

고온 초전도 안테나에 대한 소고

A study on the High Tc Superconducting Antenna

박성진, 한병성
전북대학교 공과대학 전기공학과

1. 개요

안테나는 송신기에서 보내져 오는 전력(고주파 에너지)을 전파에너지로 바꾸어 공간에 방사하며 또한 전파의 에너지를 흡수하여 전력으로 바꾸고 그것을 수신기에 공급하는 일종의 에너지 변환장치라고 할 수 있다.

통신시스템이나 레이더 및 우주항공분야에 널리 이용되고 있는 안테나는 근본적인 제한으로 인하여 개발하는데 많은 어려움이 따르고 있다. 무선전파나 인공위성을 이용한 통신수요의 대중화에 따른 안테나의 수요가 급증하는 추세에 있으나, 현재 상용되고 있는 안테나는 일반도체를 주 재료로 사용하기 때문에 효율, 크기, 지향성 및 이득등에서 기술개발의 한계를 보여주고 있는 바 고주파 영역에서 높은 효율과 지향성이 개선된 초전도 안테나의 개발은 정보통신분야의 핵심과제라 할 수 있다.

최근 미국, 일본등 선진국에서는 차세대 정보통신의 핵심분야로써 초전도 박막형 안테나 기술을 개발하고 심지어 실용화 방안을 모색하고 자 많은 연구를 수행하고 있을 뿐만 아니라 부분적으로 예비실험결과를 발표하고 있는데 이 개발은 시사하는 바가 크다. 박막형 초전도 안테나의 주요 장점은 일반 안테나에 비해 표면저항이 매우 작으며^[1] 고주파영역에서 주파수의 영향을 받지 않고 전파신호를 전송할 수 있으며 표면공진에 의한 자장밀도의 증가로 안테나 시스템의 저항을 크게 억제할 수 있다^[2].

또한 외부전계에 의한 손실을 줄이고 마이너스 효과에 의한 전자기장 차폐가 가능하므로 초전도 양자간섭계(SQUID)등과 같은 능동소자에 첨부시켜 사용함으로써 감도를 향상시킬 수 있으며, 외부장(external field)의 변화를 거의 무시할 수 있으므로 고온초전도체 특성을 이용한 소형, 경량 및 고효율의 지향성 안테나를 제작할 수 있다. 특히 고주파 신호처리에서 초전도체의 극저 분산과 매우 적은 표면저항은 손실감소와 넓은 대역폭을 실현 가능케 한다.

또한 저온초전도체의 냉각과정에서 문제시되고 있는 고가인 액체헬륨을 사용해야 하는 단점은 고온초전도체재료의 개발로 액체질소 냉각이 가능해짐에 따라 비용절감은 물론 고이득, 고지향성 및 저손실의 고온 초전도 박막형 안

테나 제작이 가능하게 되었다^[3].

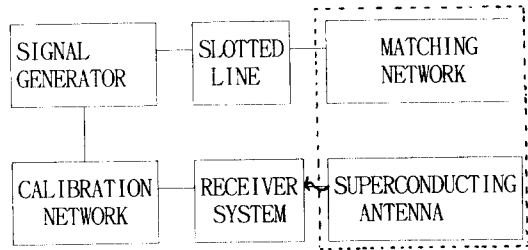


그림 1. 안테나 기본 시스템

2. 초전도 안테나 특성

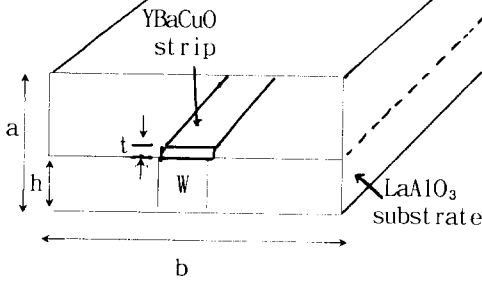
일반 소형 안테나의 경우 방사저항이 안테나의 손실저항보다 적기 때문에 primary drawback이 매우 비효율적이며, 안테나는 외부장에 의해 좌우됨에 따라 자유공간파장(free space wavelength)에 의하여 그 크기가 결정된다는 단점이 있다^[4].

YBaCuO 초전도 박막은 보통 LaAlO₃, LaGaO₃, SrTiO₃, MgO 등의 기판위에 Y, Cu, BaF₂ 등의 타겟을 스퍼터함으로써 만들어 지는데 기판의 양면에 증착이 이루어 지도록 한다. 한편 그림 2에서와 같이 LaAlO₃ 기판위에 얇게 증착된 YBaCuO계 고온 초전도체 박막배선은 극초단파와 밀리미터 파장에서 손실이 적기때문에 고주파 수동소자에 적합하게 사용되어질 수 있다. 또한 기판재료의 유전상수값도 초전도회로에 이용되는 다른 재료에 비교하여 상대적으로 낮은 편이다. 기판으로 사용되는 또 다른 MgO는 마이크로파 회로설계에 이상적이긴 하지만 격자가 잘 일치하지 않고 일정 조건하에서만 YBaCuO계 초전도체가 상장하는 단점을 가지고 있다. 그러나 LaAlO₃는 YBaCuO계 초전도체를 잘 받아들이기 때문에 현재 많이 사용되고 있다. LaAlO₃의 유전율은 20GHz에서 약 20정도의 값을 갖으며 유전체손실은 다음 식으로써 생각할 수 있다.

$$\epsilon = \epsilon_r (1 - j \tan \delta)$$

이식에서 유전율의 허수부분은 0.2(20K)부터

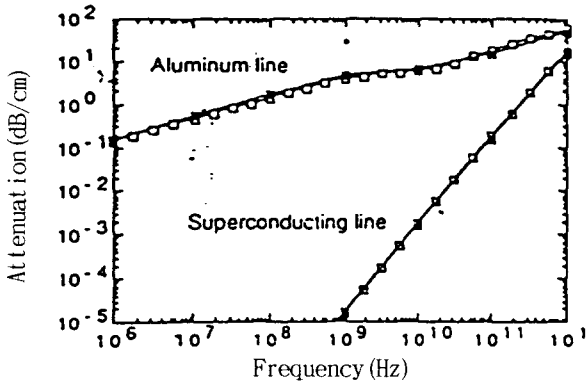
1. 1(150K)까지 온도에 따라 다양한 값을 갖는다.



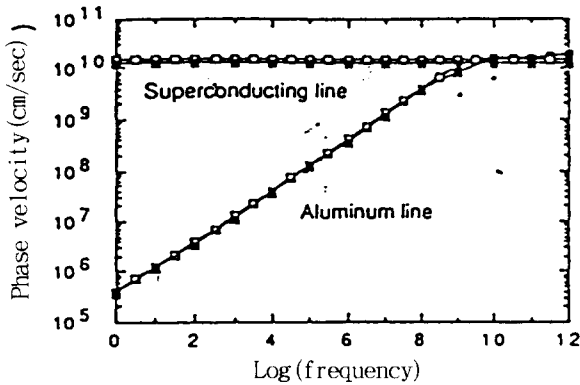
(W:선폭 t:두께 h:높이)

그림 2. LaAlO₃기판위에 증착된 YBaCuO계 초전도 배선

그림 3은 일반도체와 초전도 strip line의 감쇠와 위상속도를 비교한 것인데 알루미늄선에 비해서 초전도선의 감쇠 및 위상속도특성이 훨씬 좋게 나타남을 알 수 있다^[5].



(a)



(b)

그림 3. 일반도체와 초전도체의 전파정수 특성 (a) 감쇠특성 (b) 위상속도특성

안테나에서의 지향성은 원소부품들이 반파장 내에 존재할 때인데 초이득을 낼 수 있는 초지향성 안테나에서 지향성이 증가하면 Q(공진

침예도)값의 증가로 초지향성 배열에는 매우 좁은 대역폭을 사용해야만 하는 한계점이 있다 그러므로 안테나, 배열용 정합회로, 급전점 회로망에 적용되는 냉각시스템과 효과적인 발열 방사 효과적인 시스템이 요구되고 있다.

3. 전망

차세대의 정보통신용 부품은 세계적으로 고밀도화, 집적화, 소형, 경량화 및 고속화로 나가는 추세에 있으므로 핵심무선 기술의 한 분야인 안테나도 통신효율의 증대를 꾀하면서 소형, 경량화될 전망이다. 따라서 수 GHz 이상에서는 효율과 대역폭을 고려한 ground-based, shipboard, space-borne 안테나 및 공간안테나가 이용될 전망이며 이에 고온 초전도 안테나가 가장 유력하게 대두되고 있다. 그리고 고온 초전도 박막형 안테나 제작에 수반되는 유전체 재료는 유전상수가 크지만 유전손실은 매우 작은 단결정이 사용될 것이며 TlBaCuO, YBaCuO 계 고온 초전도체가 급속보다 더 큰 가능성을 보일 전망이다. 전술한 것처럼 지향성이 높은 어레이 안테나, mm파 어레이 안테나를 구현하기 위해서는 박막의 표면저항이 매우 적어야 하므로 10 GHz 이상에서도 특성이 우수한 박막형 안테나의 개발에는 고온 초전도 박막이 필수적으로 사용될 전망이다.

한편 선진국의 경우 아직은 고온 초전도 안테나가 실용화 되지 않았고 예비시험 단계이므로 기술도입은 거의 불가능하다. 그러므로 앞으로의 국내 수요와 시장을 예측할 때 반드시 이 분야의 개발 연구는 수행되어야만 하겠으며 정보통신 산업의 신장세를 고려할 때 경제성은 매우 높다고 할 수 있다.

세계적으로 고온 초전도박막제조기술은 전자 산업에 응용할 수 있을 정도로 완전히 확립된 단계에 이르지 않았기 때문에 구체적인 시스템의 설계 및 고주파 특성평가도 요구되고 있다.

4. 맺음말

현재 고온 초전도 응용에서 실용화가 높은 분야의 하나로 인식되고 있는 고온 초전도 안테나는 단지 연구개발방안만 제시된 기초단계로서 구체적인 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 더우기 기존의 기술로도 해결할 수 없는 일반 안테나의 몇가지 문제점 때문에 기술개발에 어려움이 있다. 정보산업의 급속한 발달과 함께 각종 정보가 범람하고, 신속한 통신을 위한 첨단 통신 장비의 사용도 빈번해지므로 우리가 쓸 수 있는 주파수의 영역은 제한을 받게 되고, 특히 이동통신 장비의 경우 전파특성 및 안테나크기등에 의하여 가용주파수의 제한은 더욱 심각해질 수 밖에 없다. 따라서 이러한 제약조건들을 극복하고 안테나의 소형화, 경량화, 고효율화 및 잡음대 신호비(S/N비)를 개선하기 위해서는 고온 초전도체의 이용이 절실히 요구된다. 또한 양질의 고온 초전도 박막이 이

용한 우수한 박막형 안테나 개발은 차세대 정보통신의 핵심기술로 자리 잡아갈 것이 분명하므로 이 분야에 참여함으로써 높아갈 가는 선진국의 고온초전도 기술 장벽에 대처할 수 있을 뿐만 아니라 고온 초전도체 안테나 개발과정에서 나타나는 수동소자의 개발 파급효과는 국내의 초전도 기술 산업에 커다란 영향을 미칠 것이다.

참고문헌

1. T. E. V. Deventer, P. B. KATCHI, J. Y. Josefowicz D. B. Rensch, "submitted for publication"

in the IEEE TRANSACTION MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES", October 1990.

2. E. B. Ekholm, S. W. McKnight, "IEEE TRANSACTION MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES", Vol. 38, No. 4, April 1990.

3. G. B. Walker, C. R. Haden, "Journal of Applied Physics" Vol. 40, No. 5, April 1969.

4. H. Y. Lee, T. Itoh, "IEEE TRANSACTION MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES", Vol. 37, No. 12 December 1989.

5. O. R. Baiocchi, K. S. Kong, H. Ling, T. Itoh, "IEEE MICROWAVE AND GUIDED WAVE LETTERS" Vol. 1, No. 1, January 1991.

著者紹介



박성진

1964년 10월 11일생. 1990년 전북대학교 공대 전기공학과 졸업. 1992년 전북대학교 대학원 전기공학과 석사. 1992년~현재 전북대학교 대학원 전기공학과 박사과정 재학중. 주 관심분야는 반도체 및 초전도체 등임



한병성

1951년 12월 22일생. 1975년 전북대학교 공대 전기공학과 졸업. 1981년 전북대학 대학원 전기공학과 석사. 1988년 프랑스 Louis Pasteur대학 박사. 1988년 프랑스 CNRS(프랑스 국립과학연구소) 연구원. 1991년 IBM T. J. Watson Research Center 객원연구원. 1989~현재 전북대학교 전기공학과 부교수. 주 관심분야는 반도체 및 초전도체 등임.