 알고리즘을 이용하여 최적화를 수행하였으며 와이어방식을 사용한 지지구조와 비교할 때 비약적으로 성능이 향상되었음을 입증하였다.

참 고 문 헌

- (1) Bouwhuis, G. Braat, J. Huijser, A. Pasman, J., van Rosemalen G., Schouhamer Immknk, K., 1985, *Principal of Optical Disc Systems*, Adam Hilger, Bristol.
- (2) Kim, Y. Y., Kim, J. H., Han and J. Y., 1999, A New Optical Pick-up Suspension Design, *International Journal of Solid and Structure* 36(17), 2541~2566.
- (3) 정호섭, 오관형, 유익형, 1998, "FP 코일형 광 픽업 액추에이터의 설계 및 부공진의 저감 대책", 한국소음진동공학회논문집, 제 8 권, 제 4 호, pp. 643~653.
- (4) Hess, M. S., 1964, "Vibration Frequencies for a Uniform Beam with Central Mass and Elastic Supports", *Journal of Applied Mechanics* 31, 556~558.
- (5) Kim, Y. Y. and Lee, H. C., 2001, Analytic Solutions for Fundamental Eigenfrequencies of Optical Actuators in Six Direction of Motion, *International Journal of Solid and Structure* 38, 1327~1339.
- (6) Gen, M. and Cheng, R., 1997, "Genetic Algorithms and Engineering Design", Wiley.