

YBCO 박막형 초전도 한류기에 적용 가능한 전류리드 제작방안

박권배, 강종성, 이방욱, 오일성, 김혜림*, 현옥배*
LG산전 전력연구소, * 한전 전력연구원

A Device of Current Lead for Fault Current Limiter of YBCO Film

K. B. Park, J. S. Kang, B. W. Lee, I. S. Oh, H. R. Kim, O. B. Hyun
R&D Research Center LG Industrial Systems, KEPRI

kbparkd@lgis.com

Abstract - In this paper, we propose non-soldered current lead was introduced which has low contact resistivity for fault current limiters of YBCO film. Carbon/Cu has good thermal conductivity, electrical conductivity and chemically stable, and so forth. Therefore it seems to be suitable material of current lead for current limiters of YBCO film. We have investigated electric field-current in field of 0-130 mT and quench characteristics of a YBCO film. Experimental results show that characteristics of transport is all right using Carbon/Cu-current lead.

1. 서 론

오늘날 전력계통에 사고전류가 급증하게 되면서 차단기의 차단내력을 초과하는 있는 실정이며, 그의 대안으로 초전도 한류기 개발을 통하여 기존의 차단기의 용량 증대에 따른 비용절감에 큰 도움이 될 것으로 기대된다. 현재 개발 중인 초전도 한류기에는 크게 저항형과 유도형 한류기로 분류되는데, 배전급에서는 Bi-2223 벌크 및 YBCO 박막 등을 이용한 저항형 한류기 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 특히, YBCO 박막형 한류기인 경우에 200 nm 두께의 Au층 위에 전류리드를 부착하는 것이 해결되어야 할 중요한 기술 중에 하나이다. 현재, 전류리드 부착을 위해서 용융점이 60~70 °C로 비교적 낮은 땀납재료를 사용하여, 전류리드를 부착하여 사용하고 있다. 그러나, 200 nm의 두께의 Au층에 접합시키는 것이 어려울 뿐 아니라, 결속력이 크지 않아 액체질소 냉각시 열 충격에 의해 쉽게 떨어진다. 또한 습도가 높은 여름철인 경우는 더욱 결속력이 떨어진다. 또한 땀납부위에서 열이 가해지기 때문에 그 영역에서 YBCO 성분중 산소가 증발되기에 열화가 불가피하다. 앞으로 한류기의 상용화를 기대한다면, 이와 같은 문제를 해결할 수 있는 전류리드 부착 기술을 확보하는 것이 매우 중요할 것으로 판단된다. 이와 같은 맥락에서

땀납하지 않고 Bi-2223의 정확한 임계전류측정을 위해서 인듐(In) 전류리드를 사용하는 경우도 문헌 [1]에 보고 되고 있다.

본 연구에서는 땀납하지 않고 기계적인 접합력으로 Au박막 층에 손상을 주지 않고, 접촉저항을 높이며, YBCO 박막형 한류소자에 안정적인 전류리드 소재로 Carbon/Cu 합금을 쓰는 방안에 대해서 실험, 조사하였다.

2. 실험샘플

본 연구에서 YBCO 박막형 한류소자에 적용 가능한 전류리드 제작에 사용된 재료로는 카본(Carbon)에 구리(Cu)가 다량으로 함유된 합금 물질을 사용하였으며, 그림 1은 Carbon/Cu 전류리드가 장착된 한류소자에 대한 개략도이다.

YBCO 박막형 한류소자의 전류리드용으로 사용하기 위해서 갖추어야 할 특징은 전기 전도도가 좋고, 열전도도가 높아야 한다. 또한 화학적으로 안정하고, 온도에 따라서 변형이 적은 재료를 사용하는 것이 중요하다. 이와 같은 조건을 고려해볼 때, 카본이 적합한 재료로 여겨지며, 합금 재료로 구리나 은(Ag)를 적당량 함유시켜, 열 전도도와 전기 전도도를 향상시킬 수 있다.

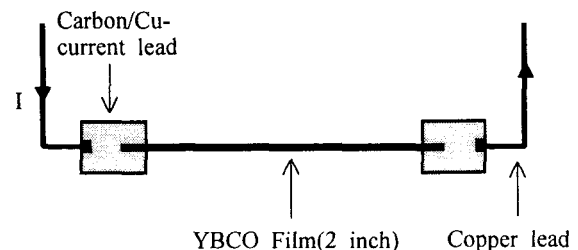


Fig. 1. A schmetic of non-soldered YBCO film contact set-up for fault current limiter.

본 실험에 사용된 전류리드의 크기는 15 mm × 10 mm × 5 mm이며, 깊이는 3 mm, 폭은 0.5 mm로 홈 가공하여 한 쌍을 제작하였다. 여기서,

YBCO 박막형 한류소자의 총 두께는 0.5 mm +0.5 μ m이다. 한류소자와 전류리드의 부착은 한류소자를 기계적으로 홈에 삽입하는 방식으로, 상온에서 카본은 높은 탄성계수를 갖기 때문에 Au층의 손상 없이 홈에 삽입하는 것이 가능하다.

본 연구에서는 YBCO 박막형 한류기에 적용 가능한 전류리드의 성능시험을 위하여 수직 자기장하에서 전계-전류 측정용 통전시험 및 인가전압이 300 V_{rms}, 5 주기의 단락전류를 통전시킨 경우에 대하여 Carbon/Cu 소재의 전류리드 적용 가능성에 대하여 조사하였다.

3. 실험결과

그림 2는 YBCO 박막형 한류소자에 Carbon/Cu 전류리드를 사용하여 실시한 통전시험 중 하나로, 0-130 mT 범위의 수직 자기장을 인가한 경우에 YBCO 박막의 임계전류를 측정된 결과이다. 직류전원으로는 HP사의 전원을 사용하였으며, 전압계로는 Keithley사의 nano voltmeter를 사용하였다. 87 K에서 YBCO 박막의 임계전류밀도는 3 MA/cm²이고 직경 2 인치 내에서 ± 5 %로 균일하다. 그림 2에서 알 수 있듯이 YBCO 박막은 수직 자기장이 130 mT이 인가된 경우에 I_{c0}(B=0)의 70 % 정도의 대단히 큰 폭으로 감소하였다. 일반적으로 고온 초전도 재료인 YBCO나 BISCCO는 수평방향의 자기장보다도 수직 방향의 자기장에서 보다 큰 임계전류의 감소를 보이는 것으로 알려져 있다. 또한 BISCCO 고온초전도체인 경우가 자기장에 가장 취약한 것으로 알려져 있다.

그림 3은 문헌 [2]의 시험회로에서 300 V_{rms}를 인가한 경우, 단락사고를 일으켰을 때 전압 및 전류 파형을 나타낸 것이다. 일반적으로 2인치 한류소자 1개의 정격전압은 220 V_{rms} 정도이며, 300 V_{rms}를 인가한 것은 가장 열악한 상태에서 전류리드의 성능을 보기 위한 것이다. 그 결과는 Fig.3과 같이 전류리드의 소손없이 전류를 통전시킬 수 있었다. 또한, 한류소자가 퀵치시 버블(bubble) 발생 부위를 유관으로 관찰해 보았을 때 한류소자 내에서 주로 발생하였으며, 전류리드에서는 보다 작은 버블만이 발생하였다. 이는 전류리의 접촉부에서 열 발생이 크지 않은 것으로, 전류리드와 Au층에서 접촉저항이 양호한 것으로 사료된다.

본 연구에 사용된 전류리드 재료는 Carbon/Cu가 대략 70 % 정도 함유되어 있는 합금재료이다. 향후 전기 전도도 및 열 전도도 등을 고려한 Cu의 함양 조절 및 Ag 합금을 통한 특성연구를 통해 적절한 재료를 선정하여 보다 안정적인 전류리드 제작 노력이 필요할 것으로 판단된다.

3. 결 론

본 연구에서는 YBCO 박막형 한류소자에 적용

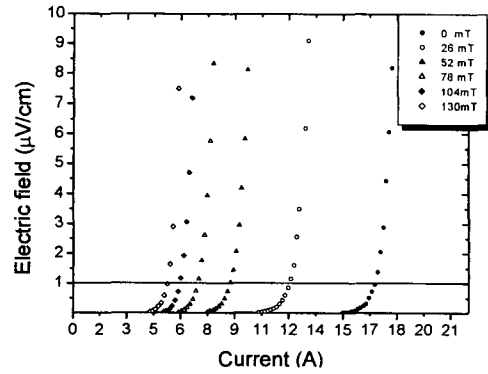


Fig. 2. Electrical field vs. current in applied magnetic fields of 0-130mT.

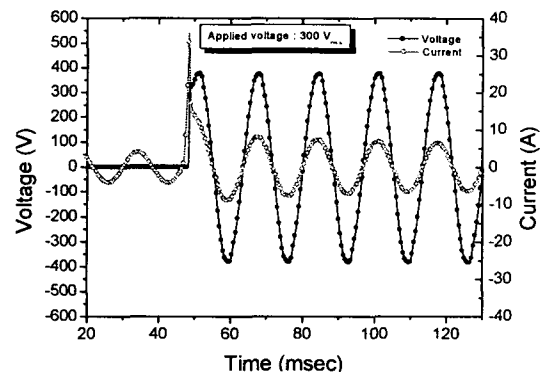


Fig. 3. Voltage vs. time at 300 V_{rms}.

가능한 전류리드의 제작 방안에 대하여 연구하였으며, 상용화를 위해서는 뺨납하지 않는 방식으로 보다 편리하며, 안정적인 전류리드 개발이 필요하다고 판단된다.

본 실험에 사용된 Carbon/Cu 전류리드 재료는 초전도체의 기초특성에 활용되는 임계전류 측정 및 한류특성 실험에서 양호한 통전특성을 보임으로써, YBCO 박막형 한류소자의 전류리드로서 적용 가능할 것으로 사료된다.

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] P. Kovac, T. Melisec and I. Husek "Transport I_c measurement technique with non-soldered contacts for Ag-sheathed high T_c superconductors", Cryogenics, pp.177-178, 1997.
- [2] 박권배, 최효상 외 "YBCO 박막형 한류소자의 외부자기장에 대한 퀵치 의존성", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2001.