

## 박막 변압기의 주파수에 따른 특성분석

송실대학교 전신익\*, 조순철

## An analysis of thin film transformer characteristics with frequency

Soongsil University S. I. Jun\*, S. Jo

## 1. 서 론

최근 휴대용 전화기, PCS 등 정보통신 기기의 소형화 및 경량화의 추세에 따라 부품의 소형화가 크게 요구되고 있다. 박막 인덕터의 소형화의 한 방법으로 인덕터의 구조를 평면적으로 하는 평면 인덕터의 사용이 시작되고 있다[1]. 평면 인덕터는 기판 위에 평면적으로 배치되고 기존의 벌크 인덕터의 사용 주파수보다 높은 인가 주파수로 동작된다. 이러한 평면 인덕터의 특성을 이용하여 소형기기의 전원 공급기에 적용될 수 있는 박막 변압기에 대한 연구가 진행되고 있다[2]. 본 논문에서는 지금까지 제안되었던 박막 변압기의 코일 두께(수십  $\mu\text{m}$ )보다 더 얇은 박막(수  $\mu\text{m}$ )을 사용하여 주파수 증가에 따른 박막 변압기의 특성을 분석하고자 한다[3]. 박막 변압기의 동작원리는 표피효과와 1차, 2차 코일의 상호효과를 바탕으로 한다.

## 2. 실험방법

본 연구에 사용된 박막 변압기 구조는 spiral circular type이다. 박막 변압기의 1, 2 차 코일은 평면상에 동축 원형으로 나란히 설계했으며 코일의 폭과 코일 간의 간격은 100  $\mu\text{m}$ 이고 코일의 두께는 5  $\mu\text{m}$ 이다. 전체 크기는 1000  $\mu\text{m} \times 1000 \mu\text{m}$ 이며 턴수는 2 이고 코일의 재료는 구리이다. 1 차 코일에 0.1 A의 전류를 인가하였고 주파수는 1 kHz에서 1 GHz까지 변화시키며 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션의 결과로 각 코일의 자기 인덕턴스와 저항, 상호 인덕턴스를 얻었고 패러데이 법칙을 이용하여 2 차 코일에 유도되는 기전력을 계산하여 박막 변압기의 전송율을 구하였다. 박막 변압기의 구조를 설계하기 위하여 Maxwell 3 D Field Simulator 패키지를 이용하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Spiral circular type 박막 변압기의 주파수 증가에 따른 각각의 코일의 인덕턴스와 저항의 시뮬레이션 결과는 그림 1과 같고, 전송율과 결합 계수(coupling factor)의 변화는 그림 2와 같다. 주파수가 100 kHz에서 100 MHz까지 증가할 때 1 차 코일의 자기 인덕턴스는 8.8 nH로 일정한 값을 유지하다가 200 MHz에서 서서히 감소하기 시작하였다. 저항은 주파수가 증가함에 따라 0.46  $\Omega$ 에서 0.52  $\Omega$ 으로 증가하였는데, 이것은 고주파에서 코일의 표피 현상으로 표피 두께가 감소하였기 때문이다. 전송율은 31 %를 유지하다가 200 MHz에서 서서히 감소하다가 1 GHz에 28.8 %를 기록하였다. 전송율은 다음과 같이 계산하였다.

$$E_1 = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -L_1 \frac{dI_1}{dt}, \quad E_2 = -\frac{d\Phi_2}{dt} = -M \frac{dI_1}{dt}$$

$$\text{전송율} = E_2 / E_1 = M / L_1$$

$E_1$ 은 1 차 코일에 인가한 전압이고  $E_2$ 는 2 차 코일에 유도된 전압이다.  $L_1$ 은 1 차 코일의 자기 인덕턴스이며  $M$ 은 1, 2 차 코일간의 상호 인덕턴스이고,  $\Phi_1$  과  $\Phi_2$  는 1, 2 차 코일에 발생하는 flux이며  $I_1$ 은 1 차 코일에 인가한 전류이다. 주파수가 200 MHz 이후로 전송율의 감소는 1 차 코일의 자기 인덕턴스의 감소로 인해 두 코일간의 상호 인덕턴스가 감소하였기 때문이다. 상호 인덕턴스의 감소로 두 코일간의 결합 계수도 그림 2에서 나타나듯이 감소하였다. 본 논문에 사용된 박막 변압기는 주파수가 1 kHz에서 100 MHz 대에서 31 %의 낮은 전송율을 나타냈는데 투자율이 높은 코어층을 결합하면 더 나은 전송율을 얻을 것으로 기대된다.

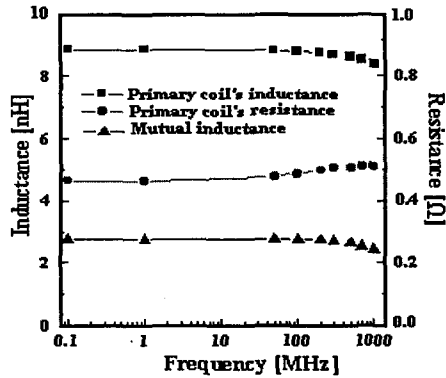


Fig.1 Inductance and resistance variation of thin film transformer with frequency.

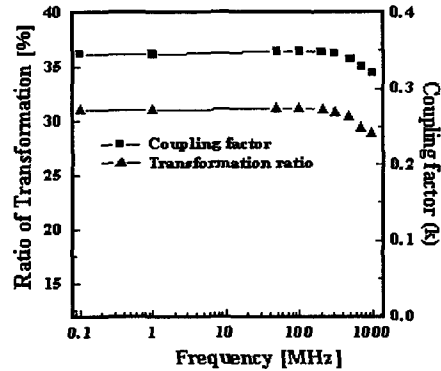


Fig.2 Transformation ratio and coupling factor variation of thin film transformer with frequency.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 작은 턴수를 가지는 박막 변압기의 주파수 증가에 따른 전송율의 경향을 알기 위하여 박막 변압기의 코일의 자기 인덕턴스와 저항과 상호 인덕턴스를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 알아 보았다. 이 값들을 이용하여 전송율을 계산하였다. 주파수가 증가함에 따라 코일의 저항은 표피 현상으로 증가하였고 자기 인덕턴스와 상호 인덕턴스는 100 MHz까지 일정한 값을 가진 후 감소하였다. 인덕턴스의 영향을 받는 전송율은 100 MHz까지 31 %의 값을 가졌다.

#### 5. 참고문헌

- [1] K. Kawabe, H. Koyama and K. Shirea, "Plannar inductor.", IEEE Trans. Mag., Vol. 27, pp. 1804-1806, 1984.
- [2] S. Hayona, Y. Midorikawa, and Y. Saito, "Development of film transformer.", IEEE Trans. Mag., Vol. 30, pp. 4858-4760, Nov., 1994.
- [3] I. Marinova, Y. Midorikawa, S. Hayona, and Y. Saito, "Thin film transformer and its analysis by integral equation method.", IEEE Trans. Mag., Vol. 31, pp. 2432-2437, July, 1995.