

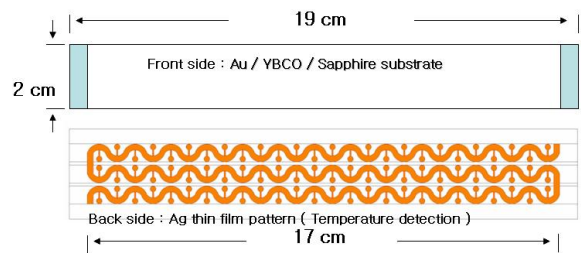
Stripe형 Au/YBCO 초전도 박막의 한류 시 퀘칭 거동 및 온도 변화

임성우*, 권나영**, 오성용*, 김혜림*, 현옥배*, 이해근**
 한전전력연구원 전력기술연구소*, 고려대학교 신소재공학부**

Quench behavior and temperature variation during current limitation of Stripe type Au/YBCO element

Seong-Woo Yim*, Na-Young Kwon**, Sung-Young Oh*, Hye-Rim Kim*, Ok-Bae Hyun*, Hae-Guen Lee**
 Korea Electric Power Research Institute*, Korea University**

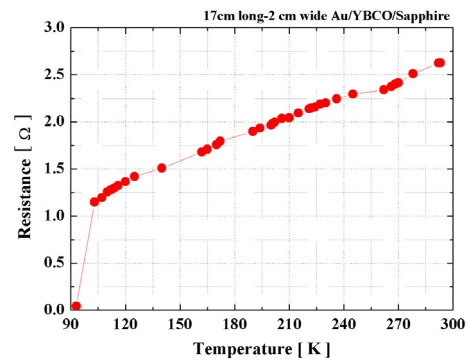
Abstract - 초전도 한류 소자의 퀘칭 특성은 인가 전압의 크기와 시간에 의존한다. 본 연구에서는 사파이어 기판 위에 박막 형태로 증착된 Au/YBCO의 퀘칭 거동을 조사하기 위하여 임의 시간의 고장전류를 인가하고 이 때 발생하는 온도를 검출하여 그 특성을 조사하였다. 시험에 사용된 한류소자는 Au/YBCO/사파이어 기판으로 구성되었으며, 길이 19 cm, 폭 2 cm의 stripe 형태를 갖는 초전도 박막이었다. 임계전류는 200 A이며 6 주기 동안의 전압 인가에 대하여 6 V/cm (상승온도 250 K 기준)의 정격전압을 보였다. 이러한 특성을 갖는 한류소자의 한류 시 온도 증가를 조사하기 위하여 한류소자의 뒷면에는 은 박막을 적절한 패턴으로 증착하여 온도 센서로 사용하였으며, 이를 통하여 퀘칭 거동을 파악하고자 하였다. 실험 결과, 한류 소자 양단에 250 V의 전압을 인가하고 2 ms 동안 사고 전류를 인가하였을 때, 초전도 박막의 온도는 154 K까지 증가하였으며 다시 초전도성을 회복하기까지의 시간은 약 420 ms가 소요됨을 확인할 수 있었다.



〈그림 1〉 Au/YBCO (앞면) 및 Ag 패턴 (뒷면)

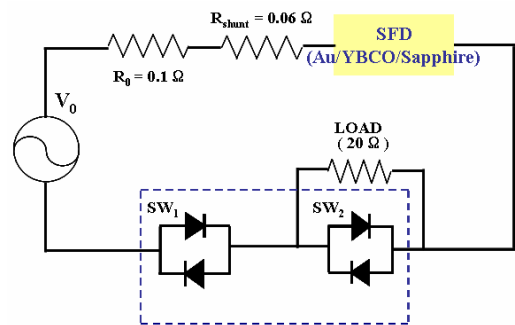
1. 서 론

초전도체의 급격한 상변화 특성을 이용한 저항형 초전도 한류기 외에도 최근 다양한 형태의 초전도 한류기가 개발되고 있다. 초전도체는 우수한 한류 특성을 보임에도 불구하고 다루기가 쉽지 않아 제작의 어려움이 따르고 제작 단가 또한 여전히 높아 향후 실 기기 제작으로 고려할 때, 최적의 설계가 요구된다고 할 수 있다. 또한 냉각 운용을 고려할 때, 초전도체의 부피는 기기의 효율과 직접적으로 연관된다. 따라서 초전도체의 재료적 특성 향상 뿐 만 아니라 이를 효율적으로 사용하기 위한 최적 설계와 더불어 임계특성, 한류 특성 등 퀘칭 거동에 대한 정확한 파악 역시 매우 중요하다고 할 수 있다.



〈그림 2〉 Au/YBCO 박막의 온도-저항 변화

한류 소자의 퀘칭 특성은 소자의 임계 전류와 온도 등의 임계 특성, n 지수 그리고 설계 형상 등에 따라 결정된다. 특히, 이러한 퀘칭 특성은 한류 소자의 성능을 좌우할 수 있는 전압 등급 등과도 밀접한 관련이 있으므로 기기 제작에 앞서 이들 조건에 대한 정확한 특성 파악이 매우 중요하다.



〈그림 3〉 단락 사고 시험 회로

2. 실험 방법

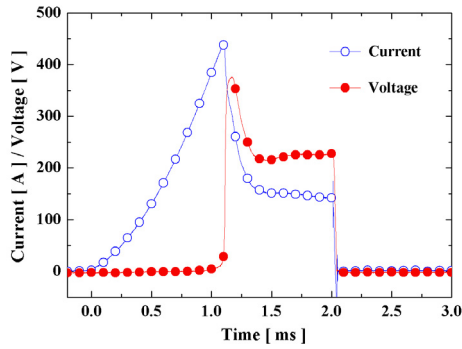
2.1 한류소자 제작

시험에 사용된 한류소자는 사파이어 기판 위에 증착된 Au/YBCO 초전도 박막으로써 그림 1(상)에 제시된 바와 같이 19 cm * 2 cm의 stripe 형태로 제작되었다. 초전도 박막의 임계전류는 200 A, 임계온도는 90 K이며, 양단의 각 1 cm 부분에는 전류 인가를 위한 접촉부로 사용되었다. 한편, 한류소자의 퀘칭 거동 조사를 위해 박막 뒷면에는 은 박막을 증착하여 온도센서로 사용하였다. 그림 1(하)와 같은 패턴으로 제작되어 부분 퀘칭에 의한 박막의 온도 변화를 측정하고자 하였다. Au/YBCO 박막의 온도변화에 따른 저항변화는 그림 2에 제시된 바와 같이 측정되었다. 반면, 박막 뒷면에 위치한 Ag 박막 패턴 경우, 전체 저항은 상온(294 K)에서 24 Ω, 77 K에서 * Ω로 나타났으며, 상온과 77

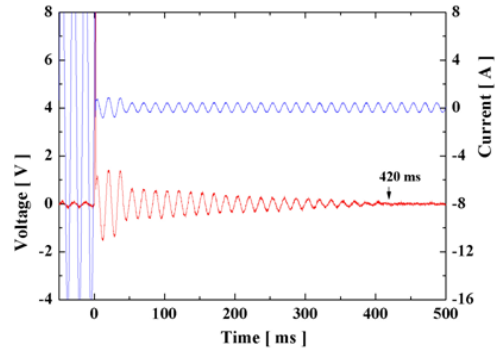
K 구간에서는 온도 변화에 따라 Ag 박막의 저항이 선형적으로 변화한다고 가정하여 시험 결과를 분석하였다.

2.2 한류 특성 조사

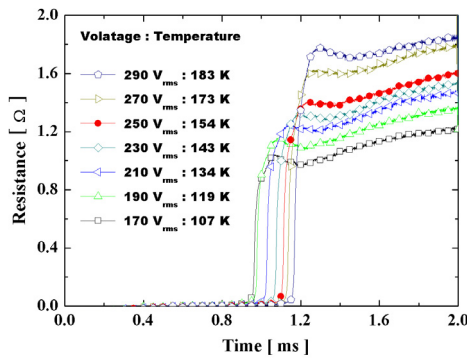
그림 2와 같은 단락사고 시험회로를 구성하여 준비한 한류소자에 다양한 크기와 시간의 사고 전류를 인가하여 이 때 발생하는 전압-전류를 검출하고 퀘칭 거동을 분석하였다. 특히, 그림 2의 SW1과 SW2를 제어하여 2 ms 내외의 단시간 사고 전류 인가의 경우에 대한 퀘칭 특성을 조사하였다.



〈그림 4〉 한류 동작 중 전압-전류 특성 (250 V_{rms}, 2 ms 인가)



〈그림 6〉 250 V_{rms}, 2 ms 인가 시 퀘치 종료 후 초전도성 회복 시간



〈그림 5〉 인가 전압에 따른 박막의 온도 변화

한류 동작 중 발생하는 줄열을 검출하기 위해 초전도 박막 뒷면에 위치한 Ag 온도 센서에는 별도의 전원을 통하여 1mA의 직류 전류를 인가하여 온도 변화에 따른 저항변화를 검출하였다. 박막의 부분별 온도 변화를 검출하여 한류 동작 중 부분 퀘치 가능성을 조사하고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 4는 본 시험에 사용된 Au/YBCO 한류소자에 250 V_{rms}의 전압을 인가하고 2 ms 동안 사고 전류를 인가하였을 때, 발생한 전압-전류 특성을 나타내고 있다. 박막의 임계전류가 200 A이므로 사고 전류는 임계전류의 약 2.5배인 450 A에서 한류되기 시작했으며 15 V/cm의 전압이 인가되었음에도 불구하고 안정적으로 동작함을 확인하였다.

이 때 한류 동작 중 발생한 온도 변화를 검출하기 위하여 전압-전류의 관계로부터 저항 변화를 얻었다. 그 결과, 그림 5에 제시된 바와 같이 인가전압이 커질 수록 저항 변화도 꾸준히 증가함을 확인할 수 있었다. 이와 같이 Au/YBCO 박막의 저항변화 결과와 그림 2에 제시된 Au/YBCO 온도-저항 변화를 바탕으로 퀘치 시 온도 변화를 간접적으로 파악하였다. 그림 5는 각 인가 전압의 크기에 따른 저항 변화를 나타내고 있으며, 이로부터 이 때 발생한 온도 변화를 측정할 수 있었다.

그림 6은 그림 4에 제시한 시험 조건과 동일하게 250 V_{rms}의 전압을 인가하고 2 ms 동안 사고 전류를 유지하였을 때, 퀘치 종료 후 다시 초전도성을 회복하기까지 소요되는 시간을 측정한 결과이다. 그림과 같이 약 420 ms가 소요되었음을 알 수 있다. 초전도 한류기 설계 조건에 있어 500 ms 이내의 초전도 회복 시간을 고려할 때, 본 결과는 이와 같은 조건을 충분히 만족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

사파이어 기판 위에 증착된 Au/YBCO 초전도 박막의 한류 특성과 퀘치 거동을 조사하기 위하여 전압 크기와 인가 시간에 따른 저항 및 온도 변화를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 250 V_{rms}의 전압 인가에 대하여 사고 전류를 2 ms 동안 인가한 경우, Au/YBCO 박막의 온도는 약 154 K 까지 증가함을 확인하였다. 더불어 퀘치 종료 후 다시 초전도성을 회복하기 까지 소요되는 시간은 약 420 ms로 측정되었다. 결과로부터 본 한류 소자를 최근 개발되고 있는 하이브리드형 초전도 한류기에 적용할 경우, 초전도체가 담당하는 사고 검출의 역할을 성공적으로 수행할 수 있고 500 ms 이내의 초전도성 회복 시간을 보장할 수 있어 초전도 한류기 설계와 제작에 매우 유용할 것으로 판단된다.

감사의 글

“본 연구는 21세기프론티어 연구개발사업인 차세대초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.”

[참 고 문 헌]

[1] S. -W. Yim, H.-R. Kim, O.-B. Hyun, J. Sim, “Quench and recovery characteristics of Au/YBCO thin film type SFCL”, Physica C, Vol. 463-465, 2007, 1172-1175