

진화론적 방법을 이용한 OLED 시스템용 부상용 전자석의 최적 설계

論 文

55B-11-1

Optimal Design of a Levitation Magnet for an OLED System by using Evolution Strategy

林 洞 佑* · 車 貴 守*
(Hyounghwo Lim · Guesoo Cha)

Abstract - In a levitation magnet system with large air gap, numerical method is needed because analytic method cannot consider the leakage flux properly. This paper conducted an optimal design of a levitation magnet system with large air gap which was used for an OLED system, where evolution strategy was adopted for optimal design algorithm. Levitation forces near the initial design were calculated first by using finite element method to reduce the computation time. During the optimization process, levitation forces of arbitrary dimension were obtained using the interpolation of the levitation forces which were calculated previously. Weight of the magnet system was chosen as the object function and it was used minimized.

Key Words : Evolution strategy. Levitation magnet, OLED, Optimal design

1. 서 론

OLED(Organic Light Emitting Diode)를 제작하는데 사용하고 있는 기존의 증착 시스템은 기계적인 힘에 의존하여 마스크 프레임과 글래스 프레임이 운송되고 증착 위치를 정하므로 기계적 접촉으로 인해 미세한 먼지, 마모, 진공 누설 등의 문제를 발생시킨다. 따라서 기계적 접촉이 없는 자기 시스템을 이용하여 OLED 마스크 패턴 등의 증착을 할 경우 먼지로 인한 제품의 불량률 줄일 수 있고 진공의 누설역시 감소시킬 수 있으며, 기계적인 마모가 없으므로 유지보수가 필요하지 않다.[1]

본 연구에서는 공극이 20mm인 OLED 제작시스템에서 패턴 증착을 시키기 위해서 사용되는 유리를 싸고 있는 프레임과 마스크를 싸고 있는 프레임을 들어올리는 데에 사용되는 프로토타입 부상용 전자석을 진화론적 방법을 사용하여 최적 설계 하였다. OLED 제작용 시스템에 사용되는 부상용 전자석 시스템은 전자석 자체의 크기는 크지 않으나 공극의 길이가 유사한 규모의 다른 전자석보다 훨씬 커서 수십 mm 이상이다. 공극의 길이가 길어지면 코일이 만드는 자속 중의 상당부분은 누설이 되기 때문에 이를 고려하지 않으면 정확한 부상력을 계산할 수 없다. 등가회로법을 이용해서 개략적인 초기설계를 수행하고 이로부터 필요한 부상력을 발생시키는 조건하에서 전자석의 무게가 최소가 되도록 최적설계를 수행했다. 전체적인 전자석의 규모에 비해 공극이 대단히 커서 누설자속이 많다는 것을 고려해서 최적

설계를 수행하는 과정에서 부상력을 계산하는 데에 유한요소법을 사용했고 최적설계에는 진화론적 방법(evolution strategy)을 사용했다. 설계변수로는 전자석 각의 폭과 코일의 단면적을 설정하고 프레임을 부상시키기 위해서 일정한 값 이상의 부상력이 발생하도록 했다.

2. 초기설계 결과

본 연구에서 설계하는 OLED 제작에 사용하는 프로토타입 부상용전자석은 무게가 4.0kg인 프레임을 자기적으로 부상시키기 위한 것으로 전자석과 프레임 사이의 공극이 20mm로 유사한 규모의 전자석에 비해서 대단히 큰 것이 특징이다. 전자석에 의해서 부상되는 프레임의 높이, 폭 그리고 z방향 길이는 각각 30mm, 210mm 그리고 80mm이다. 그림 1은 부상용 전자석 시스템의 구조이고 등가회로법을 이용해서 설계를 수행해서 얻은 초기 사양은 표 1과 같다. 전자석의 전체적인 크기는 폭, 높이, z방향 길이가 각각 130mm, 59.4mm, 40mm, 기자력은 4375AT이고, 코일의 무게와 철심의 무게는 2.15kg과 1.31kg이다.

설계하고 있는 부상용 전자석 시스템은 공극이 대단히 커서 $B^2/2\mu_0$ 에 철심의 단면적을 곱해서 부상력을 계산하면 오차가 크기 때문에 유한요소법을 사용해서 등가회로법으로 설계된 전자석시스템의 부상력을 계산한 결과 부상력은 47.6N이었다. 그림 2는 유한요소법으로 해석한 전자석시스템 초기사양에서의 자속밀도 분포이다. 철심의 자속밀도가 1.0T 이하가 되도록 설계했고 설계결과 코일이 위치하는 부분 안쪽 철심의 자속밀도는 710mT 정도로 비교적 균일하다. 그림 3은 프레임 바로 위 부분 공극에서의 자속밀도를 보인 것으로, 프레임의 왼쪽 끝에서 오른쪽 끝까지를 따라

† 교신저자, 正 會 員 : 順天鄉大 情報技術工學科 博士
E-mail : super@sch.ac.kr

* 正 會 員 : 順天鄉大 情報技術工學科 教授 · 博士
接受日字 : 2006年 2月 28日
最終完了 : 2006年 10月 11日

가면서 프레임의 위쪽으로 0.1mm 올라온 공극 부분에서의 자속밀도의 y방향 성분을 나타낸 것이다. 그림에서 굵은 선으로 표시된 두 부분이 철심의 왼쪽 각(40mm~65mm)과 오른쪽 각(145mm~170mm)이 위치하는 곳이다. 공극이 크기 때문에 자속이 퍼지는 프린징 현상 역시 증가되어 자속이 철심각의 아래에 집중되지 않고 퍼지는 것을 볼 수 있다. 프레임의 양쪽 끝부분에서 자속밀도의 변화가 심한 것은 프레임의 밖에서 안으로 들어오는 자속 때문이다. 공극 부분에서의 최대자속밀도는 178mT로 철심에서의 최대자속밀도의 25%밖에 되지 않아 누설자속이 상당히 많은 것을 알 수 있다.

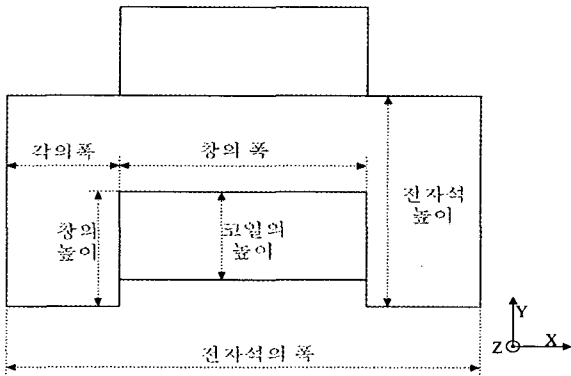


그림 1. 부상용 전자석 시스템
Fig. 1 Levitation magnet system

표 1 부상용 전자석 시스템의 초기 사양
Table 1 Initial design of levitation magnet system

| | | | |
|---------|--------|------------|--------|
| 창의 폭 | 80.0mm | 철심의 폭 | 130mm |
| 창의 높이 | 18.8mm | 철심의 높이 | 43.7mm |
| 각의 폭 | 25.0mm | 철심의 z방향 길이 | 40mm |
| 코일의 높이 | 15.6mm | 권선수 | 649 |
| 전선의 지름 | 1.3mm | 코일의 무게 | 2.15kg |
| 코일의 점적율 | 0.7 | 철심의 무게 | 1.31kg |

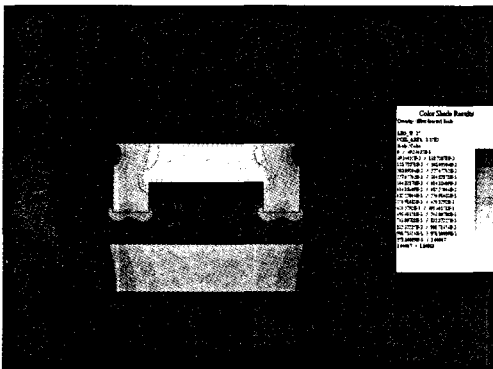


그림 2 초기 사양의 자속밀도 분포
Fig. 2 Flux density of Initial design

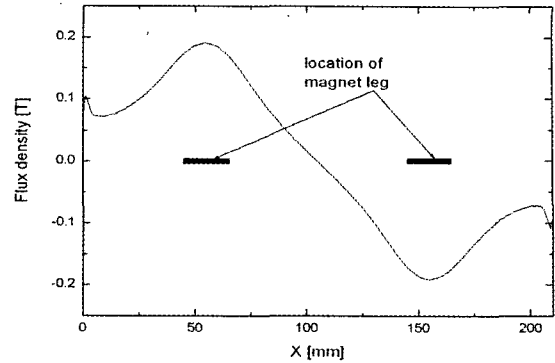


그림 3. 초기사양의 공극 자속밀도 분포
Fig. 3 Air gap flux density of Initial design

3. 진화론적 방법

최적화 설계에 많이 사용되는 비결정론적 최적화 기법으로는 genetic algorithm, simulated annealing, evolution strategy 등을 들 수 있다. genetic algorithm은 환경의 변화에 적응하여 생존하는 생명체의 적응 진화과정을 모사한 방법이고, simulated annealing은 금속의 재련과정 중 풀림 과정을 통해 금속이 최대한 안정된 에너지 상태가 되는 과정을 본 뜬 방법이다. evolution strategy는 genetic algorithm과 simulated annealing을 합성한 방법으로 비결정론적 방법 중에서는 수렴특성이 가장 빠르다.[2][3]

진화론적 방법은 생명체가 일정한 유전적 구속범위 내에서 다음 세대를 복제하는 재생산 과정, 다른 외부요인에 의해 변이가 생기는 과정, 그리고 위의 두 가지 과정이 반복되면서 생물체가 서서히 변화된 환경에 적응해 나가는 과정의 세가지 과정으로 나누어 생각할 수 있다. 본 연구에서는 여러 변수에 대해서 수학적인 규명이 잘 되어 있고 알고리즘이 간단하면서도 수렴속도도 빠른 편인 (1+1) 진화론적 방법을 사용해서 최적설계를 수행했다.

(1+1) evolution strategy에서는 임의로 선정된 부모세대의 모델 변수 벡터 X_p 에서 자식 세대의 모델 변수 X_c 를 발생시키는 데 이 과정은 식(1)에 의해서 이루어진다.

$$X_c(i) = X_p(i) + \alpha(i) \times R(i) \quad (1)$$

위 식(1)에서 $R(i)$ 는 평균값이 0이고 (-1, 1)에서 균등분포를 갖는 확률밀도 함수에 의해 발생하는 난수이며, $\alpha(i)$ 는 $X_p(i)$ 를 중심으로 한 변화 가능폭을 나타낸다. 그리고 i 는 세대이다.

부모세대 변수인 $X_p(i)$ 와 자식세대 변수인 $X_c(i)$ 에 대한 목적 함수값을 각각 $F_p(i)$ 와 $F_c(i)$ 라 하면 다음 부모세대인 $X_p(i+1)$ 는 다음 식(2)과 같이 정해진다.

$$X_p(i+1) = \begin{cases} X_c(i), & \text{if } F_c(i) < F_p(i) \\ X_p(i), & \text{if } F_c(i) \geq F_p(i) \end{cases} \quad (2)$$

이 과정은 재생산과 변이과정이고 풀림과정을 모사한 과정은 변화폭에 따라서 큰 차이가 있으므로 변화폭을 적절히

조정해야 한다. 목적함수의 값이 크게 변하는 부분에서는 변화폭을 증가시켜 수렴속도를 빨리하는 것이 유리하고 최소값 근처에 도달해서 목적함수의 변화가 적은 부분에서는 변화폭을 감소시켜 최소값을 정확히 찾아야 한다. (1+1) evolution strategy에서는 현재대로부터 이전 10세대 동안의 재생산 가정에서 변이가 일어난 회수 K 를 계산하여 다음과 같이 변화폭을 변화시킨다.[4]

$$\alpha = \begin{cases} \alpha(i)/0.85, & \text{if } K > 10 \times N/5 \\ \alpha(i) \times 0.85, & \text{기타} \end{cases} \quad (3)$$

위 식(3)에서 N 은 설계변수의 수이다. 그림 4는 진화론적 방법의 흐름도로서 현재대로부터 이전 10세대 동안의 재생산 가정에서 변이가 일어난 회수 K 를 계산하여 다음과 같이 변화폭을 변화시킨다.

4. 유한요소법을 이용한 목적함수 계산

공극이 큰 전자석시스템에서는 부상력을 정확히 구하기 위해서 수치해석을 사용해야 한다. 따라서 부상력과 관련이 되는 값이 최적화과정 중에 포함되면 최적설계를 수행하는 동안에 매 세대마다 수치해석으로 부상력을 계산해야 한다. 진화론적 방법과 같은 비확률론적인 방법으로 최적화를 수행하면 반복계산 수가 많아지기 때문에 매번 수치해석을 사용해서 부상력을 계산하면 시간이 많이 걸리게 된다.

부상용 전자석의 최적화 과정에서 부상력을 계산할 필요가 있기 때문에 계산시간을 줄이기 위해서 초기설계치 근처에서의 부상력을 미리 유한요소법으로 그림 5와 같이 일정한 간격마다 구했다. 최적화 과정에서 필요한 격자점 이외의 부상력은 격자점에서 구한 부상력으로부터 식(4) - 식(6)을 이용해서 구했다.

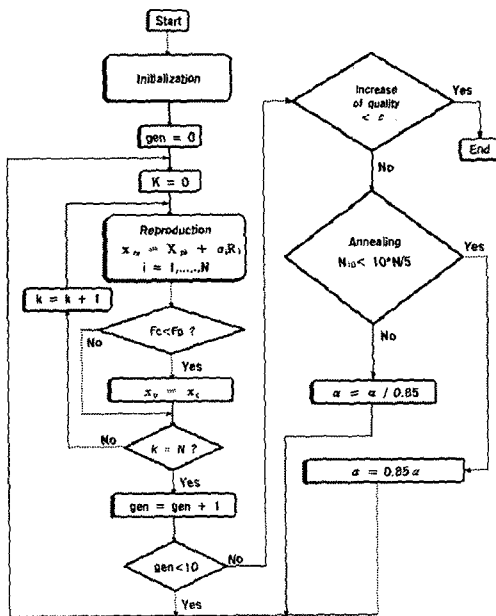


그림 4. Evolution strategy의 흐름도
Fig. 4 Flowchart of evolution strategy

$$f_1 = f(i, j) + \frac{f(i+1, j) - f(i, j)}{x_{step}} \times \Delta x \quad (4)$$

$$f_2 = f(i, j+1) + \frac{f(i, j+1) - f(i, j)}{y_{step}} \times \Delta y \quad (5)$$

$$F(x, y) = f_1 + \frac{f_2 - f_1}{y_{step}} \times \Delta y \quad (6)$$

위 식들에서 x_{step} 는 x 방향 격자점 사이의 거리이고 y_{step} 은 y 방향 격자점 사이의 거리이다.

그림 6은 초기설계치 근처의 격자점에서의 부상력을 2차원 유한요소법을 이용해서 계산한 결과로서 초기설계치 근처에서 부상력이 변화하는 정도를 알 수 있다. 그림 6에서 가로축은 최적설계 시에 변수로 설정한 코일의 단면적이고 세로축은 철심각의 폭으로 역시 최적설계 시에 변수로 설정한 것이다. 각의 폭은 15mm에서 25mm까지를 1mm마다 변화시켰고, 코일의 단면적은 1200mm²에서 1600mm²까지 50 mm²마다 변화시켰다. 그림 6에서 볼 수 있는 바와 같이 초기설계치 근처에서 부상력이 비교적 직선적으로 변하므로 격자점 이외의 점에서의 부상력을 격자점에서의 값으로부터 보간을 이용해서 구하더라도 큰 오차가 발생하지 않는 것을 예상할 수 있다.

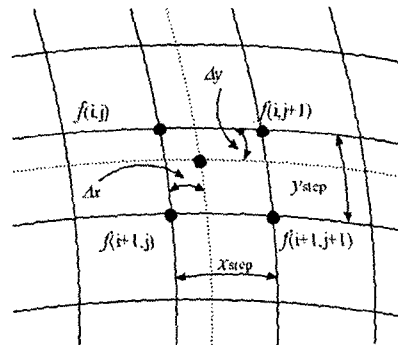


그림 5 격자점의 부상력으로부터 임의의 점의 부상력을 구하는 방법

Fig. 5 Levitation force at arbitrary point

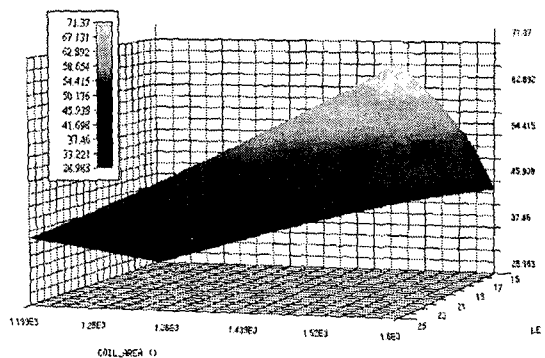


그림 6 격자점에서의 부상력
Fig. 6 Force of lattice points

5. 부상용 전자석의 최적 설계

OLED시스템에서 사용하는 부상용 전자석은 시스템의 특성상 지지하는 것이 어려우므로 가능한한 무게가 가볍도록 해야 한다. 본 설계에서는 이를 고려하여 전자석의 무게를 목적함수로 설정하고 이것이 최소가 되도록 했다. 설계변수로는 철심 각의 폭과 코일의 단면적을 설정했다. 전자석의 부상력은 프레임을 부상시키는 데 필요한 부상력 이상으로 잡아 초기부상력 47.6N 이상의 부상력이 발생하는 경우만 선택했고 철심의 단면적은 초기단면적보다 커지지 않도록 철심각의 z방향 길이를 조절했다. 또 최적화과정에서 창 의 폭은 80mm로 고정했고 프레임 밖에는 전자석 구조물을 설치할 수 없다는 제약조건 때문에 전자석 코일의 단부권선을 포함한 전자석 코일의 z방향 길이가 프레임의 z방향 길이인 80mm를 넘지 않도록 했다. 위와 같은 부등호 제약조건을 정리하면 다음과 같다.

- 1) $F \geq 47.6N$
- 2) 코일을 포함하는 전자석의 z방향 길이 $\leq 80mm$
- 3) 철심의 단면적 \leq 초기단면적

위와 같은 조건에서 진화론적 방법을 이용해서 최적설계를 수행한 결과 91세대에서 수렴했고 65세대 이상에서는 대부분의 값들이 최종값과 큰 차이가 없었다. 최적설계 시에 목적함수로 잡은 전자석의 전체 무게는 3.46kg에서 3.23kg으로 6.7% 감소했다. 이 과정에서 전자석 시스템의 특성 중에서 가장 중요한 부상력은 초기부상력 47.6N과 차이가 없었다. 표 2는 최적설계의 결과이다.

전자석을 구성하는 철심의 무게는 1.31kg에서 0.91kg으로 30.5% 감소했으나 코일의 무게는 2.15kg에서 2.32kg으로 7.9% 증가하여 철심을 줄이고 코일을 증가시키는 방향으로 최적화가 진행되었음을 알 수 있다. 그림 7은 목적함수로 설정한 전자석의 무게가 변화하는 과정을 나타낸 것이고 그림 8은 전자석을 구성하는 철심의 무게와 코일의 무게가 변화하는 과정을 보인 것이다. 설계변수로 설정한 철심 각의 폭과 코일의 단면적이 변화하는 과정을 보인 것이 그림 9와 그림 10이다. 변화하는 과정에서 볼 수 있는 바와 같이 철심 각의 폭과 코일의 단면적은 철심 무게와 코일 무게가 변화하는 과정과 비슷한 경향을 보이고 있고 철심 각의 폭은 25mm에서 19.3mm로 22.8% 감소했고 코일의 단면적은 1250mm²에서 1413mm²로 13.0% 증가했다. 기자력도 코일의 단면적과 같은 비율로 증가하여 4945AT으로 변했다.

그림 11은 부상력이 변화하는 과정이고 그림 12는 철심의 z방향 길이가 변화하는 과정이다. 부상력은 최소값 이상을 발생하도록 설정했고 최종적인 부상력은 47.6N으로 초기 부상력과 거의 동일하다. 철심의 z방향 길이는 40mm에서 37.6mm로 6.0% 감소해서 전자석의 무게를 줄이는 데 기여를 했다.

그림 13은 최적설계된 전자석시스템의 사양을 유한요소법으로 해석한 것으로 코일이 위치하는 안쪽 철심의 자속밀도는 960mT 내외로 균일했고 부상력은 47.6N이었다. 철심의 단면적을 줄이는 방향으로 최적화가 진행된 결과로 철심의 자속밀도는 초기 설계치에서 711mT이었던 것에 비해 1/3

이상인 249mT가 증가했다.

그림 14는 그림 3과 같은 방법으로 프레임의 왼쪽 끝에서 오른쪽 끝까지의 자속밀도분포를 보인 것으로 공극 부분에서의 자속밀도의 y방향성분이다. 철심의 왼쪽 각은 45.8mm ~ 65mm에 위치하고 있고 오른쪽 각은 145mm ~ 164.3mm에 위치하고 있다. 그림 3과 마찬가지로 공극이 크기 때문에 자속이 퍼지는 프링징현상 때문에 각의 아래에 자속이 집중되지 않고 퍼지는 것을 볼 수 있다. 공극부분에서의 최대 자속밀도는 192mT로 코일이 설치된 안쪽 철심에서의 최대 자속밀도에 비해서 20%로서 철심 각 아래를 지나는 자속의 비율이 초기 설계에 비해서 더욱 감소했음을 알 수 있다. 이는 초기 설계에 비해서 철심의 단면적이 줄었기 때문이다.

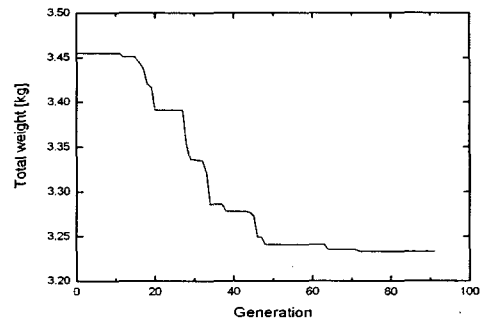


그림 7 목적함수가 변화하는 과정
Fig. 7 Variations of object function

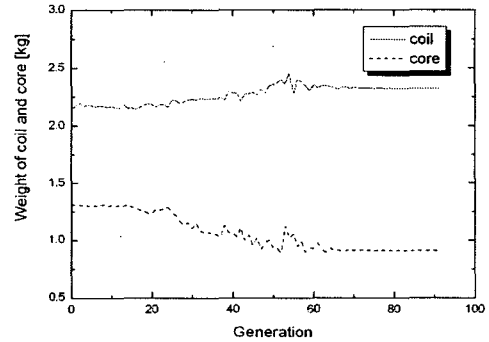


그림 8 철심과 코일의 무게가 변화하는 과정
Fig. 8 Variations of weight of core and coil

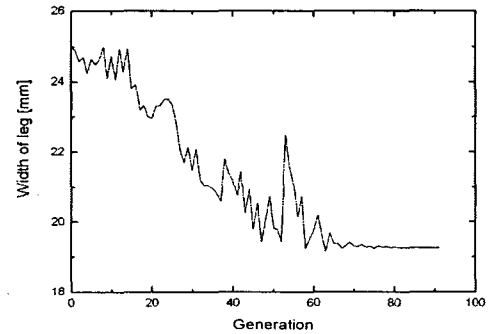


그림 9 각의 폭이 변화하는 과정
Fig. 9 variations of width of leg

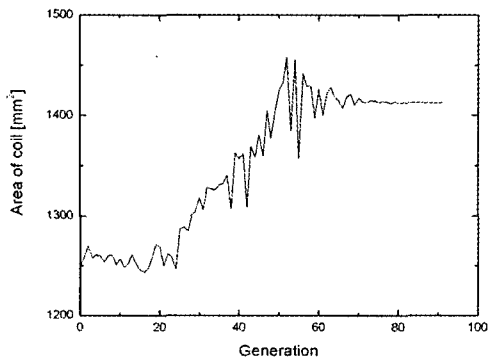


그림 10 코일의 단면적이 변화하는 과정
Fig. 10 Variation of coil area

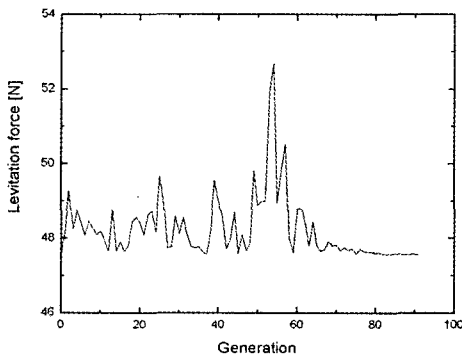


그림 11 부상력이 변화하는 과정
Fig. 11 Variation of levitation force

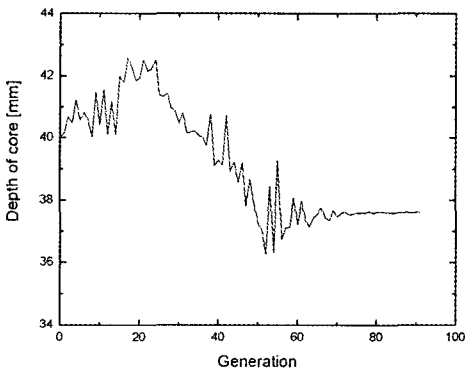


그림 12 철심의 z방향 길이가 변화하는 과정
Fig. 12 Variation of z axis length of core

표 2. 최적설계 결과

Table 2 Specifications of optimal design

| | | | |
|---------|--------|------------|---------|
| 창의 폭 | 80.0mm | 철심의 폭 | 118.5mm |
| 창의 높이 | 21.2mm | 철심의 높이 | 40.4mm |
| 각의 폭 | 19.3mm | 철심의 z방향 길이 | 37.6mm |
| 코일의 높이 | 17.7mm | 권선수 | 767 |
| 코일의 지름 | 1.3mm | 코일의 무게 | 2.32kg |
| 코일의 접착율 | 0.7 | 철심의 무게 | 0.91kg |

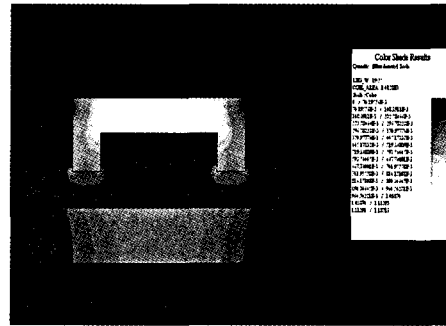


그림 13 최적 사양의 자속밀도 분포
Fig. 13 Flux density of optimal design

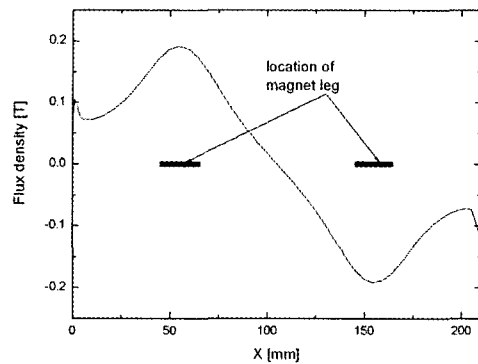


그림 14 최적사양의 공극자속밀도
Fig. 14 Air gap Flux density of optimal design

6. 부상력 측정 결과

OLED 제작에 사용되는 전자석의 최적설계 결과를 확인하기 위해서 그림 15와 같은 부상용 전자석을 제작하였다. 부상용 전자석의 사양은 5장의 최적 설계결과와 동일하다. 전자석에 의해서 발생하는 부상력은 직육면체 형태의 부상 물체의 아래에 로드셀 4개를 설치하여 측정하였다. 전자석을 지지하는 판의 양쪽 끝에 가이드를 설치하고 이 가이드를 이용해서 전자석과 부상물체 사이의 공극을 변화시켰다.

그림 16은 공극을 고정된 상태에서 전류를 10A까지 변화시키면서 부상력을 측정한 결과이다. 이어서 공극을 20mm까지 변화시키면서 동일한 측정을 반복하였다. 측정 결과에서 볼 수 있는 바와 같이 공극이 10mm까지는 측정된 부상력에 포화가 발생하지 않으나 공극이 15mm부터 포화가 발생해서 공극이 20mm인 경우는 전자석에 흐르는 전류가 10A를 넘으면 부상력이 거의 증가하지 않았다. 이는 공극이 커지면 누설 자속이 커져서 전자석의 부상력에 큰 영향을 주지 않는다는 것을 보여준다. 공극이 5mm에서 40N의 부상력을 발생시키는 경우와 공극 20mm에서 40N의 동일한 부상력을 발생시키는 경우를 예로 들면, 권선에 흐르는 전류는 차이가 크지만 두 경우 모두 동일한 부상력을 발생하기 때문에 철심 바로 아래에 있는 공극 부분의 자속밀도는 차이가 크지 않다. 그렇지만 공극이 큰 경우가 누설 자속이 크기 때문에 철심에서의 자속밀도는 공극이 작은 경우에 비해 훨씬 높아지게 되어 철심이 포화 된다.

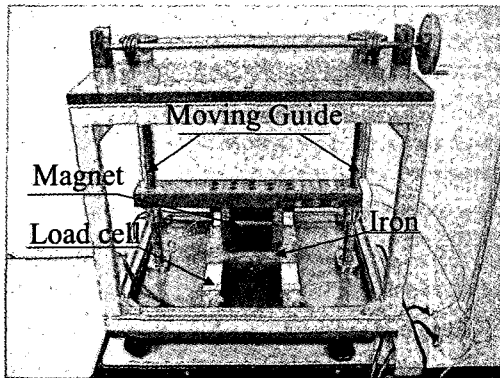


그림 15 부상력 측정장치
Fig. 15 Measurement device of levitation force

제작한 부상장치 철심의 자속밀도 변화를 측정한 결과 철심의 평균 자속 밀도가 0.8T를 넘으면 포화가 발생해서 권선의 전류를 증가시켜도 철심의 자속이 증가하는 양이 현저히 감소했다. 따라서 40N이상의 부상력을 얻기 위해서는 포화 자속밀도가 보다 높은 철심을 사용해야 한다.

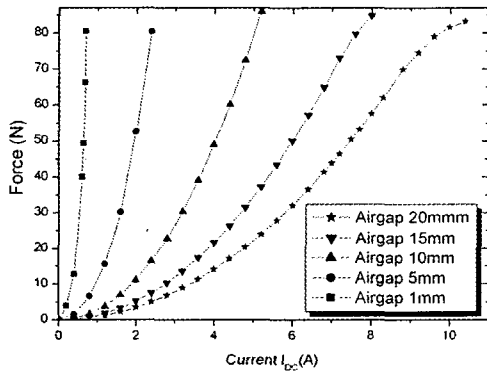


그림 16 부상력 측정 결과
Fig. 16 Result of levitation force measurement

6. 결 론

공극이 큰 부상용 전자석에서는 누설자속이 많기 때문에 등가회로법을 사용하면 오차가 많이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 진화론적 방법을 사용해서 공극이 큰 부상용 전자석의 최적설계를 수행했다. 최적설계 시에 목적함수로는 전자석시스템의 무게를 설정하여 이를 최소로 하도록 했다. 최적화 과정에서 필요한 부상력은 유한요소법을 사용해서 미리 계산한 부상력을 보간해서 얻은 값을 사용했다. 또한 이를 확인하기 위하여 부상력 측정용 장치를 제작하였으며 실험하였다. 최적설계 결과에 의하면 초기설계에 비해 전자석시스템의 무게를 6.7% 감소시킬 수 있는 결과를 얻었으며 실험결과로부터 공극이 작을 경우 큰 부상력을 얻을 수 있었으나 목표 공극에서는 설계값과 차이를 보였다 이러한 이유는 철심의 예상 투자율이 설계변수 값보다 다소 작은 것을 그 원인으로 들 수 있다. 본 연구를 통해서 제시한 최적설계 과정은 공극이 큰 부상용 전자석을 설계할 때에 도움을 줄 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] Zenken, Hirotake kajii, and Yutaka Ohmori, "Patterning of organic light emitting diodes utilizing a sputter deposited amorphous carbon nitride buffer layer," *Thin Solid Films*, 499, 2006, pp.392-395.
- [2] K. Preis, C. Magele, and O. Biro, "FEM and Evolution Strategies in the Optimal Design of Electromagnetic Devices," *IEEE Trans. on Magnetics*, Vol.27, No.5, pp.2181-2183, 1990.
- [3] D. Jeon, D. Kim, S. Hahn, and G. Cha, "Optimal Design of a Linear Synchronous Motor using Evolution Strategy Combined with Stochastic FEM," *IEEE Trans. on Magnetics*, Vol.35, No.3, pp.1734-1737, 1999.
- [4] M. Kasper, "Shape Optimization by Evolution Strategy," *IEEE Trans. on Magnetics*, Vol.28, No.2, pp.1556-1559, 1992.
- [5] M. Horii, N. Takahashi, and Takashi Narita, "Investigation of Evolution Strategy and Optimization of Induction Heating Model," *IEEE Trans. on Magnetics*, Vol.36, No.4, pp.1085-1088, 2000.

저 자 소 개



임형우 (林炯佑)

1972년 1월 18일생. 2000년 순천향대학교 전기공학과 졸업. 2002년 동대학원 졸업(공석), 2006년 동대학원 졸업(공박), 현재 동 대학교 박사후 연수과정
Tel : 041-530-1334
Fax : 041-530-1548
E-mail : super@sch.ac.kr



차귀수 (車貴守)

1956년 7월 18일생. 1978년 서울대 공대 공업 교육학과 졸업, 1987년 동대학원 전기공학과 졸업(공박) 현재 순천향대 공대 정보기술공학부 교수
Tel : 041-530-1334
Fax : 041-530-1548
E-mail : gsoocha@sch.ac.kr