

AFM용 자기부상 스테이지를 위한 Halbach Magnet Array 특성해석

최현승*(광주과학기술원, 원), 염우섭(광주과학기술원, 원), 박기환(광주과학기술원)

주제어 : Halbach 자석배열, 선형자기부상, 선형모터, 초정밀 위치결정, AFM

위치결정 기술은 초정밀 미세 기술의 발달과 제품의 소형화, 경량화에 대한 요구가 늘어나면서 고정밀도가 가속화되어 현재는 나노미터 수준의 위치정밀도를 요구하고 있다. 현재 널리 사용되어지는 표면형상 측정기인 AFM은 분해능과 정밀도는 우수하지만, 이송 스테이지의 제한으로 측정영역이 좁은 단점이 있다. 이를 극복하기 위해서 이중서보를 사용한 방식들이 많이 제안되어 왔고 단일 서보를 사용하는 방식들도 연구되고 있다. 하지만 이중서보 방식은 여러 가지 액츄에이터와 컨트롤러를 사용해야하므로 제어알고리즘과 시스템이 복잡해지는 단점을 가지고 있다. 또한 일반적으로 선형운동을 하기 위해서 모터를 사용하여 볼스크류 등을 사용하여 회전운동을 선형운동으로 변환하는데, 이러한 구조에서는 부품에 의한 관성 증가와 비선형성, 마찰, 백래쉬 등의 발생으로 정밀도를 해치게 된다.

이러한 단점들을 극복하기 위해서 본연구에서는 장행정 AFM에 적용하기 위해, 초정밀 측정기가 갖추어야 하는 고속, 고분해능, 고정밀도, 장행정을 동시에 만족할 수 있는 선형자기부상 시스템에 관한 연구를 하였다. 사용된 선형 자기부상 스테이지는 자기베어링을 겸하고 있기 때문에, 기존의 자기식 선형구동 방식에서 사용되어지는 공기베어링을 사용하지 않아서 스테이지에 전달되는 공기유동의 영향을 줄일 수 있어서 장행정에서 고정밀의 위치정밀도를 갖을 수 있는 장점을 가지고 있다.

선형자기부상 스테이지에는 기존의 자석배열보다 효율이 좋은 Halbach 자석배열 사용을 검토하였으며, 이에 대한 전자기장에 대한 해석을 하였다. Halbach 자석배열은 1979년 K. Halbach가 제안한 것으로, 일반 페라이트자석에 비하여 전류자속밀도가 수배 이상이 되는 네오디움 계열의 NdFeB를 사용하며, 여러개의 영구자석을 사용하여 적절히 조합하여 모터시스템에서 요구되는 자계분포를 발생하는 특수 형태의 자기회로를 구성하고 폐자로를 구성하기 위한 별도의 철심이 없이 영구자석만으로 자기회로를 구성하므로 철손이 없는 장점을 가지고 있다. 이 자속배열은 자속을 원하는 면에 집중시키고, 원하지 않는 면에는 상쇄시키도록 설계할 수가 있어서 이를 선형모터에 적용하면 슬롯이 없이도 공극의 자속밀도를 증가시켜서 모터의 힘을 크게 할 수 있다. 이상적인 자기배열은 모터의 한주기 안에서 선형적인 분포를 갖게 되는데, 실제로 이를 구현하기가 어렵기 때문에 자화방향이 다른 여러개의 자석을 조합하여서 이상적인 자석배열이 되도록한다. 이 때 모터의 한 주기당 자석의 개수가 많을 수록 더 큰 자속밀도를 얻을 수 있지만 공간적인 제약과 제작상의 어려움 때문에 한계가 있으므로 최대 효율을 얻을 수 있도록 이에 대한 이론적인 해석을 실시하였다. 또한 자석과 코일에 의한 자속밀도를 모델링하고, 설계 변수에 대하여 인덕턴스, 구동력 등을 계산하여 Halbach 자석배열에 의한 특성해석을 하고 기존 자석과의 특성 비교도 실시 하였다.

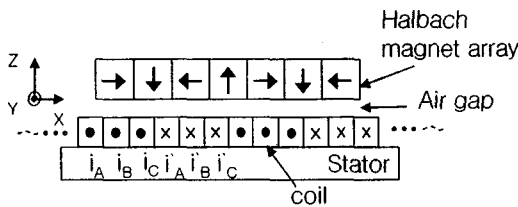


Fig. 1 Linear motor system with halbach magnet array, air gap and coil

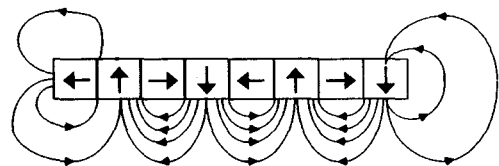


Fig. 2 Flux distribution in Halbach magnet array