

## YIG 페라이트를 이용한 아이솔레이터의 온도안정화 연구

### Study of Temperature stabilization for Isolator using YIG ferrite

전동석, 이홍열, 김동영, 한진우, 이상석.

(Dong-Suk Jun\*, Hong-Yeol Lee, Dong-Young Kim, Jin-Woo Hahn, Sang-Seok Lee)

#### Abstract

This paper describes on the design structure and development temperature stable strip-line junction isolator operating in above resonance mode. Temperature characteristics of isolator depend on magnet, YIG(Yttrium Iron Garnet) ferrite, and conductor etc. These require temperature stability and possible methods of compensation for the temperature dependent effects. In this paper, the analysis and measurement of the temperature characteristics were carried out for the material isolator prototype. The bandwidth of isolator was expanded and the center frequency shift was reduced in temperature range of  $-20\sim 80^{\circ}\text{C}$ .

**Key Words** : temperature stabilization, Isolator, YIG ferrite, magnet

#### 1. 서 론

최근까지 아이솔레이터 설계자 및 제작자의 관심분야는 온도안정화, 저삽입손실, 최대전력, 크기 등이다. 그 중 온도안정화는 부품의 신뢰성에 관계되고, 그 방법으로는 heat pipe를 이용하는 방법, 반도체를 이용하는 방법도 있지만, 가격 및 신뢰성 등의 복합적인 문제가 있다. 따라서 많은 설계자나 제작자는 수동구조의 방식이며, 저 가격 및 고 신뢰성의 온도안정화 방법을 연구 중에 있다. 온도안정화 방법으로 대표적인 것은 자기회로를 병렬구조로 구성하는 방법과 온도계수가 큰 재료를 사용하는 것이다. 그 대표적으로 병렬구조는 온도가 낮아지면 자석에서 YIG 페라이트에 공급되는 자계 세기를 투자율이 큰 Ni-Fe합금을 통하여 자기회로가 구성되고, 이로 인하여 YIG 페라이트에 공급되는 자계 세기를 줄이는 역할을 하며, 온도가 상승하면 자기회로를 구성하고있는 Ni-Fe 합금의 투

자율이 감소하여 자석의 자계세기가 페라이트에 그대로 인가되어 온도에 대한 안정화를 꾀하는 방법이다.

K.Bertsch는 자석의 중심에 Ni-Fe 합금을 삽입하는 링형 자기회로를 구성하고, 또한 상,하측의 전체 자기회로를 구성하여 온도안정화를 이루었다.[1] A.G. Scuchinsky는 UHF 대역 스트립라인형 분포 서큘레이터를 정렬 자기회로, 기하학적으로 교차되는 공진기 구조로 구성하고 서큘레이터 동작을 above 공진모드를 사용하여 온도안정화를 이루었다.[2] S.H. Kim은 NdFeB 정사각형 영구자석 사이에 Ni-Fe합금을 삽입하여 자기회로를 구성하여 온도보상을 이루었다.[3] J.Helszajn는 자계세기와 포화자화의 온도에 따른 품질계수 특성곡선에서 자계세기/포화자화 비율이 약 0.7이 되는 품질계수를 추출하고 그 결과를 설계에 적용하여 온도 안정화를 이루었다.[4]

따라서 본문에서는 페라이트 영구자석 및 YIG 페라이트에 대한 온도특성, 아이솔레이터의 온도특성과 자기회로를 구성한 아이솔레이터 온도특성을 고찰하여 온도안정화를 연구하고자 한다.

한국전자통신연구원 유전체RF소자팀  
(대전시 유성구 가정동 사서함 161)  
Fax: 042-860-5804  
E-mail : dsjun@etri.re.kr

## 2. 실험

### 2.1 실험장치

실험장치는 영구자석과 YIG 페라이트를 측정하기 위해서 VSM를 사용하여 측정하였다. 아이솔레이터의 아이솔레이션 특성은 Vector Network analyzer(HP-8720C)와 Electrometer(Keithley 617) T-type 열전쌍, 항온함습기 그리고 PC 및 측정기기 제어 프로그램으로 구성하여 측정하였다.

실험조건은 영구자석과 YIG 페라이트는 30~80°C 온도범위에서 측정하였다. YIG 페라이트는 자계(3000G)를 인가하였을 때, 온도(30~80°C)에 따라 온도특성을 측정하였고, 영구자석은 자계를 인가하지 않고, 온도(30~80°C)변화에 따른 온도특성을 측정하였다. 아이솔레이터 특성은 온도(-20~80°C)변화에 대해 온도보상 구조 유무에 따른 온도특성을 측정하였다.

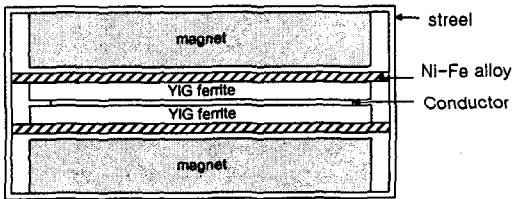


그림 1. 아이솔레이터 단면도  
Fig. 1. Cross section of Isolator.

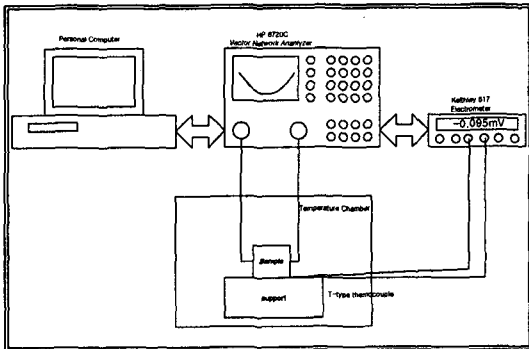


그림2. 아이솔레이터 온도특성 측정시스템 구성  
Fig. 2. Constitution for Temperature characteristics measurement system of Isolator.

그림 1은 아이솔레이터 단면도이다. 아이솔레이터 구성은 상하측 대칭으로 이루어져 있다. 페라이트 자석, 온도보상용 Ni-Fe 합금, YIG 페라이트

그리고 도체로 구성되어 있다. 외각에는 철판으로 자기회로를 구성하여 자기차폐를 시켰다. 그림 2는 아이솔레이터의 온도특성을 측정하는 시스템의 구성을 나타낸다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 3. 에서와 같이 페라이트 영구자석의 온도 변화에 대하여 측정하였다. 온도 30~ 80°C 사이에서 영구자석 자계세기를 나타내었고, 온도변화율은 -3.766 G/°C 로 온도증가에 따라 자계세기가 감소하는 것을 알 수 있었다. 각 온도구간에서의 온도 변화율은 30~40, -2.136 G/°C; 40~50°C -3.49 G/°C; 50~60°C -3.648 G/°C; 60~70°C -3.648 G/°C; 70~80°C -3.46 G/°C 결과를 얻을 수 있었다.

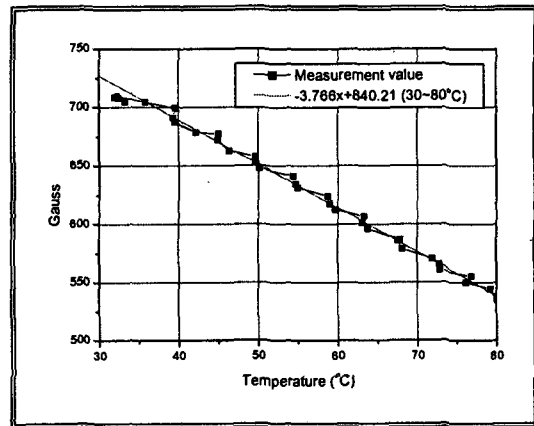


그림 3. 페라이트 영구자석 온도특성.  
Fig. 3. Temperature characteristics of ferrite permanent magnetic.

그림 4. 는 YIG 페라이트의 온도변화에 따른 포화자화를 측정한 결과이다. 30~80°C 사이의 온도범위에서의 YIG의 포화자화 결과를 나타내었고, 온도 변화율은 -3.766 G/°C 로 포화자화 값은 온도 증가에 따라 감소하는 것을 알 수 있었다. 온도구간 마다 온도변화율은 30~40, -0.528 G/°C; 40~50°C -1.6 G/°C; 50~60°C -2.6 G/°C; 60~70°C, -4.12 G/°C 결과를 얻을 수 있었다.

그림 5. 는 온도보상을 하지 않은 구조에서 측정 한 아이솔레이터의 온도특성 결과를 나타내었다. 측정은 -20°C, 0°C, 30°C, 80°C에서 측정한 결과이며, 상온(30°C)에서의 측정값을 기준으로 하여 상측으로 60MHz, 하측으로 65MHz 주파수 편이가

발생하는 것을 알 수 있었다. 대역폭은 아이솔레이션 -20dB를 기준으로 할 때 195MHz의 결과를 얻을 수 있었다.

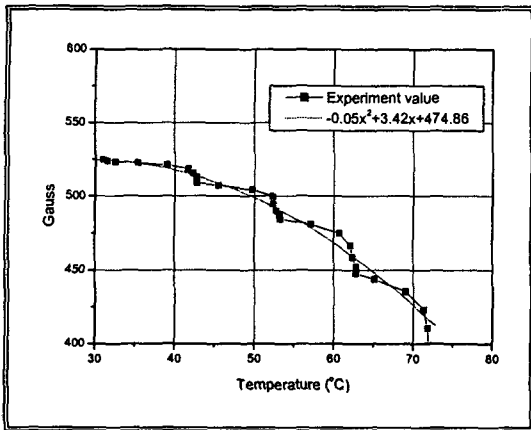


그림 4. YIG 페라이트의 온도변화.  
Fig. 4. Temperature characteristics of YIG ferrite.

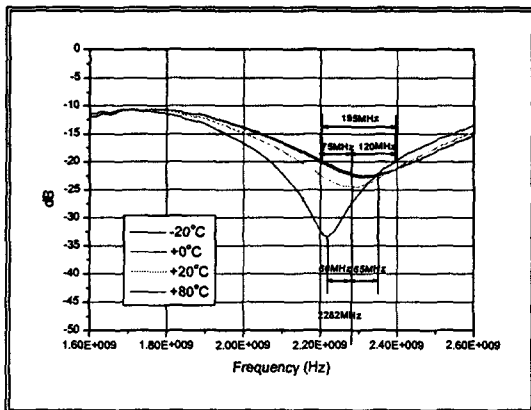


그림 5. 온도보상이 없는 아이솔레이터 온도특성.  
Fig. 5. Temperature characteristics without thermo-stabilization Isolator.

그림 6은 자기회로의 구성에 의해 온도 보상된 구조로 측정된 아이솔레이터의 온도특성을 나타내었다. 측정은 -20°C, 0°C, 30°C, 80°C에서 측정된 결과로 그림 5. 에서와 같은 조건으로 측정하였다. 상온(30°C)에서 측정값을 기준으로 하여 상측으로 40MHz, 하측으로 50MHz 주파수 편이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 대역폭은 아이솔레이션 -20dB를 기준으로 할 때 540MHz의 결과를 얻을 수 있었다. 그림 5 와 그림 6을 비교하면, 주파수 편이

가 35MHz 하향으로 편이 되었으며, 대역폭은 445MHz가 더 넓어지는 것을 알 수 있었다.

그림 5와 그림 6에서 나타나듯이 온도가 상승하면 중심 주파수가 낮아진다. 그림 3의 페라이트 자석, 그림 4의 YIG 페라이트의 온도 변화를 볼 때, YIG 페라이트의 포화자화는 투자율의 비례 관계이고, 인가되는 페라이트 자석의 자계세기는 반비례 관계를 가진다.[5] 따라서 Above 공진 모드를 사용할 때, 자계세기는 포화자화값 보다 충분히 큰 값을 가진다. 이때 투자율은 적어지고, 주파수 편이는 상향편이로 나타나는 것으로 판단된다.

아이솔레이터에 사용되는 공진기의 도체는 순동판을 사용하였다. 온도변화에 따른 열팽창계수는  $1.65 \times 10^{-6} \text{ m/}^\circ\text{C}$ 이고 온도 20°C를 기준으로 할 때, 80°C에서는  $195 \times 10^{-6} \text{ m/}^\circ\text{C}$ , -20°C에서는  $-130 \times 10^{-6} \text{ m/}^\circ\text{C}$  길이 차이가 난다. 시뮬레이션에서 상측 주파수 편이가 약 8MHz, 하측 주파수 편이가 약 12MHz 정도임을 알 수 있었다.

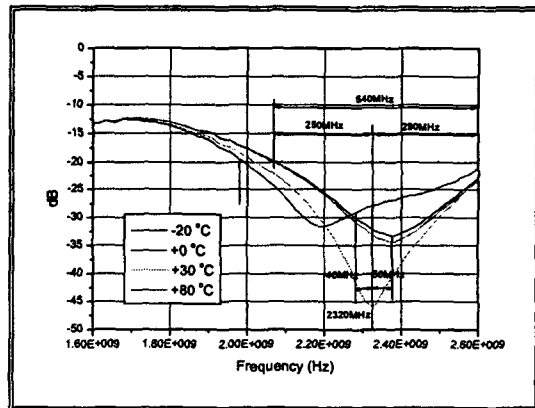


그림 6. 온도 보상된 아이솔레이터의 온도특성.  
Fig. 6. Temperature characteristics of thermo-stabilized Isolator.

그림 5에서는 주파수 편이가 상측으로 65MHz, 하측 60MHz 정도의 주파수 편이를 알 수 있다. 앞에서 언급하였듯이 공진기로 사용한 동판 보다 더 큰 주파수 편이가 나타난 것을 알 수 있다. 다시 말하자면, 순동판의 주파수 편이보다는 페라이트 자석의 자계세기가 주파수 편이에 더 많은 영향을 준다는 것을 의미한다.

그림 5에서 주파수 편이가 상측 50MHz, 하측 40MHz 정도의 주파수 편이를 나타낸 것은 온도변화에 따른 자계세기 민감성을 줄이기 위하여 자기회로의 사용한 결과이고, 주파수 편이를 줄일 수

있다는 것은 온도의 안정화 보상이 되었다는 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

실험 결과에서 알 수 있듯이 페라이트, 자석 그리고 아이솔레이터 공진기 도체의 온도특성영향으로 아이솔레이터 주파수 편이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한 온도 안정화를 위해 자기회로를 구성함으로써 온도의 영향을 줄일 수 있다는 것을 알 수 있었다.

따라서 아이솔레이터 설계 및 제작 시에는 사용 온도 영역에서 페라이트 및 자석의 온도특성을 고려하여 설계하여야 한다는 것을 알 수 있었고, 자석과 YIG 페라이트 그리고 온도보상용 Ni-Fe 합금으로 형성된 자기회로 구성에 대하여 연구가 지속적으로 되어야 할 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] K. Bertsche, J-F. Ostiguy and W.B.Foster, 'Temperature Considerations in the design of a permanent magnet storage ring', IEEE, 1997.
- [2] A.G. Schuchinsky, "Thermostable strip-line lumped element circulator for UHF applications" IEEE MTT-S Digest, p. 625~628, 1998.
- [3] S.H. Kim and C. Doose, "Temperature compensation of NdFeB permanent magnets" IEEE, p. 3327~3229, 1998.
- [4] J.Helszajn, B.Tsounis "Temperature stability of quality factor of junction circulators", IEE Proc.-Microw.Antennes Propag.,Vol 142, No 1, Feb. 1995.
- [5] Hidehiko Katoh "Temperature stabilized 1.7GHz broad band lumped element circulator", IEEE MTT-23 No. 8, Aug. 1975.