

〈主 題〉

자성체를 이용한 정보통신용 부품의 최근 기술동향

이 상 석
(한국전자통신연구소)

□ 차 례 □

I. 서 론
II. 자성체 응용부품의 기술동향

III. 결 론

I. 서 론

최근 사회 및 경제활동의 진전에 따라 고도정보화 사회로의 기대는 해마다 증가되고 있으며, 이에 따라 고도정보화 사회로의 중심적 역할을 담당하는 정보통신 분야도 눈부신 발전을 하고 있다. 정보통신 분야 중 특히 무선통신분야는 “언제, 어디서나, 누구와도, 어떤단말기와도”라는 정보통신의 궁극적인 목적을 달성하기 위해서 반드시 필요한 Media로, 현재 추진되고 있는 통신망의 디지털화나 ISDN의 도입 등과 함께 가정 및 개인의 정보화와 조화를 이루어 새로운 무선통신 시스템의 개발 및 상용화를 위한 연구에 주력하고 있다.

그러나 무선통신의 가장 큰 단점중의 하나인 이용 주파수의 제한은 폭발적인 수요를 감당하기 위해서 밀리미터파 또는 서브 밀리미터파대 등과 같은 사용 주파수의 고주파화가 필연적으로 검토되고 있다. 또한, 기지국 및 단말기의 수요가 급증함에 따라 마이크로파 및 밀리미터파 및 서브 밀리미터파 대역에서 동작하는 정보통신용 부품의 중요성이 부각되고 있다. 본 고에서는 이와같은 무선통신 기지국 및 단말기의 구성요소 중 자성체를 응용한 정보통신용 부품의 기술동향에 대해서 전망하였다.

II. 자성체 응용부품의 기술동향

정보통신 부품에 사용되는 마이크로파대용 자성체 페라이트는 크게 0.5~5MHz의 주파수 범위에서 사용되는 Mn-Zn 페라이트와 Ni-Zn 페라이트 및 0.4~40GHz의 주파수 범위에서 사용되는 가넷 구조의 YIG(Yttrium Iron Garnet)로 대별할 수 있다. YIG 자성체를 이용하는 방법도 Bulk를 이용하는 것과 단결정 또는 박막을 이용하는 것으로 대별된다.

정보통신용 부품중에서 Ni-Zn 페라이트를 응용한 적층형 칩 인덕터, YIG 박막을 응용한 박막형 인덕터, 정자파 부품의 기술동향에 대하여 알아보려고 한다.

2-1. 적층형 칩 인덕터

적층형 칩 인덕터란 Mn-Zn 또는 Ni-Zn 페라이트 위에 도체 페이스트를 인쇄하여 적층한 후 소결하여 페자로를 형성한 인덕터로 정보통신용 단말기의 실장 밀도를 향상 시키기 위하여 칩형으로 상품화 되고 있다.

페라이트는 Mn-Zn 또는 Ni-Zn 페라이트를 사용하나 내부 전극으로 이용되는 은의 용점이 960℃인 점을 고려하여 은의 용점 이하에서 소결이 가능토록 Ni-Zn 페라이트에 Cu를 첨가하여 이용한다. NiCuZn 페라이트의 소결온도는 1100℃이나 조성, 첨가제 등으로 소결온도를 제어할 수 있다. 조성측면에서는 구리의 함유량을 증가함으로써 저온에서 소결성을 증진시킬수 있으며 첨가제로 V₂O₅, Bi₂O₃, PbO, 유리 등을

첨가하여 저온에서 치밀화를 현저히 촉진시킨다. 그러나 첨가제들은 내부 전극으로 사용하는 은과 반응하여 단선의 원인이 되거나, 직류 저항성분을 상승시켜 품질계수를 저하시키는 원인이 된다.

적층형 칩 인덕터 부품에 대한 일반적인 기술동향은 차폐화, 고주파화 및 고품질계수화로 진행되고 있으며 무선통신용 송수신 공유기, RF 및 IF 신호필터, 증폭회로, 휴대용 단말기 RF전력회로, PCS, 페이지 등의 PC기판, 무선통신기기 및 무선LAN용 위성방송 수신기, EMI 대책용 부품 등에 활용되고 있다.

적층형 칩 인덕터를 구현하기 위한 핵심기술로는 저온 소결 및 입도 치밀화 기술, 미소한 내부도체 형성기술, 정밀가공기술, 내부 도체의 설계기술, 페라이트 물성 및 부품에 대한 측정 평가기술, 패키징 기술 등이 요구된다. 현재 상품화 되고 있는 적층형 칩 인덕터는 1608 또는 2012의 크기와 0.8~1.2 mm의 두께로 22~100nH의 특성을 구현하고 있다.

세계시장에서 상용화 되고 있는 제품은 대부분 일본제품으로 고주파에서(GHz대역) 인덕턴스가 3~500nH의 범위에서 다양한 특성값을 얻을 수 있도록 연구개발이 추진되고 있다.

2-2 자성 박막 인덕터

고주파대에서 이용되는 자성체 박막을 응용한 인덕터는 아직은 미개척 분야이나 선진국에서는 확보된 박막 소재기술과 미세 가공기술을 바탕으로 소용량 전원에 사용되는 인덕터를 개발하고 있다. 박막 인덕터는 자성막 두께에 대한 공극길이의 비율이 bulk자심에 비해 크기 때문에 자속의 손실을 고려해주어야 하므로 투자율이 크고 어느정도의 두께를 갖는 박막이 필요하다. 또한 100MHz이상의 고주파대에서 사용하기 위해서는 표피효과에 의한 자성박막의 이용률 저하와 도체의 저항증가, 와전류 손실에 의한 품질계수의 저하와 온도상승, 도체층과 자성체층 사이의 부유 정전용량에 의한 공진 등을 고려하여야 하므로 저항률이 커서 와전류 손실의 제어가 가능하고 도체층과 자성체층을 절연층 없이 밀착이 가능하여 부유 정전용량에 의한 영향을 무시할 수 있는 YIG와 같은 가네트형 산화물 자성체가 연구되고 있다.

또한 박막자심으로서는 내부의 자속분포를 기준으로 코일상하에 자성막을 배치한 내부코일형과 자성막 상하에 코일을 배치한 외부코일형 등 2가지형태의 박막자심이 제안되고 있다.

자성 박막 인덕터의 응용분야로는 휴대용 단말기

전원, 휴대용 단말기 DC-DC 컨버터, 필터 등에 활용이 가능하고 선진각국에서는 박막을 사용할 수 있는 주파수의 한계를 높이기 위한 연구가 진행 중에 있으며, 현재 사용중인 휴대용 단말기의 DC-DC 컨버터를 대체할 수 있는 부품이 개발되고 있어 1998년 이후 대체 활용이 가능하리라 판단 되어진다. 박막인덕터를 구현하기 위해서는 고순도 단결정 자성체박막 및 기판재료 기술 등의 소재기술 및 정밀가공기술, 박막 평탄화 기술, 구조에 대한 설계기술, 측정평가기술, 패키징 기술 등에 대한 연구개발이 요구되며, 부품으로 요구되는 특성은 (표 1)과 같다.

〈표 1〉 박막 인덕터의 특성

특 성	특 성 치
주파수 대역	10M ~ 1GHz
자성체박막 소재	YIG
자성체박막 두께	0.2 ~ 0.5 μ m
포화 사화도	~ 2000 Gauss
파단면전류밀도	5700A/ mm^2
비투자율	~ 30
저항률	10 ¹³ Ω -m
인덕턴스	$\geq 1\mu$ H (f=100MHz에 대하여)
품질계수	≥ 100 (f=100MHz에 대하여)

현재일본, 미국등 선진각국에서 고주파대에 사용 가능한 부품 개발이 진행중에 있다.

일본의 부품 제조업체들은 실험시제품의 형태로 자성체 박막인덕터를 개발중이며, 특성은 1~3GHz대역에서 2~50nH이고 품질계수는 40~60정도로 아직 개선의 여지가 있다.

2.3 정자파(MagnetoStatic Wave, Wave: MSW)를 응용한 부품

자성체 박막을 이용한 정보통신용 부품중에서 대표적인 것으로 정자파 소자가 있다.

정자파 소자란 자성체 박막을 전파하는 정자파를 이용한 소자로 (그림 1)과 같이 LPE(Liquid Phased Epitaxial)로 제작된 YIG(Yttrium Iron Garnet) 필름과 같은 사화된 페로 마그네틱 매질에서 산자파가 회선과 결합되어 발생하는 정자파를 이용한 소자로 Dipole 간 상호작용에 의해 전파되는 부품이다.

정자파란 자성 박막면에 직류자계를 인가하여 생긴

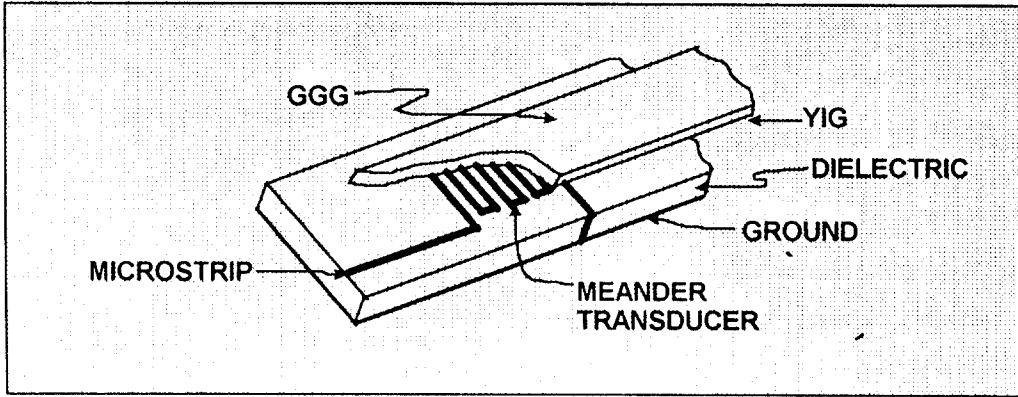


그림 1. 정자파 소자의 구조

박막내의 전자의 스핀으로 자기모멘트에 의해서 발생되는 파이다. 정자파의 전파모드는 인가되는 직류자계의 방향에 따라 (그림 2)와 같은 Magnetostatic Forward Volume Wave(MSFVW), Magnetostatic Backward Volume Wave(MSBVW), Magneto static Surface Wave(MSSW)등의 3가지 파가 발생되며, 발생파의 이용 형태에 따라 응용부품을 다양화 할 수 있다.

이와같이 발생된 정자파는 다음과 같은 특성을 나타내며, 각 특성을 응용한 부품을 정리하면 (표2)와 같다.

- 가. 마이크로파대에서 전파손실이 작다.
- 나. 전파전파속도가 느리다.
- 다. 인가된 자계에 의해 전파속도를 변화할 수 있다.
- 라. 인가된 자계의 방향에 따라 분산특성(전파모드)이 다르다.
- 마. 비선형 특성을 얻기 쉽다.
- 바. 광과 상호작용이 있다.

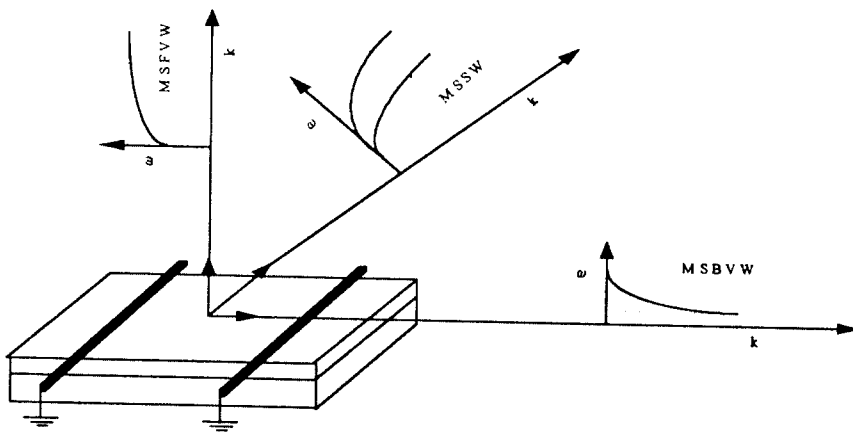


그림 2. 정자파 전파모드의 형태

〈표 2〉 정자파의 특성을 응용한 부품

품 목	가	나	다	라	마	바
지연선로	○	○	○	○		
필터	○	○	○			
공진기	○		○			
S/N Enhancer	○				○	
광변조기	○	○				○

또한 현재까지의 정자파를 응용한 소자의 특성을 정리하면(표3)과 같다.

〈표 3〉 정자파를 응용한 부품의 특성

품 목	특 성	
지연선로	자성체박막두께 : 10 ~ 20 μ m 인가자계 : 300 ~ 1000 Oe 특성임피던스 : 50 Ω	포화자화 : 100 ~ 2000G 지연시간 : 10 ~ 400ns 절연저항 : 100M Ω 이상
필터	자성체박막두께 : 100 μ m 삽입손실 : 2dB 감쇄도(중심주파수 \pm 240MHz) : 40dB	중심주파수 : 2GHz 3dB 대역폭 : 45MHz 크기 : 10 \times 5 \times 4mm ³
공진기	전파모드 : MSSW, MSFVW이용 자성체 공진주파수 : 자성체박막의 폭이 MSW의 반파장의 정수배가 되는 주파수 품질계수 : 2GHz에서 500이상	박막 두께 : 10~100 μ m
발진기	전파모드 : MSSW, MSFVW이용 발진출력 : 10dB 3dB 대역폭 : 10kHz	발진주파수 : 12 ~ 14GHz 인가자계 : 4000 ~ 8000 Oe
S/N Enhancer	전파모드 : MSSW이용 삽입손실 : <15dBm	가용주파수 : 1.7 ~ 5.3GHz 반사손실 : <12dBm
동조채널필터 (Tunable Channelized Filter)	전파모드 : MSSW, MSBVW이용 채널수 : 10 3dB 대역폭 : 50MHz	가용주파수 : X band 삽입손실 : <16dB

한편, 정자파 발생을 위하여 사용되는 자성체는 가네트 구조를 갖는 YIG 박막을 사용하며, YIG(Y₃Fe₅O₁₂)는 연자성 페라이트로 1950년대에 용제법(Flux법)으로 단결정 성장에 성공한 이후 양질의 대형 단결정을 성장 시키는데 연구개발이 추진되고 있다. 가테트형 기판 위에 YIG 박막을 형성하여 이용하는 방법도 연구되고 있으며, 대표적인 예가 MSW 소자이다.

YIG 응용은 0.4 ~ 40GHz의 마이크로파에서 Isolator, Electrically-Tuned Oscillator, Harmonic Generator, Electrically Tuned Band Pass Filter,

Discriminator, Multiplexer, Limiter 등으로의 이용과 자기광학 효과를 이용한 Infrared Isolator, Optical Switch, Spatial Light Modulator, Sensor 등에 응용되거나, Bubble Domain을 이용한 비휘발성 소자로 응용되고 있다.

정자파소자를 구현하기 위해서는 고순도 단결정 자성체박막 형성기술, 정밀가공기술, 미세패턴 형성 기술, 패턴 설계 기술, 패키징 기술등이 요구된다. 현재 일본, 미국 등 선진국에서는 X-Band 이하의 실험 시제품이 연구 개발 중이다.

국내에서는 아직 연구되고 있지 않지만 박막 소재

형성 기술과 부품화하기 위한 설계기술에 대한 중장기적인 연구개발 계획을 수립하여 추진하여 향후의 차세대용 정보통신 부품의 기반기술을 축적해야 할 것이다.

Ⅲ. 결 론

이상과 같이 적층형 칩 인덕터, 자성 박막 인덕터, 자성박막을 응용한 정자파 소자 등 자성체를 이용한 마이크로파대 부품들은 상용통신 시스템의 가용주파수대역이 고대역화 및 광대역화됨으로써 그 필요성이 날로 부각되어짐을 알 수 있었다.

적층형 칩 인덕터는 종래부터 저주파대역용으로 개발생산되어오는 부품이었지만 정보통신 시스템의 개발과 더불어 고주파대역으로의 응용이 가능한 쪽으로 연구개발이 진행되고 있으며, 실장밀도의 향상을 위하여 표면실장화를 지향하고 있다.

자성 박막 인덕터는 고주파대에서는 아직은 미개척 분야이나 일본, 미국등과 같은 선진각국에서는 성숙된 박막소재기술과 미세가공기술을 바탕으로 소용량 전원에 사용되는 인덕터를 개발하고 있다. 선진각국에서는 박막을 사용할 수 있는 주파수의 한계를 높이기 위한 연구가 진행중에 있다.

정자파를 응용한 부품은 가용 주파수대역을 광대역화할 수 있고 박막화한 소자이므로 소형경량화가 가능하므로 현재 일본 등 선진각국에서는 S/N Enhancer를 위성통신 시스템의 초단부분에서 사용하여 신호대 잡음비를 증폭시켜 신호특성을 개선하고자 하는 용도로 개발생산중에 있고, 다중채널필터(Multichannel Filter)를 사용하여 주파수대역을 가변함으로 직접 통화제어를 할 수 있는 FDMA(Frequency Division Multiple Access)시스템을 연구개발중에 있다.

이와같은 자성체를 이용한 정보통신용 부품들은 예전에는 가격이 고가였고 특수용도로 사용되어 왔으나 점차 저가이면서 민수용으로 이용되고 있으며 부품의 크기와 형태도 소형경량화를 추구하고 있다.

국내의 정보통신용 RF 부품의 기술개발 형태를 고려 할때 중장기적인 계획의 수립과 지속적인 연구개발을 통하여 향후의 정보통신시스템 개발을 선도하기 위한 기반기술의 확보가 절실하다.

참 고 자 료

1. TechWatch, "S/N Enhancer Improves Microwave Reception" JEE, p11, Dec. 1994.
2. 山口正洋 외, "實用化さ 迎えた マイクロ磁気デバイス, 電子材料, pp.28~51, Apr. 1994.
3. 白江公輔, "マイクロ磁気の特徴と應用", 電子材料, pp. 110~115, Dec. 1991.
4. 藪野光, "薄膜磁心材料の測定と損失", 電子材料, pp. 189~193, Jan. 1992.
5. 濱川佳弘, "軟磁性薄膜の高周波磁化舉動", 電子材料, pp. 117~123, Feb. 1992.
6. 松木英敏, "クロスインダクタ, クロストランス, チップインダクタ", 電子材料, pp. 146~149, Mar. 1992.
7. 山泥清人, "積層マイクロ磁心", 電子材料, pp. 170~174, Apr. 1992.
8. 佐橋政司 외, "小電力電源用平面インダクタ", 電子材料, pp. 155~159, Jun. 1992.
9. 十本浩章, "薄膜インダクタ, トランスの設計の基礎的指針", 電子材料, pp. 108~113, Jul. 1992.
10. 山口正洋, "薄膜インダクタの現状", 電子材料, pp.112~118, Aug. 1992.
11. 谷利明内, "薄膜トランス", 電子材料, pp. 112~116, Sep. 1992.
12. 荒井賢一, "マイクロ磁心デバイスの長來展望", 電子材料, pp. 110~113, Dec. 1992.
13. 山口正洋 외, "磁性薄膜インダクタの諸特性と その應用分野", 신학기보, pp. 41~48, MW91-114, 1991.
14. Youhei Ishikawa, et. al., "Magnetostatic Wave Filters", MWE'92 Microwave Workshop Digest, pp.253~258, 1992.
15. Y. Okamura, A.Senoh, S.Yamamoto, "Characteristics of Magneto-Static Surface Wave Propagation in Layered Ferrimagnetic Structure with a Slightly Absorptive Superstrate" IEEE Trans. On Magnetics pp. 3449~3451, Vol. 31, No. 6, 1995
16. T.Kuki, T.Nomoto, "A Reflection type of MSW Signal-to-Noise Enhancer in the 400MHz Band" IEEE MTT-S Diges, pp. 111~114, 1995



이 상 석

-
- 1975년 3월~1982년 2월 : 충북대학교 공과대학 전기공학과 공학사(전기공학)
 - 1982년 3월~1984년 2월 : 충북대학교 대학원 공학석사(전기전자 재료)
 - 1985년 9월~1989년 8월 : 광운대학교 대학원 공학박사(전기전자재료)
 - 1989년 8월~현재 : 한국전자통신연구소 통신부품 연구실 책임연구원