

코아재료를 달리한 spiral형 박막인덕터의 3차원 수치모사

서울대학교 류호준, 이정중
한국과학기술연구원 김종렬, 한석희, 김희중

3D simulation of thin film inductors with various core materials

Seoul National University H. J. Ryu, J. J. Lee
KIST J. R. Kim, S. H. Han, H. J. Kim

1. 서론

최근 핸드폰, 노트북 컴퓨터, 비디오 카메라 등 휴대용 전자기기들은 빠른 속도로 소형화, 집적화가 진척되고 있다. 따라서 이와 같은 기기들에 내장되는 인덕터, 트랜스포머등과 같은 자기소자들도 전자소자들의 소형화, 고집적화, 고주파화에 대응하기 위한 능력을 강력하게 요구받고 있다. 그러나 반도체의 집적회로기술이 비약적으로 발전하는데 비하여 자기소자들은 여러 가지 기술적인 어려움으로 그 개발속도가 매우 느린 실정이다.

근래에는 일본을 중심으로 하여 도체를 적층스크린 인쇄한 페라이트 칩 인덕터(ferrite chip inductor), 비정질세선을 사용한 아몰퍼스 화이버 크로스 인덕터(amorphous fiber cloth inductor), 비정질박대를 이용한 플래너 인덕터(planar inductor) 및 이들을 응용한 DC-DC converter 등과 같은 자기소자의 소형화, 평면화의 시도가 활발하게 이루어 지고 있다. 이와 같은 자기소자의 소형화, 박형화의 진전은 궁극적으로 박막형태로 집적화 된 마이크로 자기소자의 개발과 광범위한 사용을 예상케 하고 있으며 마이크로 자기소자의 고성능화를 위해서는 종래의 벌크형태의 자기소자와는 다른 구조를 갖는 새로운 구조의 고안과 박막제조기술과 미세패턴의 가공기술의 확립 등이 필요하다.

특히 박막인덕터의 인덕턴스를 향상시키기 위해서는 보다 큰 투자율을 갖는 재료를 코아재로 사용하여야 한다. 그러므로 본 연구에서는 제조전 simulation을 통하여 박막인덕터의 특성과 제조가능성을 타진해 보기 위하여 코아재료를 바꾸어서 주파수에 따른 그 특성을 계산해 보고자 하였다.

2. 실험방법

계산을 수행할 대상의 전자장을 해석하기 위해서는 맥스웰방정식을 풀어야 하는데 이것은 자장, 전장의 세기를 변수로 한 편미분 방정식을 구성되어 있어, 직접 이 방정식을 풀기가 어렵기 때문에 보통은 potential을 도입하여 Poisson의 방정식으로 변환하여 해를 구하게 된다. 정자기 문제에서는 매질이 선형 등방성이 되며, 해석 영역내에 외부에서 인가된 전류가 흐르는 경우 다음과 같은 관계식을 이용하여 지배방정식을 얻게 된다.

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J}_s, \quad \vec{J}_s; \text{ 표면전류밀도}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

위의 식으로 부터 자기포텐셜 \vec{A} 를 다음과 같이 정의한다.

$$\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$$

\vec{B} 를 소거하고 여기에 Coulomb gauge($\nabla \cdot \vec{A} = 0$)를 적용하면 다음의 식을 얻게 되며 이것이 해석영역에서의 지배방정식이 된다.

$$\nabla^2 \vec{A} = -\mu \vec{J}_s$$

본 연구에서는 위 방정식의 해석을 위하여 3차원 유한요소해석용 package인 Maxwell program(Ansoft사)을 사용하였다.

3. 결과 및 토의

3차원 유한요소해석 프로그램을 사용하여 코아재료를 달리한 spiral형 박막인덕터의 주파수에 따른 인덕턴스의 변화를 해석하였다. 인덕턴스는 예측한대로 주파수의 증가에 따라서 점차로 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 주파수가 증가함에 따라서 자기점성이 점차로 크게되어 자속의 방향을 바꾸는 것이 더욱 어렵게 되는 지연현상이 일어나게 되며 이러한 지연으로 인해 투자율이 감소하기 때문이다. 또한 저항값은 주파수의 증가에 따라서 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 skin depth effect가 주파수의 증가에 따라서 증가하여 코일의 유효 단면적이 감소함에 기인한 것이다.

수치모사를 통하여 얻은 계산값은 비교적 타당하므로 이 방법을 통하여 적절한 작동주파수에서 비교적 높은 인덕턴스를 갖는 박막인덕터의 설계가 가능하며 그 이용이 더욱 기대된다고 하겠다.

4. 참고문헌

- [1] K. I. Arai, M. Yamaguchi, J. Magn. Soc. Jpn., vol. 17(3), pp. 642(1993)
- [2] O. Oshiro, H. Tsujimoto and K. Shirae, IEEE Trans. Magn., MAG-23, pp. 3759(1987)
- [3] T. Sato, T. Mizoguchi and M. Sahashi, J. Mag. Soc. Jpn., vol. 17(3), pp. 661(1993)