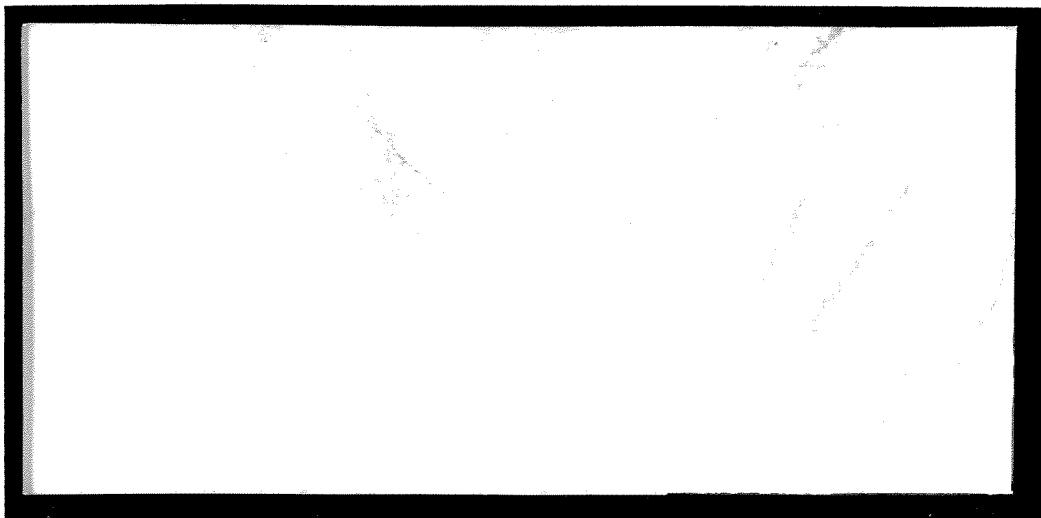


2003-11



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY



Temel Bilimler Araştırma Grubu
Basic Sciences Research Grant Committee

**YÜKSEK SICAKLIK ÜSTÜNİLETKENLERİNDE
VORTEKS YAPILARININ
TARAMALI HALL AYGITI MİKROSKOBU (THAM) İLE
İNCELENMESİ**

PROJE NO : TBAG-1878 (199T105)

Doç. Dr. AHMET ORAL

**AĞUSTOS 2001
ANKARA**

PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Kodu:

TBAG 1878

Proje Başlığı: Yüksek Sıcaklık İst卜niletkenlerde vorteks yapılarının Taramalı Hall Aygıtı Mikroskopu ile incelemesi

Proje Yürüttücsü ve Yardımcı Araştırmacılar:

Doç. Dr. Ahmet Oral
Münir Dede

Projenin Yürüttüğü Kuruluş ve Adresi:

Bilkent Üniversitesi
Tarih Bölümü, 06533 Ankara

Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: Nano Magnetics Instruments Ltd.
17 Croft Rd.
OXFORD, OX3 0JZ, UK.

Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:

- 10/9/2002

Öz: (en çok 70 kelime)

BSCCO tek kristal (2212) ist卜niletkentde ve BSCCO/Garnet
tel ist卜niletkentde vorteks yapıları Taramalı Hall Aygıtı
mikroskopu ile incelemiştir. Ayrıca ola sicalılığında ist卜n
Performans gösteren InSb Hall sensörleri ve Atomik Kurret
mikroskopu ile taramalı hall aygıtları geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Vorteks, Vorteks yapıları, Taramalı Hall
Aygıtı mikroskopu, Yüksek sıcaklık ist卜niletkenler

Projeden Kaynaklanan Yayınlar:

IEEE Transaction on Magnetics, 38(5), 2438-2440 (2002)
Room Temperature Scanning Hall Probe Microscope (RT-SHPM)
Imaging of Garnet Films using New High Performance
InSb Sensors.

Bilim Dalı:

Fizik

Doçentlik B. Dalı Kodu: KATI HAL FİZİĞİ

Projenizin Kesin Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz.

1. Giriş:

Kurumunuzca desteklenmekte olan “**Yüksek sıcaklık üstüniletkenlerinde vorteks yapılarının Taramalı Hall Aygıtı Mikroskopu(THAM) ile incelenmesi**” adlı projemiz biraz gecikme ile de olsa *başarılı* bir şekilde sonuçlandırılmıştır. Kurumuz tarafından projenin 6 ay uzatılması projenin başarısı için çok faydalı olmuştur. Gecikmenin bir kısmı sağlık, bir kısmı da alımlardaki yavaşlık ve öngörülemeyen sorunlar nedeniyle oluşmuştur.

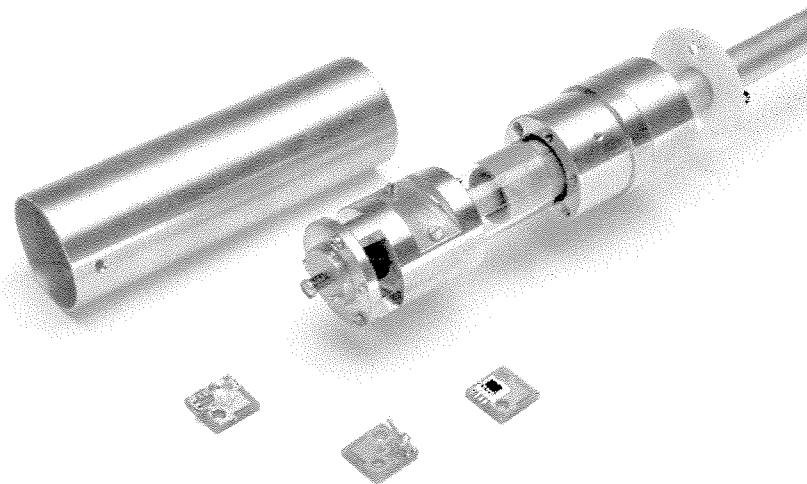
Proje kapsamında şu sonuçlar elde edilmiştir:

- GaAs ve InSb Hall aygıtları başarı ile üretilmiştir.
- GaAs Hall aygıtlarıyla Alçak Sıcaklık Taramalı Hall Aygıtı Mikroskopu (AS-THAM) ile oda sıcaklığında NIST manyetik disk kalibrasyon örneği incelenmiştir.
- 77K'de YBCO ince filimdeki manyetik akı girdapları gözlenmiştir.
- Gümüş zırh içine gömülü BSCCO şeritte manyetik akı girdapları, yöresel manyetizasyonun değişimi incelenmiştir.
- Bath Üniversitesinden Prof. S.J. Bending'in grubu ile yaptığımız ortak çalışmalar çerçevesinde Bath Üniversitesinde imal edilen ucunda Hall aygıtı entegre edilmiş Atomik Kuvvet Mikroskopu(AKM) yayları manyetik ve topografik görüntülemede *laboratuvarımızda* başarı ile denenmiştir.
- BSCCO tek kristaldeki manyetik akı girdapları (vorteksler), bunların hareketi ve girdap kristalinin erimesi incelenmiştir.
- Üretilen InSb Hall aygıtlarının oda sıcaklığında GaAs tabanlı ayıtlara göre 8-10 kat daha iyi performans gösterdiği gösterilmiştir ve oda sıcaklığında başarı ile manyetik demir-garnet örneğin görüntülenmesinde *ilk defa* kullanılmıştır.
- M.Murat Kaval Yüksek Lisans tezini tamamlamıştır.
- Münir Dede'nin de Eylül 2002 tarihinde Yüksek Lisans tezini alması beklenmektedir.
- Aldığımız sonuçların bir kısmı konferanslarda sunulmuş, makale olarak baskiya kabul edilmiş olup, çalışmalarımız derinleştirilerek devam etmektedir.

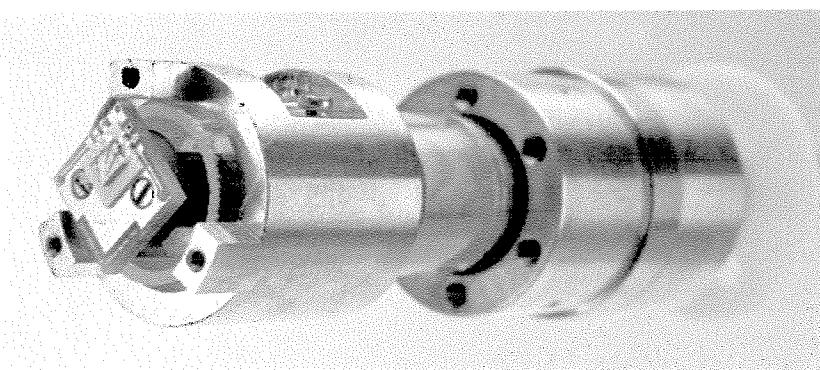
2. Gelişmeler:

Cihaz Temini:

NanoMagnetics Instruments Ltd. şirketinin desteği kapsamında ücretsiz olarak sağlanan **Alçak Sıcaklık Taramalı Hall Aygıtı Mikroskopu(AS-THAM)** sistemi bir süre kullanıldıktan oluşan sorunlar nedeniyle daha yeni model bir AS-THAM ile değiştirilmiştir. Yeni mikroskop çok daha güvenilir olarak çalışmaktadır. Şekil 1-2'de yeni model AS-THAM'ın fotoğrafı görülmektedir.



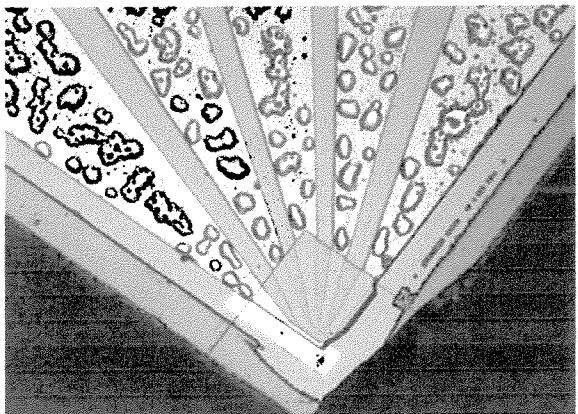
Şekil 1. AS-THAM'nun uzak plan fotoğrafı



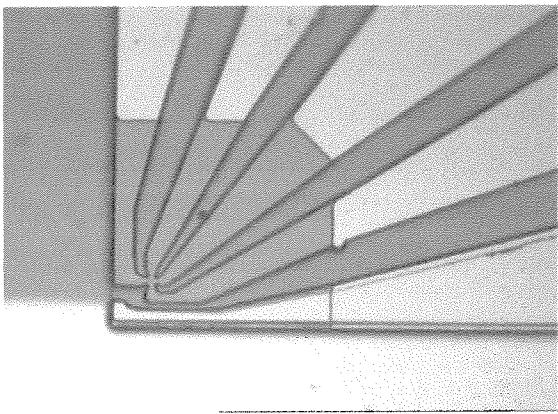
Şekil 2. AS-THAM'nun yakın plan fotoğrafı

Hall Aygıtı yapımı ve Karakterizasyonu:

İsrail'deki Weizmann Institute of Science'dan Dr. Hadas Shtrikman tarafından büyütülen GaAs/GaAlAs 2DEG malzemeden ve Japonya Asahi Kasei firmasından başarılı ortak çalışmalarımız süregelen Doç. Dr. Adarsh Sandhu aracılığıyla sağlanan InSb ince filimleri ile yeni Hall aygıtları üretilmiştir. Şekil 3'de Bilkent Üniversitesinde bu proje kapsamında üretilen çalışmaya hazır GaAs/GaAlAs 2DEG ve InSb Hall aygıtlarının fotoğrafları sunulmuştur. Hall katsayısı 2DEG aygıtlarda $0.3 \Omega/\text{Gauss}$, InSb aygıtlarda ise $0.03 \Omega/\text{Gauss}$ olarak ölçülmüştür. InSb aygıtların seri direnci oda sıcaklığında yaklaşık olarak $2K\Omega$ olup en fazla $100\mu\text{A}$ akım ile çalıştırılmıştır. Bu parametreler 2DEG Hall aygıtlarında sırasıyla $100K\Omega$ ve $3\mu\text{A}$ dir. InSb sensörlerin oda sıcaklığında seri direnci az, maksimum akımları yüksek olduğu için 2DEG sensörlerle göre gürültü performansının yaklaşık olarak 6-10 kat daha iyi olduğu gözlenmiştir. Bu InSb Hall aygıtları dünyada *ilk defa* THAM ile kullanılmak üzere tarafımızdan başarılı bir şekilde üretilmiş ve görüntü alınımıştır.



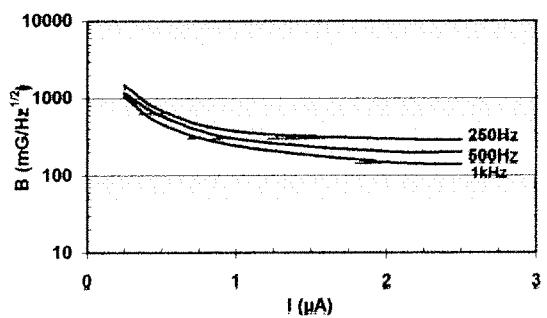
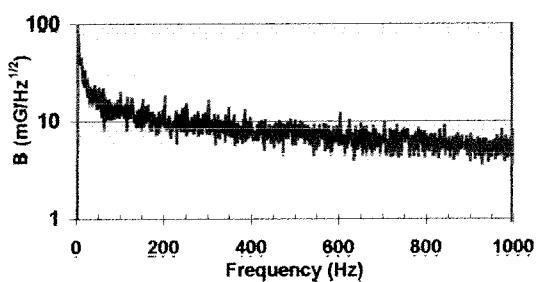
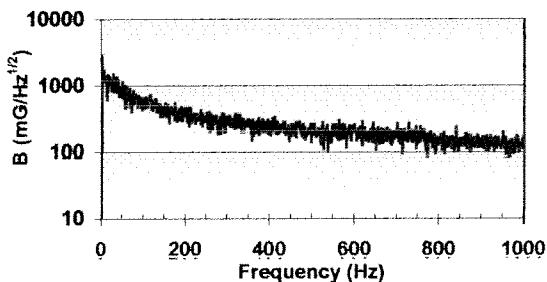
(a)



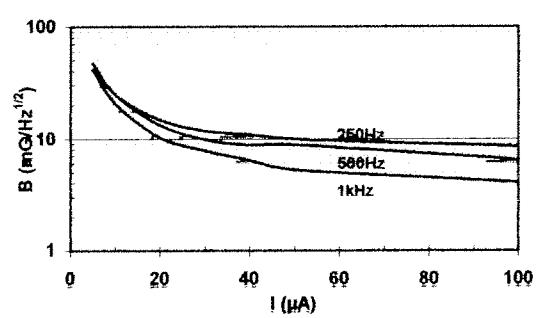
(b)

Şekil 3. (a) GaAs/GaAlAs 2DEG ve (b) InSb ince filim Hall aygıtlarının fotoğrafları

Üretilen GaAs ve InSb Hall aygıtlarının gürültüleri oda sıcaklığında *laboratuvarımızda* ölçülmüştür. Sonuçlar Şekil 4 de sunulmaktadır. GaAs Hall aygıtlarının gürültüsü bizim daha önceden Bath Üniversitesinde elde ettiğimiz Hall aygıtlarından daha fazladır. Bunun nedeni Hall aygıtlarını ürettiğimiz heteroyapıdan kaynaklamaktadır. Benzer sorunlar Dr. H. Shtrikman'ın örnek sağladığı diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiş olduğunu öğrendik. Biz bu gürültünün niceleştirilmesi için de çalışmalarımızı südürecek ve Dr. Shtrikman'ın örneklerindeki gürültünün nereden kaynaklandığını bulmasına da yardımcı olmaya çalışacağız.



(a)



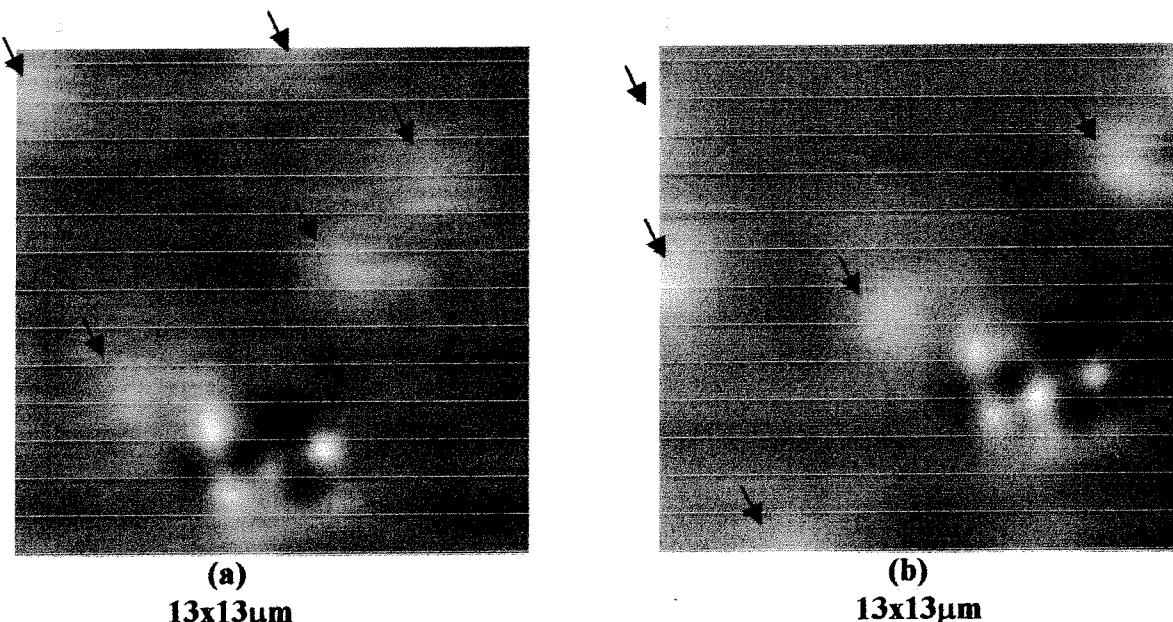
(b)

Şekil 4. (a) GaAs/GaAlAs 2DEG ve (b) InSb ince filim Hall aygıtlarının oda sıcaklığında gürütü ölçümleri.

Düşük Sıcaklık Deneyleri:

YBCO İnce Filimde Tek Aki Girdaplarını Görüntülemesi:

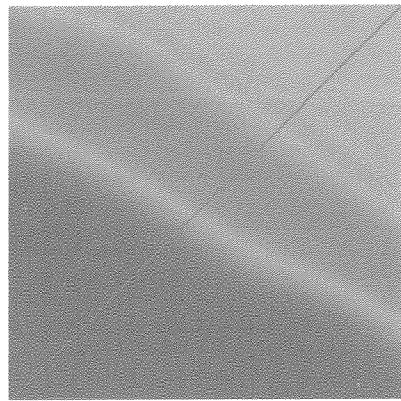
Yeni AS-THAM kullanarak MgO altaş üzerine MBE ile 350nm kalınlığında büyütülen YBCO üstün iletken ince filimde vortekslerin görüntüsü 77K sıcaklığın da elde edilmişdir. Şekil 5'de bu deneyde elde edilen görüntüler sunulmaktadır. Örnek dünyanın manyetik alanı altında 77K'e kadar soğutulmuştur. Vorteksler şekillerde oklarla gösterilmiştir. İki görüntü aynı yörelerde yapılan iki farklı deneye (alan altında soğutmaya, field cooling) karşılık gelmektedir. Görüntülerin alt kısımlarındaki kelebeğe benzeyen yörenler Hall aygıtının Ohmik kontaklarından kopup örnek yüzeyine yapışan Nikel parçacıklarının manyetik domain yapılarını göstermeye olup vortekslerle ilgisi yoktur.



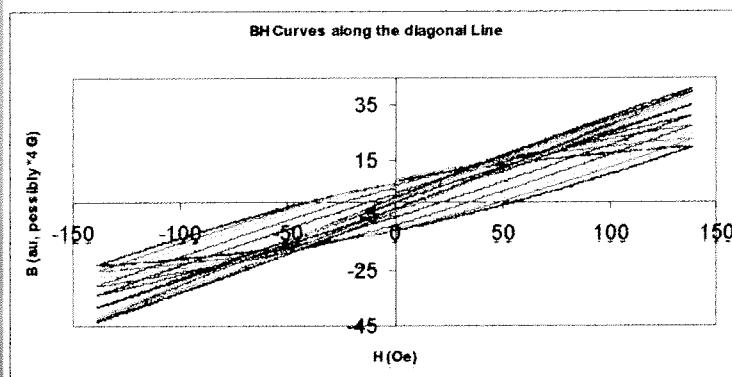
Şekil 5. AS-THAM ile elde edilen YBCO ince filimde girdapların(vortex) görüntüleri

Gümüş Zırh İçine Gömülü BSCCO Şeridin Manyetik Özelliklerinin İncelenmesi:

Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan Wisconsin Üniversitesi'nden Prof. D. Larbalestier'in gurubu ile yaptığımız ortak çalışmalar çerçevesinde, yüksek akım taşıma kapasitesine sahip 110K'de üstün iletken olan gümüş zırh içine yerleştirilmiş bir BSCCO(2223) şeritin manyetik özellikleri ilk defa AS-THAM ile 77K sıcaklığında incelenmiştir. Dikey kesit alınarak hazırlanmış şerite Wisconsin'de Manyeto-Optik Görüntüleme tekniği ile daha önce bakılmıştı. Biz şeridin manyetizasyonunu yöresel olarak ölçerek, şerit-gümüş zırh arası yüzeyinin manyetik özelliklerini kantitatif olarak elde ettik. Ayrıca şeridin manyetik akı tutuşunu da detaylı olarak inceledik. Şekil 6 77K'de BSCCO şerit-Gümüş zırh arayüzeyinin AS-THAM ile alınmış manyetik alan görüntüsünü ile köşegen boyunca ölçülen yöresel B-H eğrileri verilmektedir. Şekildeki mavi bölge gümüş zırh, yeşil ve kırmızı bölge ise BSCCO şerite karşılık gelmektedir. Üstüniletken bölgeye doğru gittikçe manyetik 'histeresis' bekleniği gibi artmaktadır. (Bu kısımdaki bütün bu ölçümlede Hall aygıtının katsayıları yanlış girildiği için dikey eksen 3.3 ile çarpılması gereklidir.)



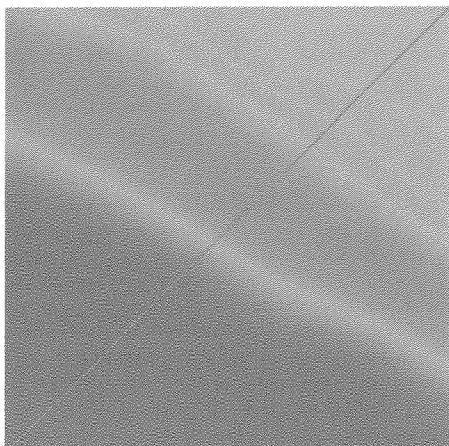
(a)



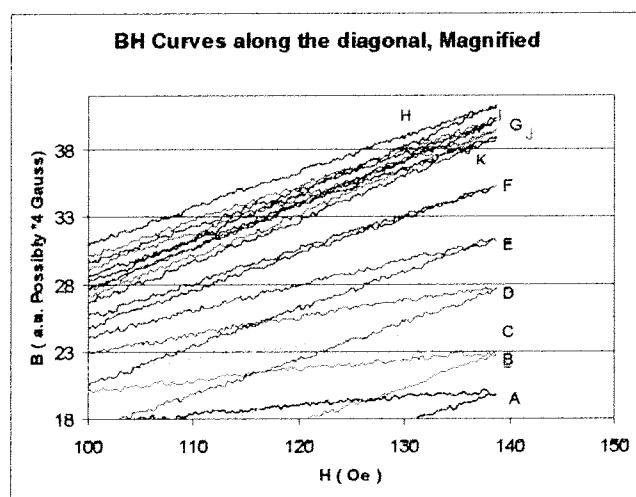
(b)

Şekil 6. (a) 77K'de AS-THAM ile alınmış BSCCO şeritte tuzağa düşmüş manyetik akının görüntüsü, $13 \times 13 \mu\text{m}$ (b) köşegen boyunca eşit aralıklarla alınmış manyetizasyon(B-H) eğrileri. Mavi bölge Gümüş zırh, kırmızı ve yeşil bölge ise BSCCO üstüniletken bölgelerdir.

Şekil 7'de aynı verilerin daha detaylı açılımı, Şekil 8' ise AS-THAM ile alınan manyetik alan görüntüsünün köşegenden kesiti verilmektedir.

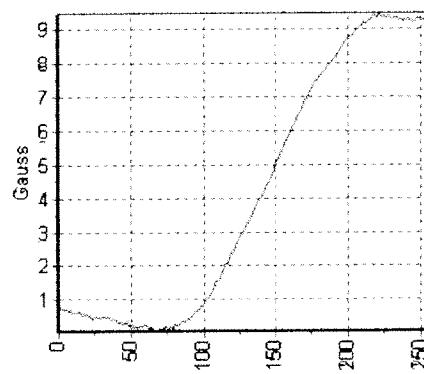


(a)

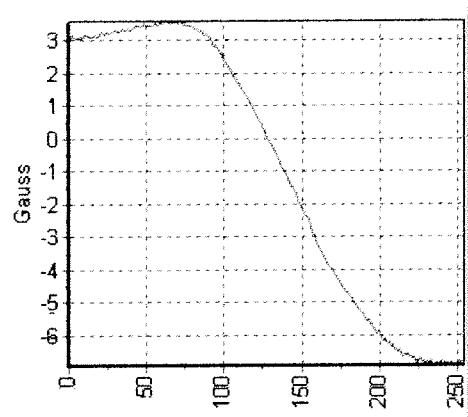
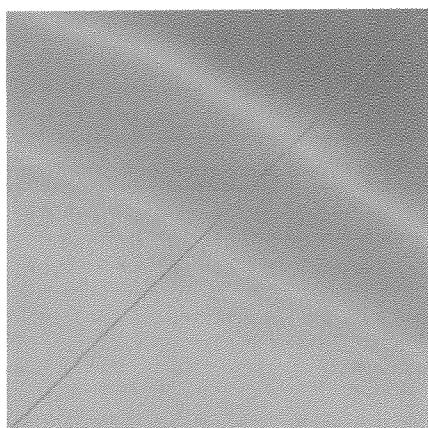


(b)

Şekil 7. Bu şekil Şekil 6'nın aynısı olup detaylı gösterilmiş halidir.(a) 77K'de AS-THAM ile alınmış BSCCO şeritte tuzağa düşmüş manyetik akının görüntüsü, $13 \times 13 \mu\text{m}$ (b) köşegen boyunca eşit aralıklarla alınmış manyetizasyon(B-H) eğrileri. Mavi bölge Gümüş zırh, kırmızı ve yeşil bölge ise BSCCO üstüniletken bölgelerdir.

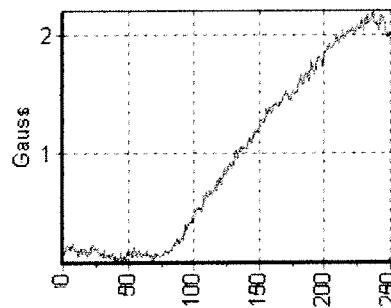
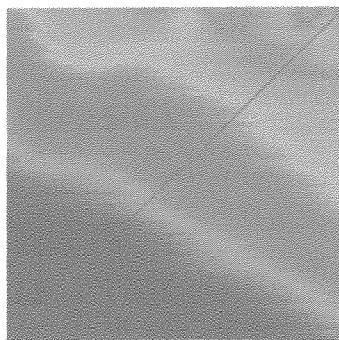


Şekil 8. Şekil 7(a)daki görüntünün köşegen boyunca alınmış kesiti.



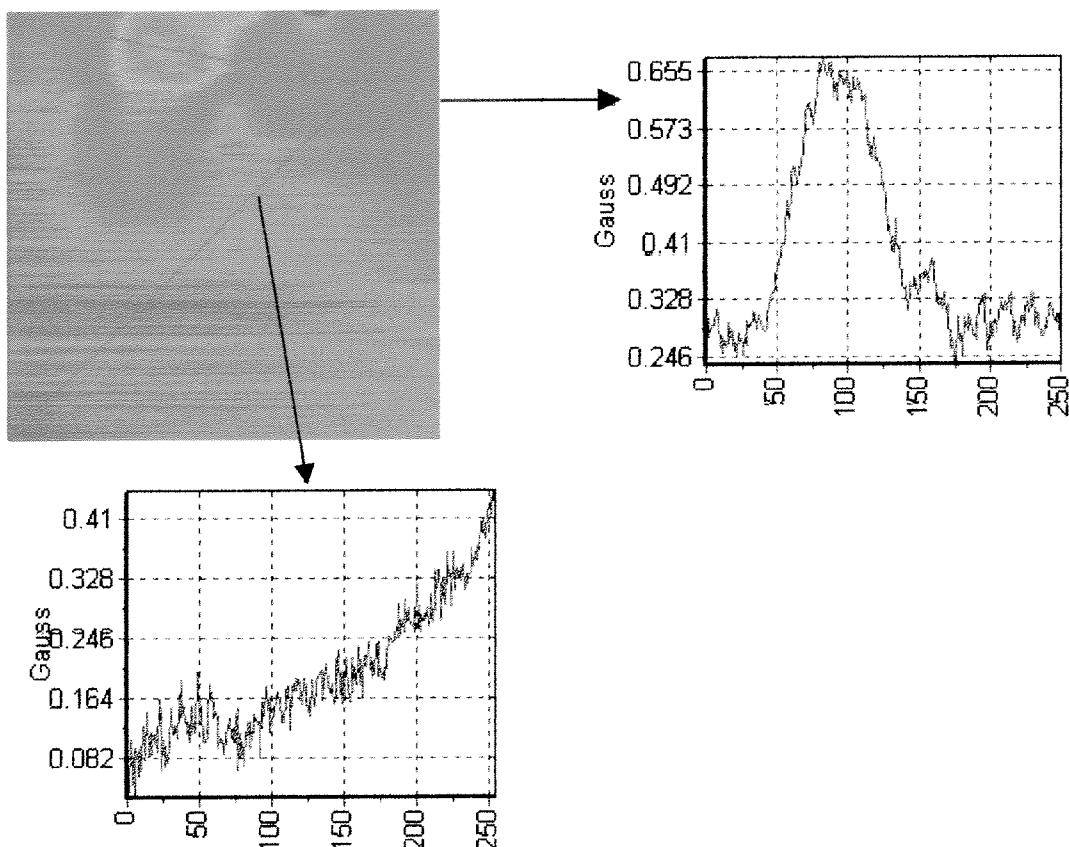
Şekil 9. Aynı bölgenin negatif B-H eğrisi sonrası tuzağa düşmüş manyetik akı görüntüsü. Köşegen boyunca alınmış kesiti. $13 \times 13 \mu\text{m}$

Eğer **B-H** eğrileri negatif **H** uygulayarak alındıktan sonra elde edilen AS-THAM görüntüleri Şekil 9'da verilmiştir. Aldığımız veriler klasik Bean Modeline tipatıp umaktadır. Şekil 10'da sıfır alan altında 77K' soğutulan örneğin AS-THAM görüntüsü ve köşegen kesiti sunulmaktadır. Sıfır alan uygulansa da sistemin 'remanant' manyetik alanı aldığımız görüntülerden yaklaşık olarak 3.2 Oe olarak tahmin edilmektedir.



Şekil 10. $H_{\text{DİŞ}}=3.2$ Oe altında 77K'e soğutulmuş BSCCO şerit-gümüş arakesitinin AS-THAM ile alınmış görüntüsü ve köşegen boyunca alınmış kesiti. $13 \times 13 \mu\text{m}$

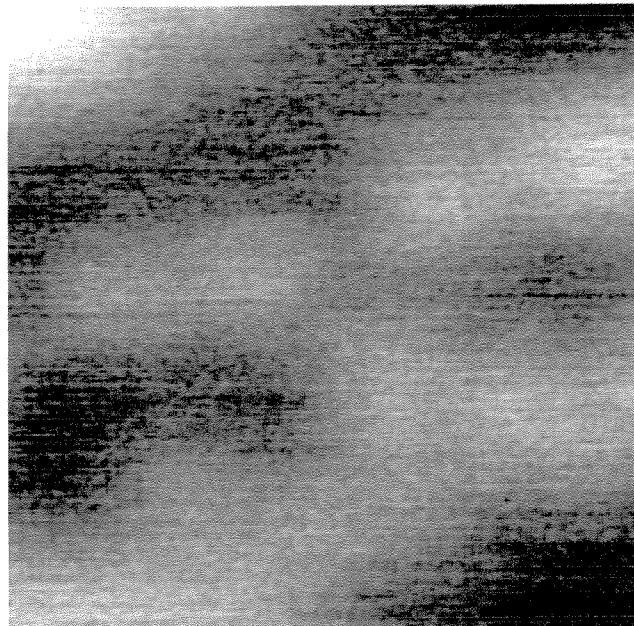
Sistemin ‘remanent’ manyetik alanını azaltmak için sistem 130K’de ‘degauss’ edilmiş ve örnek tekrar 77K’e soğuttuğumuzda aldığımız görüntü Şekil 11’de sunulmuştur. sıfır alan altında 77K’ soğutulan örneğin AS-THAM görüntüsü ve köşegen kesiti sunulmaktadır. Sistemin ‘remenant’ manyetik alanı ve dünyayının manyetik alanının toplamı görüntünün incelenmesinden sonra, yaklaşık olarak 0.73 Oe olarak tahmin edilmektedir. Görüntü içinde yaklaşık olarak 6 tek akı girdabının olması gereklidir.



Şekil 11. $H_{\text{Dış}}=0.73 \text{ Oe}$ altında 77K’e soğutulmuş BSCCO şerit-gümüş arakesitinin AS-THAM ile alınmış görüntüsü ve iki kesiti. $13 \times 13 \mu\text{m}$

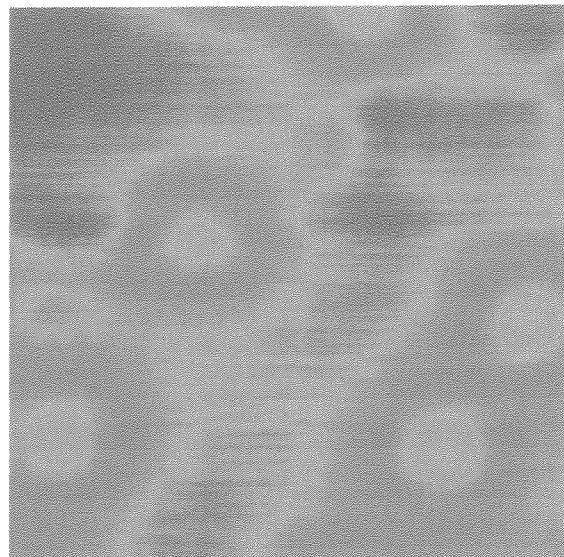
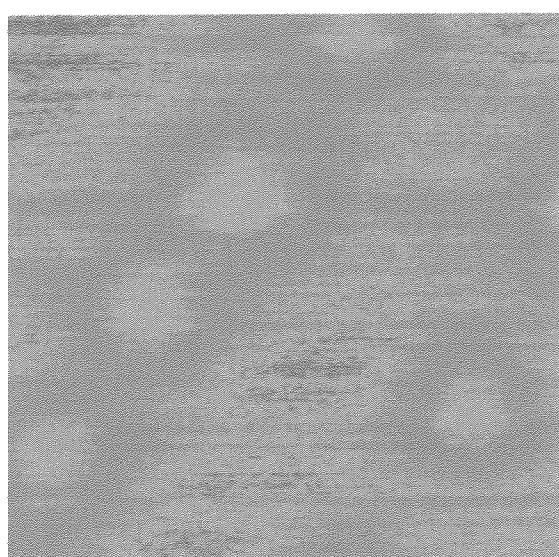
BSCCO Tek Kristalinin Manyetik Özelliklerinin İncelenmesi:

Japonya'daki Tsukuba Üniversitesi'nden Prof. Kazuo Kadowaki dünyanın en temiz BSCCO(2212) tek kristallerini büyütlen bir kaç bilim insanından birisidir. Ortak çalışmalarımız kapsamında Prof. Kadowaki tarafından büyütülen BSCCO(2212) tek kristallerinin manyetik alan altında gösterdiği ilginç özellikler AS-THAM ile incelenmiştir. Bu deneylerde kullanılan BSCCO tek kristalinin üstüniletken geçiş sıcaklığı 88K'dır. Şekil 12 AS-THAM ile 77K’de $0.8 \mu\text{m}$ boyutunda bir GaAs Hall aygıtı ile alınmış ‘sıfır’ manyetik alan (küçük bir remenant manyetik alan) altında soğutulmuş BSCCO tek kristalinin manyetik alan görüntüsünü göstermektedir. Görüntüde yaklaşık olarak 9 tek akı girdabı gözlenmektedir.



Şekil 12. $H_{\text{Dış}}=1.1$ Oe altında 77K'e soğutulmuş BSCCO tek kristalinin AS-THAM ile alınmış görüntüsü. $13 \times 13 \mu\text{m} \times 1.53$ Gauss

Sistem daha iyi degauss edilerek aynı kristalin başka yöresinde yüzeye daha fazla yaklaşarak alınan AS-THAM görüntüleri Şekil 13'de verilmiştir. Şekil 13 (a) ve (b) aslında aynı yerde yarınlık saat farkla alınmış görüntülerdir ve girdapların 77K'de bile hareketli olduğunu göstermektedir.

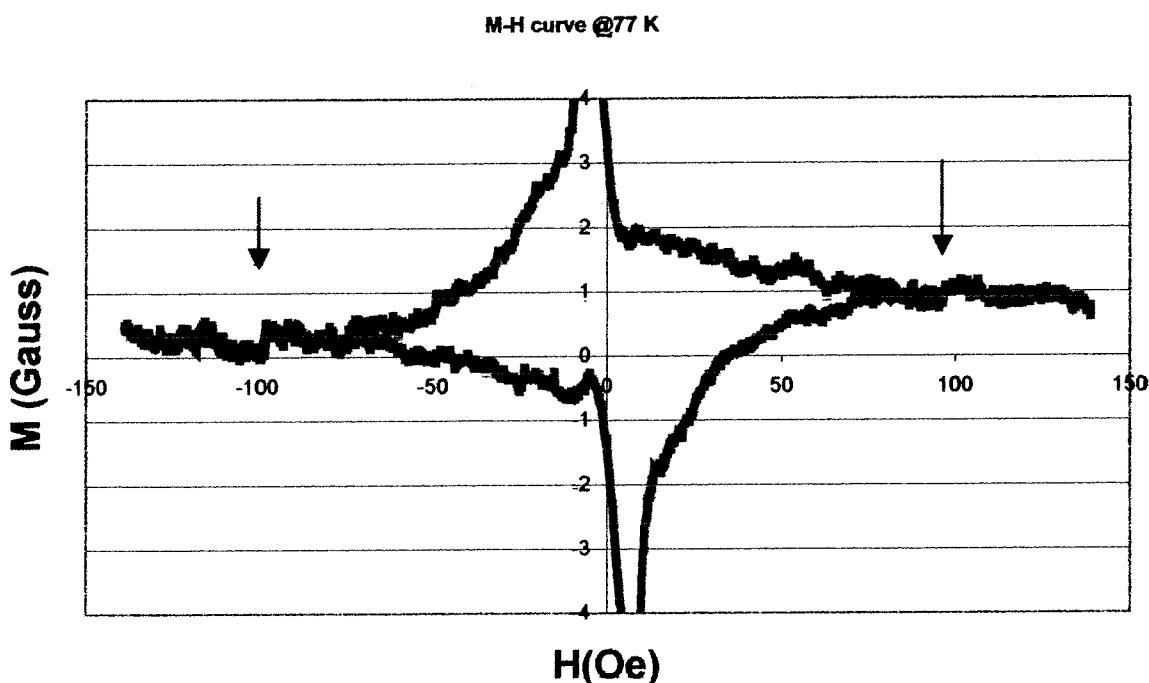


(a)

(b)

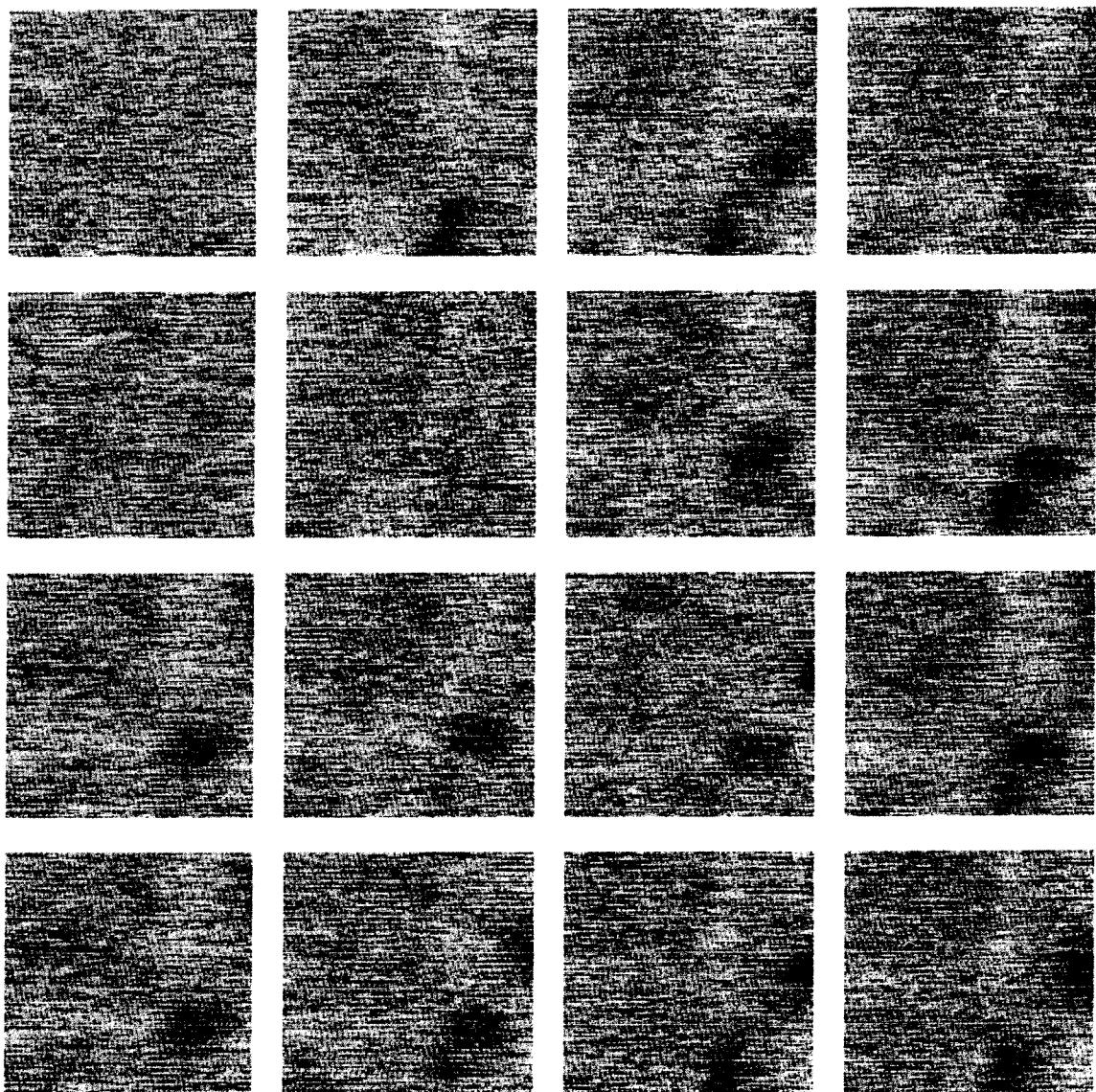
Şekil 13. $H_{\text{Dış}}=0.7$ Oe altında 77K'e soğutulmuş BSCCO tek kristalinin AS-THAM ile alınmış görüntüsü. $13 \times 13 \mu\text{m} \times 1.8$ Gauss

Manyetik akı girdapları BSCCO tek kristalinde bir kristal oluşturmaktadır. Bu akı kristali ısıtlınca ve manyetik alan (basınc'a eşdeğer) erimektedir. Bu erime birini dereceden bir faz geçisi ile olmakta ve kristalin yoğunluğu, yani manyetik alan şiddeti artmaktadır. Bu artış yöresel manyetizasyon ölçümleri ile daha önce de başka gruplar ve tarafımızdan da gözlenmiştir. Şekil 14 77K'de AS-THAM ile bu proje kapsamında BSCCO tek kristalinde alınan manyetizasyon ($M-H$) eğrisini göstermektedir. Oklarla gösterilen noktalarda girdap kristali dış manyetik alan etkisi altında erimekte ve yöresel manyetizasyon ani olarak artmaktadır. Prof. Kadowaki'nin laboratuvarında yapılan özdirenç ölçümlerinde de dirdap kristalinin erime alanı bizim gözlemlerimize çok yakın olarak ölçülmüştür.



Şekil 14. 77K'de BSCCO tek kristalinde AS-THAM ile alınmış M-H eğrisi. Oklar girdap kristalinin eridiği noktaları, ~100Oe, göstermektedir.

Manyetik akının BSCCO tek kristale girişi AS-THAM gerçek zamanda (2sn.'de bir görüntüyü alarak) incelenmiştir. Dış manyetik alan sıfırdan -4 Oe'e kadar kademeli olarak artırılarak ters girdapların örneğe girişi tek tek gözlenebilmiştir. Şekil 15'de toplamı 127 olan bu görüntülerden yer darlığından sadece bir kısmı (18-33) verilmiştir.

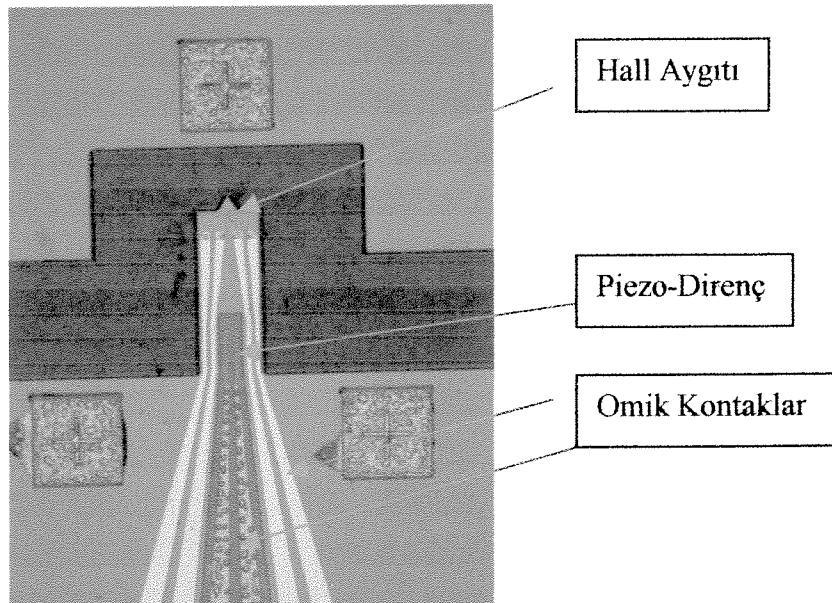


Şekil 15. 77K'de BSCCO tek kristaline ters girdapların girişinin AS-THAM ile alınmış görüntüler.

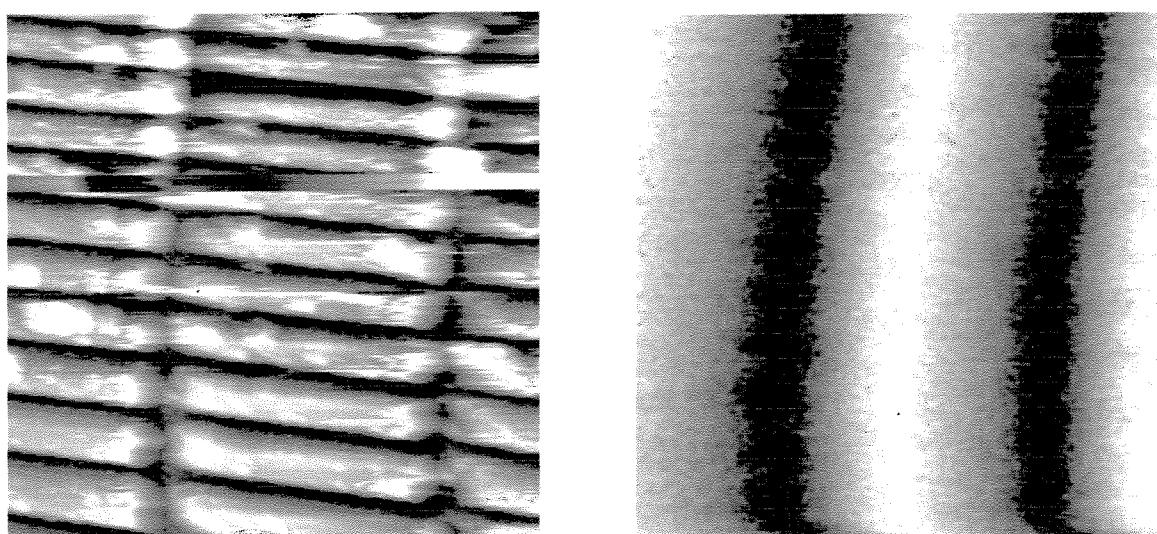
AKM Yay Ucuna Entegre Edilmiş Hall Aygıtı İle yapılmış Deneyler:

Bath Üniversitesi'nden ortak çalışmalar yaptığımız Prof. Simon Bending'in grubu tarafından üretilen AKM yay ucuna entegre edilmiş Hall aygıt Mart-Nisan ayları boyunca laboratuvarlarında oda sıcaklığında başarı ile denenmiştir. Bu proje aslında biz Bath Üniversitesi'nde iken başlatılmıştı, ama çeşitli sorunlar yüzünden tam sonuç bir türlü alınamamıştı. Bu deneylerde Prof. Bending'in öğrencisi Alex Brook grubumuza ve deneylerimize katılmıştır. Şu ana kadar kullanageldiğimiz THAM'nda aygit-yüzey arası uzaklık Taramalı Tünelleme Mikroskop teknigi ile kontrol edilmektedir. Bu örnek yüzeyinin iletkenliğinin olmasını zorunlu kılmaktadır. Yeni geliştirilen bu AKM yay+Hall Aygıtı ile yalıtkan yüzeylere de THAM uygulamasını yüzeyi altın ya da başka bir iletkenle kaplamadan yapılabilecektir. AKM yayının ne kadar büküldüğü ise yaya entegre edilmiş bir piezodirenç elemanından elektriksel olarak ölçülmekte olup, deneyleri çok kolaylaştırmaktadır. Şekil

16'da bu AKM Yay+Hall Aygıtlardan bir tanesinin optik mikroskopla alınmış fotoğrafı verilmiştir. Şekil 17'de bu aygıtlı NiFe permalloy dikdörtgen matris örneği üzerinde alınmış AKM ve THAM görüntülerini verilmiştir. NiFe dikdörtgenler AKM görüntüsünde gözüktüğü halde, Hall aygıtının büyük olduğu ve optimize edilmediği için THAM görüntüsünde tek tek gözükmemektedirler. Bu konudaki ortak çalışmalarımız devam etmektedir.



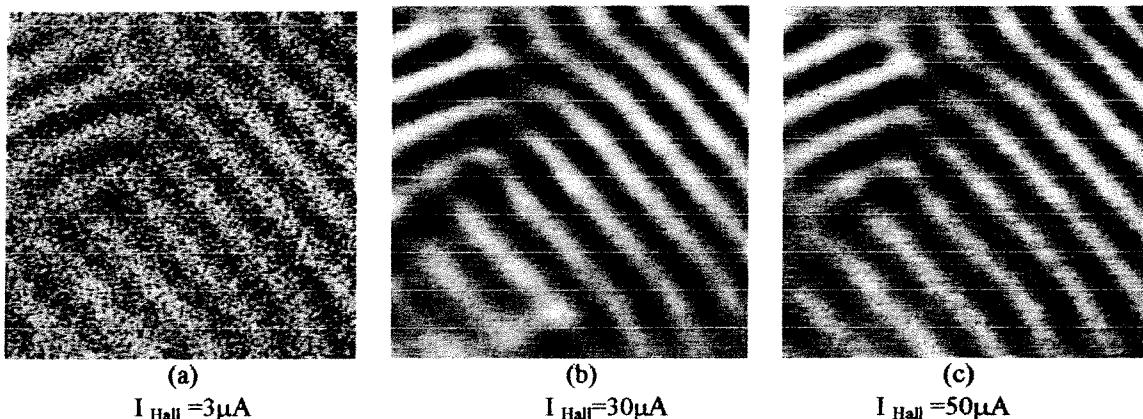
Şekil 16. AKM Yayının ucuna entegre edilmiş Hall Aygıtı. Yayın bükülmesi piezo-direncin üzerinden elektriksel olarak ölçülmektedir.



Şekil 17. NiFe permalloy dikdörtgen matris örneğin oda sıcaklığında AKM Yayının ucuna entegre edilmiş Hall Aygıtı ile aynı anda alınmış AKM (a) ve THAM (b) görüntüsü.

InSb Hall aygıtları ile yapılan oda sıcaklığı deneyleri:

Ürettiğimiz InSb Hall aygıtları Japonya'daki Tokai Üniversitesi'nde ortak çalışmalar yürüttüğümüz Doç. Dr. A. Sandhu'nun laboratuvarında başarı ile denenmiştir. Bu deneylerde NanoMagnetics Instruments'in imalatı olan bir Oda Sıcaklığı THAM (OS-THAM) kullanılmış ve Bi katkılardırılmış demir-garnet ince filminin manyetik domain yapısı incelenmiştir. Şekil 5'de bu deneylerde elde edilen görüntüler sunulmaktadır.



Şekil 5. Oda sıcaklığında OS-THAM ile InSb Hall aygıtı ile elde edilen Bi katkılardırılmış Demir Garnet ince filminin manyetik alan görüntüler, 25x25 μ m

3. Sonuç ve Planlar:

Özet olarak:

- 2DEG ve InSb Hall aygıtları başarı ile üretilmiştir. Bu aygıtlar oda sıcaklığında AS-THAM ve OS-THAM kullanılarak manyetik hard disk (proje ara raporuna bakınız) ve demir-garnet kristalinde manyetik görüntülemede başarılı olarak kullanılmıştır.
- 2DEG Hall aygıtları kullanılarak 77K'de AS-THAM ile YBCO ince filim üstüniletkenindeki vorteksleri başarı ile görüntülenmiştir.
- Bu proje kapsamında üretilen InSb Hall aygıtları AS ve OS-THAM'ları için dünyada *ilk* olup, mikroskopun manyetik alan hassasiyetinin oda sıcaklığında arttırılmasında önemli bir aşama olmuştur. Ayrıca InSb aygıtlar 2DEG olanlara göre daha da küçültülebildiğinden, oda sıcaklığında ve düşük sıcaklıklarda yatay çözünürlük artırımına büyük bir katkı sağlayacaktır. InSb kullanarak yaptığımız çalışmalar da halen sürdürmekte olup hazırladığımız bir yayın baskıdır (Ek 1'e bakınız).
- Proje kapsamında öğrencim Murat Kaval Yüksek Lisans çalışmasını Eylül 2001 tarihinde tamamlamıştır. Murat Kaval, bursu Ocak 2000'de kesildiği için maalesef doktora çalışmalarını bırakmak zorunda kalmıştır. Kendisinin Yüksek Lisansını tamamlayana kadar 9 aylık bursu tarafimdan ödenmiştir.
- Yeni Yüksek Lisans öğrencim Münir Dede projeye üstün bir başarı ile devam etmiş olup Eylül 2002 tarihinde tezini savunacaktır. Ayrıca Münir Dede bir süre daha küçük Hall aygıtları yapabilmek için elektron demet litografisi üzerinde çalışmıştır. Bunun için kurumunuz TOKTEN bursu ile Dr. İsmet İnönü Kaya yaz aylarında davet edilmiş

ve doktorası sırasında imal ettiği, uzun yıllar atıl durumda olan elektron demet litografisi sistemi yeniden çalışır hale getirilmiştir. (Bu Taramalı Elektron Mikroskopuna bağlı olan elektron demet litografi sistemi ülkemizde tekdir.)

- Gümüş zırh içine gömülü BSCCO şeritte manyetik akı girdapları, yoresel manyetizasyonun değişimi incelenmiştir.
- Bath Üniversitesinden Prof. S.J. Bending'in grubu ile yaptığımız ortak çalışmalar çerçevesinde Bath Üniversitesinde imal edilen ucunda Hall aygıtı entegre edilmiş Atomik Kuvvet Mikroskopu(AKM) yayları manyetik ve topografik görüntülemede *laboratuvarımızda* başarı ile denenmiştir.

• Proje başlangıcında önerdiğimiz başarı ölçütleri olarak sıralanan 5 hedefin proje sonunda durumu şu şekilde özetlenebilir:

- 1) Yeni tip Hall Aygitlarını tasarıımı ve üretimi: (Önem derecesi: 5)

Başarı ile tamamlandı

- 2) YBCO/BSCCO ince filimlerde girdap bağlanma kuvvetlerinin ölçümü: (Önem derecesi: 5)

YBCO ince filimde girdaplar gözlendi, BSCCO filim henuz bulunamadı. Kuvvet ölçümü için düzenek hazırlanıyor.

Yarı (1/2) başarılı.

- 3) BSCCO'de vortex yapılarının incelenmesi ve vortex kristalinin erimesinin oksijen konsantrasyonuna göre incelenmesi: (Önem derecesi: 4)

BSCCO tek kristalinde girdap yapıları ve girdap kristalinin erimesi başarı ile gözlendi. Değişik oksijen konsantrasyonlu örnekleré şu an bakılmakta.

% Başarılı

- 4) BSCCO'da re-entrant faz geçişinin izlenebilmesi: (Önem derecesi: 4)

Bu konuya yeni başlayabildik.

Başarisız

- 5) BSCCO Kristalinde manyetik akı girişinin gerçek zamanda incelenmesi: (Önem derecesi: 5)

Başarı ile tamamlandı

Proje başlangıcında öngördüğümüz deneylerin hemen hemen çoğu bitirilmiş olup, zaman ve personel eksikliğinde dolayı tamamlanamayan kısımlara da şu günlerde başlanmıştır. Öte yandan proje önerisinde taahhüt edilmeyen ama zaman içinde kolayca yapabildiğimiz, bize ilginç gelen deneyler de oldukça iyi sonuçlar vermiştir.

Aldığımız sonuçlar şu konferanslarda sunulmuştur:

- Scanning Probe Microscopy, Sensors and Nanostructures Las Vegas, 26th-29th May 2002

Konuşma: Integrated AFM cantilever with 2DEG Hall Probe for magnetic imaging,
A. J. Brook, S. J. Bending, J. Pinto, A. Oral and M Henini

- Scanning Probe Microscopy, Sensors and Nanostructures Las Vegas, 26th-29th May 2002

Konuşma: Magnetic Imaging of Ferromagnetic Micro Structures by Room Temperature Scanning Hall Probe Microscopy in the Presence of 2.5 Tesla Pulsed Magnetic Fields,
Adarsh Sandhu, Naoji Iida, Hiroshi Masuda and Ahmet Oral

- INTERMAG 2002, 28 April-3 May 2002, Amsterdam, Holland.
Poster: RT-SHPM Imaging of Garnet Films Using New High Performance InSb Sensors
A. Oral, M. Kaval, M. Dede, H. Masuda, A. Okamoto, I. Shibasaki and A. Sandhu
- APS March Meeting, 18-22 March 2002, Indianapolis, USA.
Konuşma: Bi and InSb Nano-Hall Probes for direct magnetic imaging with Room Temperature Scanning Hall Probe Microscopy(RT-SHPM)
A.Oral, M. Dede, A. Sandhu H. Masuda and S.J. Bending

Yaptığımız çalışmaların sonucu aşağıdaki adı verilen yayın hakemli bir dergi olan '*IEEE Transactions on Magnetics*'de baskiya kabul edilmiştir.

- RT-SHPM Imaging of Garnet Films Using New High Performance InSb Sensors
A.Oral, M. Kaval, M. Dede, H. Masuda, A. Okamoto, I. Shibasaki and A. Sandhu

Çalışmalarımızı eksik kalan kalan deneylere devam ederek sürdürmektedir. Yaptığımız deneylerin sonuçları çok yakın bir geçmişte alınmış olup, yayına ve konferanslara hazırlanmaktadır. Yapmakta olduğumuz deneyler elde ettigimiz sonuçları daha derinlemesine inceleyip eksik-gedik yerlerini tamamlamak içindir. Sonuçları uygun zamanda ve uygun şekilde diğer bilim insanların görüşlerine sunulacaktır.

Sonuç olarak başarı ölçütlerinde sıraladığımız 3. madde'yi henüz yapamamış ve yeni başlamış, 2. ve 4. maddeleri kısmi başarı ile, 1. ve 5. maddeleri de eksiksiz tamamlamış bulunmaktayız. Öte yandan, hızlı bir şekilde yapabildiğimiz diğer ilginç deneyler(BSCCO şeridin incelenmesi, AKM yayına entegre edilmiş Hall aygıtının çalıştırılması ve InSb Hall Aygitlarının geliştirilmesi) ve onların sonuçlarının da çok önemli ve ilginç olduğunu düşünmektedir.

Kanımızca proje başarılı olarak tamamlanmıştır.

EK 2.

A. Oral'ın son 3 yıl içindeki yayın listesi

2002

1. RT-SHPM Imaging of Garnet Films Using New High Performance InSb Sensors
A. Oral, M. Kaval, M. Dede, H. Masuda, A. Okamoto, I. Shibusaki and A. Sandhu
IEEE Transactions on Magnetics dergisinde baskıya kabul edilmiştir.
2. Study on the use of a bismuth micro-Hall probe for magnetic imaging of ferromagnetic domain structures by room temperature scanning Hall probe microscopy
A. Sandhu, A. Oral, H. Masuda, S.J. Bending, A. Yamada and M. Konagai
Ultramicroscopy dergisinde baskıya kabul edilmiştir.
3. Magnetic Imaging by room temperature scanning Hall probe microscopy
A. Sandhu, A. Oral, H. Masuda, and S.J. Bending.
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **242-245**, 1249-1252 (2002)
4. Simultaneous nc-AFM/STM Imaging and Force Spectroscopy of Si(001)-(2x1)
Surface with Small Oscillation Amplitudes
H. Ö. Özer, M. Atabak , R. E. Ellialtioglu and A. Oral
Appl. Surf. Sci. **188**, 301-305 (2002).

2001

- 5.Energy Dissipation in AFM and Atomic Loss Processes
Peter M. Hoffmann, Steve Jeffery, John B. Pethica, H. Özgür Özer ve Ahmet Oral
Phys. Rev. Lett. **87**, (24 Aralık 2001).
- 6.Bismuth nano-Hall probes fabricated by focused ion beam milling for direct magnetic imaging by room temperature scanning Hall probe microscopy
A. Sandhu, H. Masuda, K. Kurosawa K, A. Oral ve S.J. Bending
Electronics Letters **37 (22)**, 1335-1336 (2001).
- 7.Quantitative atom-resolved force gradient imaging using non contact - AFM/STM
A.Oral, R.A.Grimble, H. Ö. Özer, P.M. Hoffmann ve J.B.Pethica
Appl. Phys. Lett. **79**, 1915-1917 (2001)
8. Room Temperature Imaging of Magnetic Domains of Magnetic Storage Media and Garnet Epilayers in the Presence of External Magnetic Fields using a sub-micron GaAs SHPM.
Adarsh Sandhu, Hiroshi Masuda , Ahmet Oral ve Simon J. Bending
Journal of Crystal Growth, **227/228**, 899-905 (2001)
- 9.Room Temperature Sub-Micron Magnetic Imaging by Scanning Hall probe Microscopy
Adarsh Sandhu, Hiroshi Masuda, Ahmet Oral ve Simon J. Bending
Japanese Journal of Applied Physics, **40**, 4321-4324(2001).
- 10.Direct Magnetic Imaging of Ferromagnetic Domain Structures by Room Temperature Scanning Hall Probe Microscopy Using a Bismuth Micro-Hall Probe
Adarsh Sandhu, Hiroshi Masuda, Ahmet Oral ve Simon J. Bending
Jpn. J. Appl. Phys. Vol. **40** L524-L527 Part 2, No. 5B(2001)

11.Direct observation of interatomic force gradients using an ultra-low amplitude AFM
P.M. Hoffmann, A. Oral, R.A.Grimble, H. Ö. Özer S. Jeffery ve J.B.Pethica
Proc. of Royal Soc. A. **457**, 1161 (2001).

2000

- 12.**Collective modes in flux line liquids.
B. Tanatar ve A. Oral
Superconductor Science and Technology **13**, 968-970 (2000).
- 13.**Quantitative Electrical Force Measurement in AFM
Steve Jeffery, Ahmet Oral ve John B. Pethica
Applied Surface Science, **157**, 280-284 (2000)
- 14.**Manipulation of atoms across a surface at room temperature
T.W. Fishlock, A. Oral, R.G. Egddell ve J.B. Pethica
Nature **404**, 743-745 (2000)