

Bi계 은시스산화물초전도체의 쿠엔치전파특성의 온도의존성

김 석범^{*} 아오끼게스케 이시야마아쓰시
와세다대학 이공학연구과 전기공학

Temperature Dependence of Propagation Velocity in a
Silver Sheathed Bi-family Superconducting Oxid Tape

Seok-Beom Kim Keisuke Aoki Atsushi Ishiyama
Department of Electrical Engineering, Waseda University

Abstract

Owing to the discover of oxide superconducting over critical temperature 100K, it is being made experimentally somewhere under the possibility that there is superconducting magnet by cooling liquid nitrogen.

The issues of thermal stability and quench process of Low-Tc superconductor has been studied and used application of oxide superconducting magnets. However the quench propagation property of oxide superconductor, especially experimental data about thermal behavior has not been reported yet. Therefore we measured the effect of temperature dependance of quench propagation velocity, V_q , by using the short samples made up of silver sheathed Bismuth-family (2223phase) superconducting oxide tape.

1. 서론

초전도마그네트의 안정화설계라는것은, 초전도마그네트가설계한대로 안정하게 성능을 발휘할 수 있도록 마그네트내에 발생이 예상되는 외란(外亂)에 대해서 마그네트가 초전도상태로 회복불가능한 상전도전을 일어나게 하지않는것이라고 말할 수 있다. 초전도마그네트에있어서 어느 한곳이 외란에 의해 쿠엔치(Quench)했을경우 발생된 상전도부는 3차원적으로 전파해간다. 이러한 상전도전파속도는 초전도마그네트를 설계하는데 있어서 초전도 본래의 성질을 파악하는것과 쿠엔치에 의한 위험으로부터 보호하기위한 대단히 유효한 파라메타로써 사용된다. 금속계초전도도체의 상전도전파속도는 대단히 빠르며, 상전도전파속도가 빠르다고 하는것은 상전도부의 체적이 급속히 늘어나서 저장된 전자기에너지를 커다란 체적으로 분산시켜서 쿠엔치에 의한 위험을 감소시킨다는것을 의미한다. 금속계초전도도체의 쿠엔치특성에 관해서 현재는 상당부분이 연

구되어져 실제로 초전도마그네트설계에 사용되어지고 있다.

그러나, 임계온도가 100K를 넘는 고온산화물초전도체에 있어서는 액체질소냉각에의한 초전도마그네트의 실현가능성이 기대되어져 여러곳에서 시험제작이 이루어지고 있으나, 쿠엔치한후의 발열,전류분류등에관한 연구결과는 거의 보고되어 있지 않다. 따라서, 이번에 Bi계산화물초전도도체를 사용하여 수치해석등의 기초자료로써 사용되는 고온산화물초전도도체의 쿠엔치후의 열특성,전기특성,온도의존특성등을 파악하기위해 실험을 행하였기에 그 결과에 대해서 보고하고자한다.

일반적으로 상전도(또는,쿠엔치)전파속도 V_q 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_q \propto \frac{1}{C(T)} \sqrt{G(T)}$$

C : 열용량

G : 발열

T : 온도

즉, 쿠엔치전파속도는 온도변수인 발열항의 제곱근에 비례하고, 열용량에 반비례한다. 여기서, 고온에서 사용되는 산화물초전도도체의 열용량은 금속계초전도도체보다 훨씬 크기때문에 산화물초전도도체의 쿠엔치전파속도는 금속계초전도도체보다 훨씬 느리다는것을 예상할 수 있다.

표1. 시료의 제원

항 목	시 료
작 제 법	銀시스法(OPIT)
산 화 물	Bi계(2223相)
폭	0.35 [cm]
길 이	20.0 [cm]
단 면 적	0.0034939 [cm ²]
母 材 比	0.08296

2. 시료

이번실험에는 OPIT법에 의해作製한 Bi계銀시스태이

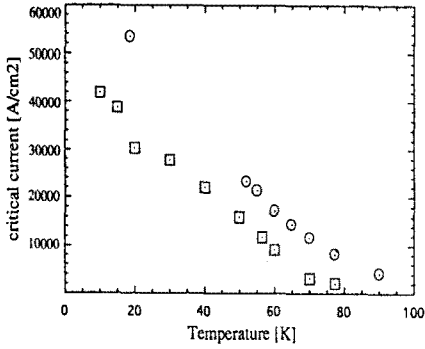


그림2. 작은온도에서의 임계전류밀도

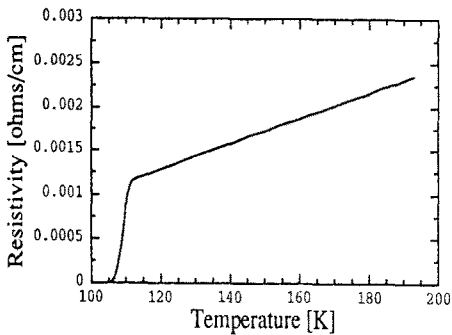


그림1. 임계온도특성

프를 사용하여 측정을 행하였다. 측정된 시료도체의 임계온도는 105K였으며(그림1) 작은온도에서 측정된 임계전류밀도를 그림2에 나타내었다. 표1에는 시료도체의 제원을 나타내었으며, 시료는 전기적특성을 향상시키기 위해서 약 100시간의 열처리를 행하였다.

3. 실험방법

이번실험에 사용한 GM(Gifford-McMahon)냉동기와 실험장치를 그림3에 나타내었다. 이 GM냉동기를 사용함으로써 액체헬륨과 액체질소를 사용하지 않고 10K에서 77K까지 자유롭게 시료의 온도를 조절하는것이 가능하게 되었다. 시료는 GM냉동기에 붙어있는 2nd stage에 두께가 약5mm인 sample holder를 부착한후 sample holder위의 2개의 銅블럭에 전기적으로 연결되어 있다. 銅블럭과 sample holder사이는 전기적으로는 절연이고 열전도는 뛰어나지 않으면 되지않으므로 窒化알루미늄(AIN)을 끼워넣었다. 또한, 온도조절은 각 stage와 sample holder에 부착되어있는 thermofoil heater를 사용하였고, 강제적으로 쿨엔치시키기위한 heater로써는 strain gauge를 사용하였다. 시료에는 10mm간격으로 voltage tap을 부착하였고 각각의 tap 사이에는 thermocouple을 부착하여 쿨엔치전파속도와 열전파속도를 측정했다.

실험의 파라메타로써는 운전온도(시료의초기온도:Top)와 통전전류(I_t)를 사용했다.

4. 결과

그림4에서 그림9에 이번실험에서 얻어진 데이터중의 극히 일부를 나타내었다. 전압탭간의 시간이 조금씩 틀리는것은 탭간거리가 동일하지 않았던것이 원인이었다. 그림4,5,6,7에서 알수있듯이 같은온도(20K)에서는 20A보다 40A일때가 전파속도가 빠르다는것을 알수있다. 그리고, 쿨엔치전파속도보다 열전파속도가 훨씬 빠르다는것을 알수있다. 그것은 외란으로써 넣어진 쿨엔치用heater의 열이 銀의 열전도율에 의해서 전파되었기 때문이라고 생각되어진다.

또한, 40A일때의 발열량이 20A일때보다 크므로 온도가 높다는것을 알수있다. 다음으로 그림6,7,8,9를 보면 20K(I_c:58A)와40K(I_c:42A)에서 각각 부하율이 70%정도로 쿨엔치전파속도(V_q)는 비슷하지만 열전파속도는 40K,30A일때가 늦다는것을 알수있다. 그것은 20K일때보다 40K일때의 銀의열전도율이 낮기때문이라고 생각되어진다. 마찬가지로 40K일때의 열용량이 20K일때의 열용량보다 훨씬 크므로 온도상승율이 20K보다 낮다. 마지막으로 그림10은 작은온도에서의 쿨엔치전파속도를 나타내고있다. 그림에서 알수있듯이 대부분의 V_q는 1[cm/s]에서2[cm/s]사이에서 있다는것이 판명되어져 이번실험결과 시료의 쿨엔치전파속도V_q의 온도의존성은 거의 없다는것이 판명되었다. 그러나 I_c에 가까운 전류를 흘렸을경우에는 V_q가 급격히 2배이상인된다는 것과 급속계초전도도체의 경우보다 10²이나 10³정도 늦다는것이 판명되어졌다. 여기에서 쿨엔치판단은 5[μV] 일때를 채택하였다.

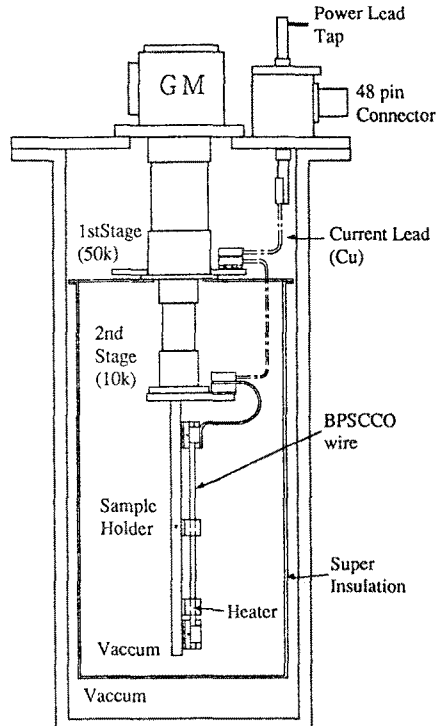


그림3. 실험장치

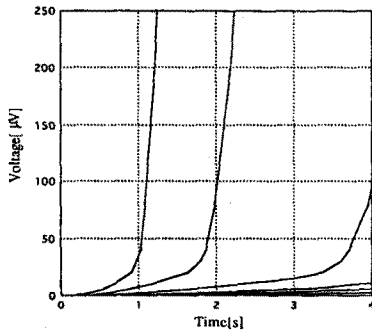


그림4. Time vs.Voltage (20K,20A)

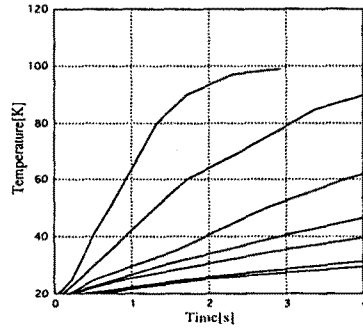


그림5. Time vs. Temperature (20K,20A)

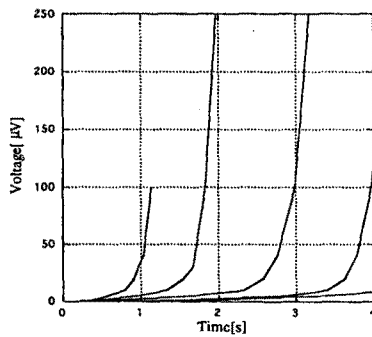


그림6. Time vs. Voltage (20K,40A)

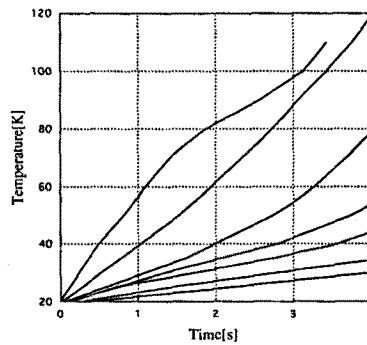


그림7. Time vs. Temperature (20K,40A)

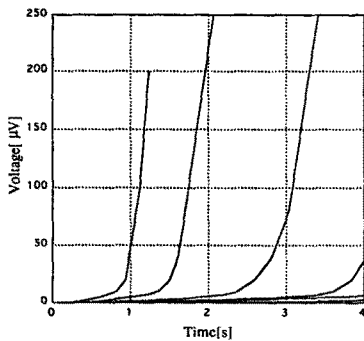


그림8. Time vs. Voltage (40K,30A)

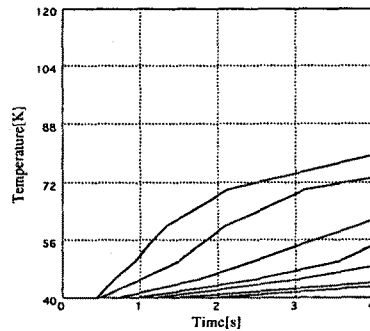


그림9. Time vs. Temperature (40K,30A)

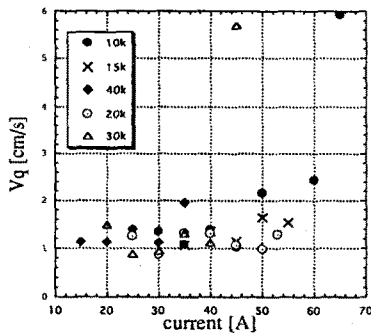


그림10. 각온전온도에서의 쿠엔치전파속도

참고문헌

- [1] Y.Iwasa, "Design and Operational Issues for 77K Superconducting Magnets", IEEE Trans. on Magnetics Vol 24, No2, 1988
- [2] R.H.Belis et al, "Quench Propagation in High-Tc Superconductor", Submitted to Cryogenics(March 9, 1993)