

## STO Altlık Üzerine Üretilen YBCO Kaplama İçin Kullanılan PLD Sisteminde Yapılan Parametre Düzenlemeleri ve Karakteristik Verifikasyonu

Ahmet Nuri ÖZCİVAN<sup>1</sup>, Işıl BİRLİK<sup>1,2</sup>, Murat BEKTAŞ<sup>1</sup> ve Erdal ÇELİK<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Elektronik Malzemeler Üretim ve Uygulama Merkezi (EMUM), Buca, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Buca, İzmir, Türkiye

<sup>3</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nanobilim ve Nanomühendislik, Buca, İzmir

\*e-posta: ahmetnuri@yahoo.com

Geliş Tarihi: 26 Ekim 2012; Kabul Tarihi: 11.11.2013

### Özet

Darbeli Lazer Biriktirme (PLD) sistemi üstün özellikli bir seramik film üretme cihazı olup, karmaşık teknolojiye hava alma ve lazer bileşenlerinden oluşur. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda PLD sisteminin başarısı bilimsel yayınlarla ispatlanmıştır. Son zamanlarda, ince film kaplama amacı ile PLD'de kullanılan bileşenlerin tamamen bilgisayar kontrollü olduğu sistemler yaygınlaşmaya başlamıştır. Fakat bu tarz kontrollü ince film biriktirme sistemleri cihaz parametrelerinin hassas bir şekilde ayarlanmasını gerektirmektedir. Zira başarılı film karakteristiğini sağlamak üzere PLD sistemi bileşenlerinden olan lazer kutusu, hazne ve hatta mercek ve aynaların ayarlanması gerekir. Kullanılan sistemde, lazer ve hazne tamamen üretici Neocera Firması tarafından yazılan bilgisayar yazılımı ile kontrol edilmektedir. Sistemde yerleşik algılayıcılar vasıtası ile kontrol sağlayan bu programı kullanarak, lazer ve haznedeki gaz akış miktarını, sıcaklığı ve basıncı ayarlanmaktadır. Başarılı bir film biriktirme için etkin parametreler deney deneyimleri ile geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu doğrultuda, lazer aydınlatması, altlık üzerine odaklanma, altlık-hedef malzeme arası mesafe, gaz akış miktarı ve havası alınmış hazne içi basınç değeri gibi parametrelerin ayarlanmasına çalışılmıştır. Bu parametreleri kullanarak, her bir darbeye biriken film kalınlığı tahmin edilebilir hale gelir ve hazne içerisinde olması gereken gaz akış hızına karar verebiliriz. Bahsedilen düzenlemeleri yaparak, biriktirme işlemini standartlaştırmak ve dolayısı ile PLD çalışma şartlarını güvenilir hale getirmek hedeflenir ki, bu özellik yeniden üretilebilirliği sağladığı için bilimsel çalışmalar açısından büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada STO (SrTiO<sub>3</sub>) altlığa uygulanan YBCO (YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub>) seramik süperiletken ince filmlerinin üretimi için kullanılan PLD sistemine ait çalışma parametrelerinin düzenlenmesi açıklanmıştır. Üretilen filmler üzerine edindiğimiz deneyimler açılarak, kullanılan hazne basıncı ve altlık sıcaklığı parametreleri verilmiştir. Son olarak, ilgili parametreler ile elde edilen filmlere ait analiz ve karakterizasyon sonuçları açıklanmıştır.

### Anahtar kelimeler

Süperiletken ince film;  
YBCO; PLD ile kaplama  
teknikliği

## Parameter Adjustment in a PLD System Used for YBCO Films on STO Substrates and its Characteristic Verification

### Abstract

Pulsed laser deposition (PLD) system is a unique ceramic film deposition equipment with complex technological vacuum and laser apparatus. Until now, the achieved depositions are verified the success of PLD systems in literature. Recently, computer controllable PLD systems are popular as a thin film production technique in which laser and vacuum apparatus are completely software controllable. However, this kind of manageable thin film deposition system requires adjustment of the equipment parameters both in laser box and chamber, as well as lens and mirrors, in order to attain the successive film properties. In our system, laser and chamber are guided by computer software supplied by Neocera Company. Using the software control, we adjust gas flow rates both in laser and chamber; adjust the pressure inside the chamber where sensors are used for these controls. For successive deposition, effective parameters are selected and regulated via experimental experiences on laser and chamber working conditions. Making the above adjustments, we aim to standardize the deposition process by enhancing PLD working conditions by which reliability and reproducibility are attained since those have crucial importance for scientific studies. In this paper, we explain adjustments on working conditions of our PLD system used for coating YBCO on STO (SrTiO<sub>3</sub>) substrates. We experimented the PLD system which is settled in our thin film laboratory and explain the experiences on the deposited film as a parameter of the assumed working conditions, such as chamber pressure and substrate temperature. Finally, we display the scan and characterization results obtained for different conditions.

### Keywords

Superconductor thin  
film; YBCO; Coating  
technique via PLD

## 1. Giriş

PLD (Darbeli Lazer Biriktirme) sistemi hızlı bir şekilde ince film biriktirmek için kullanılan lazer tetiklemeli bir cihazdır (Vonk, 2005). PLD sistemi lazer kutusu, lens-mercek düzeneği ve havası alınmış tam kapalı hazne olmak üzere üç temel parçadan oluşur. Bu temel parçaların yönetimi için sensörler, kontrol vanaları, gazlar, akış kontrolörü vb. gibi yan parçalar mevcuttur. Toplam sistemi sensör ve kontrolörlere bağlı bilgisayar yönetir. Bilgisayarda kontrol amaçlı kullanılan endüstriyel bir yazılım mevcuttur. Dolayısı ile hemen hemen tüm kaplama ayarlamaları bilgisayar yazılımı ile ekran üzerinden yapılabilir. Buna göre, basınç ayarı, gaz vanalarının kontrolü ve lens-mercek ayarları dışında tüm süreç bilgisayar programı ile otomatik olarak gerçekleştirilir. Bu yüzden denenmiş parametre ayarlamalarını kullanarak PLD sistemi ile kaplamayı tamamlama hızı, kimyasal biriktirme ile yapılan kaplama hızına göre bir hayli yüksektir. Bu sayede PLD cihazı ile yapılan kaplama tekniği, zaman ve emek tasarrufu sağlar. Öte yandan, PLD ile kaplama yapmak için bütün temel ve yan parça ayarlarının yapılan kaplama türüne göre mükemmelleştirilmesi gerekir. Dolayısı ile parçaların farklı çalışma koşullarında denenmiş ve sağlıklı kaplama koşullarının seçilmiş olması gerekir. Ayrıca kaplama işlemlerinde cihaz verimliliğine ve prosedür sıralamasına da dikkat edilir.

PLD, ince film kaplamak için geliştirilmiş bir yöntemdir ve başarısı dünya genelinde yapılan laboratuvar çalışmaları ile ispatlanmıştır (Greer, 1997). Bu başarının temel sebepleri arasında, vakumda çalışabilme, yabancı atomlardan temizlenerek ortam kirliliğinin azaltılması ve kaplama sırasında gerekli şartların kolay kontrol edilebiliyor olması verilebilir. Kaplamanın temel mantığı kaplama türünden oluşan hedef malzemeyi uçurarak altlık yüzeyine yapıştırmaya dayanır. Bu teknikle yapılan kaplamada hedef malzemenin stoichiometrisi korunur. Hedef malzeme lazer cihazı yardımı ile uçurulur. Lazerin yönlenmesi mercekle ve lensler ile sağlanır. Odaklanmış lazer ışığına maruz kalan sıkıştırılmış dökmeden üretilmiş hedef malzemenin ışıkla temas eden yüzeyi ani şekilde

uçar. Altlığın uçan malzemeyi tutabilmesi için ısıtılmış olması gereklidir. Bu yüzden, altlık tavsiye edilen sıcaklığa kadar ısıtılmalı ve sabit sıcaklıkta tutulmalıdır. Uçan kaplama malzemesi ısıtılarak hazırlanan altlığa hızlıca yapışır. Bu şekilde bir devirlik kaplama tamamlanmış olur. Eğer lazer ışığının gücü ve havası alınmış haznenin özellikleri biliniyorsa tek seferde yapılan kaplama kalınlığı hesaplanabilir. Bir devirlik işlem binlerce kez tekrarlanarak istenilen kaplama kalınlığına ulaşıncaya kadar tekrarlanır. Cihazın her devirde cihazın aynı verimle çalıştığı kabul edilirse, ardi ardına gerçekleşen işlemler sonunda, tek devirde yapılan kaplama kalınlığının toplam lazer atışı katı kadar kalınlığa ulaşılır. Elde edilen nihai kaplama, sürece, ortam şartlarına ve cihaz ayarlamalarına bağlı olduğundan en uygun filmi biriktirmek için parçaların özelliklerinin ve çalışma koşullarının belirlenmesi gerekmektedir.

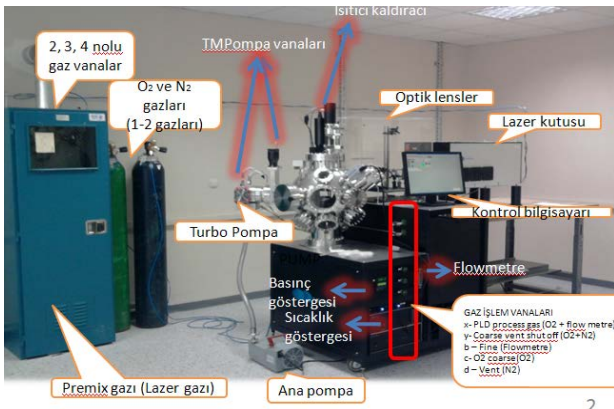
## 2. PLD cihazı

PLD'nin bazı kısımları temel parçalar olup, bazı kısımları da üretime yardımcı olan sensör, hava akış kontrolörü, diğer kontrolörler gibi yan parçalardır. Parçaların tamamı ince film biriktirmeye etki ettiği için en uygun çalışma koşullarına göre ayarlamaları yapılmalıdır.

### 2.1. Temel parçalar

Şekil 1' de temel parçalar ve işlem sıralaması verilmiştir. Cihazdaki lazer kutusunun ürettiği ışığın enerjisi biriktirme kalınlığını etkiler. Dolayısı ile lazer ışığının sabit güç çıkışlı olması biriktirme kalınlığının doğru hesaplanabilmesi için önemlidir. Bu yüzden, önceki kullanımlardan lazer kutusu ve gaz tahliye borusunda kalan özel lazer gazı temizlenmelidir. Ayrıca bu ışığın tamamı hedef malzeme üzerine aktarılamaz. Zira, optik lensler, mercekler ve hazne camı lazer ışığı enerjisinin bir kısmını soğurur, akıcılığını bozar. Lazer ışığı hedef malzeme üzerine doğru genişlikte yayılmalı ve odaklanmalıdır. Odaklama havası alınmış hazne içerisinde temiz bir ortamda gerçekleşir. Vidalar ve dışarıdan sokulan nesnelere standart ortam özelliklerini bozacağı için hazne kapağı, target ve altlık vb. üretim elemanlarının hazne içerisine sokulurken özen gösterilmelidir. Ortamın

temizlenmesi amacı ile tavsiye edilen değerlere kadar haznenin havasının alınması ve yeterli oksijen ve azot gazlarının ortama verilmesi gerekir. Özet olarak, PLD cihazındaki lazer kutusunun verimi artırılmalı, mercek ve lenslerin koşulları uygun aydınlatmayı sağlayacak hale getirilmeli ve haznenin iç ortamı temiz olmalı ve kontrol altında tutulmalıdır. Bu şekilde temel parçalar, en uygun koşulları sağlaması için ayarlanmış ve her laboratuarda yeniden üretilebilmesi amacı ile standartlaştırılmış olur. Bu ayarlama süresince temel parçalara ekli yan parçalar görev yapar.



Şekil 2. Temel parçalar ve işlem sıralaması

## 2.2. Yan parçalar

PLD ile kaplama yapmayı sağlayan diğer yan parçaları gazlar, hava alma pompaları ve vanalar, akış kontrolörleri ve sensörlerdir (hava, sıcaklık, duman vb.). Kullanılan bütün parçalar üretim geometrisini değiştireceği için farklı cihazların değişken ortamı yeniden üretimi zorlaştırır. Dolayısı ile gaz basıncı, pompa basınçları, elle yapılan vana kontrolleri ve sensörlerin doğru çalışması kontrol edilerek, lazer ve hazne içerisindeki kontrolü sağlanmalıdır. Bu arada, elle yapılan vana kontrolleri hariç bütün sürecin görüntülenebilir ve yazılımla kontrol edilebiliyor olması yeniden üretilebilirlik ve kaliteli kaplama için önemlidir. Bu yüzden son zamanlardaki bilgisayar yazılımı kontrollü donanımlar ile film biriktirme sürecinin tamamen kontrol altına alınması amaçlanmaktadır.

## 3. Kaplama işlem sıralaması

### 3.1. Hedef malzeme ve altlık ayarlamaları

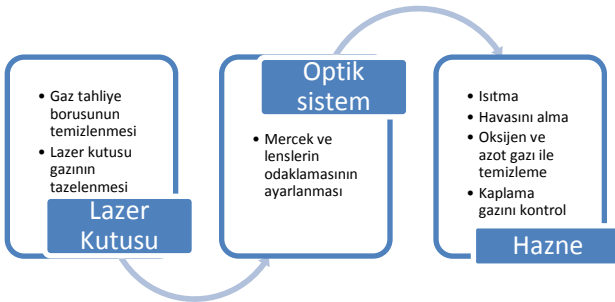
Hedef malzeme lazer ışığının odaklanması ile uçmaktadır. Uçan yüzeyin altına doğru mesafe ve açıda yapışması için hedef malzeme yüzeyinin temiz, pürüzsüz ve parlak olmalıdır. Bu yüzden ilk kaplama öncesinde hedef malzeme altlık yüzeyi örtülerek boşta uçurulmalıdır. Uçuş anlık olarak gerçekleştiği için, lazer darbelerinin ardı ardına aynı yüzeye düşmesi halinde altlığın bu kısmı oyuklaşabilir. Ardından buraya düşen lazer ışığı farklı açılar ile uçağından verimli şekilde altlık yüzeyine yapışmaz. Dolayısı ile altlık yüzeyinin sürekli ileri-geri ve kendi etrafında döndürülerek lazer ışığının düştüğü alanın hedef malzeme yüzeyinin tamamına yayılması gereklidir. Kullanılan altlık yüzeyinin ise daha hazneye sokulmadan önce temizlenmiş olması önemlidir. Hedef malzeme ve altlık ayarlamaları homojen film biriktirmek için gereklidir.

### 3.2. Kaplama ayarları

PLD ile yapılan ince film kaplamalarında takip edilen prosedür sıralaması Şekil 2'de verilmiştir. Yapılan işlemler daha önce bazı çalışmalarda açıklanmıştır (Vonk, 2005; Tozan, 2010). Dolayısı ile kullanılan PLD sisteminde en iyi sonuç veren koşulların seçimi için gerekli parametreler daha önce yapılan çalışmalara yakın değerler olacak şekilde seçilmiştir. Haliyle, her bir kurulu sistem birbirinden farklı parçalardan oluştuğu için tam olarak bu parametrelerin bilinmesi mümkün değildir. Dolayısı ile takip edilen prosedür sıralaması denenerek en iyi hale getirilmeye çalışılır.

Kaplamaya başlamadan önce altlık ve hedef malzeme özelliklerinin seçilmesi gerekir. Kullanılan hedef ve altlığın boyutu, malzeme tipi gibi özellikler bunlardandır. Malzemelerin kaplamaya başlamadan önce pürüzsüz hale getirilmesi, parlatılması ve temizlenmesi gerekir. Hedef malzeme kendisi için ayrılan çevirici kol üzerine konular, altlık ise gümüş pasta ile altlık tutucuya yapıştırılır. Altlık ve hedef malzeme haznenin içerisine yerleştikten sonra kaplama işlemi için hazırlık yapılır. Her kaplama öncesi tahliye borusu ve kutu içerisini yeni gaz ile doldurarak lazer ışığının

veriminin artması amaçlanır. Ardından optik lens ve mercek ayarlamaları ile gerekli etkin odaklanma sağlanır. Bu ayarlamaların cihazın ilk kurulumunda tamamlanması yeterlidir. Kapalı haznenin havasının alınmasının ardından sırası ile biriktirme durumunda gerekli basınç ve sıcaklık ayarlanır ve kaplama tamamlanır. Kaplama gerçekleştikten sonra gerekli ısı işlem aşamasının uzunluğuna göre ısıtma ve oksijen basıncı ayarlama işlemine devam edilir. Son olarak, cihaz belirli bir hızda soğutulmuş sıcaklık ve basınç normal ortam değerlerine getirilir ve kaplama yapılan altlık cihazdan sökülür. Bu süreçte yapılan bütün ayarlamalar kayıt altına alınması yeniden üretilebilirlik için çok önemlidir.



Şekil 2. Tüm PLD ile kaplama yapma prosedür sıralaması

#### 4. Parametrelerin seçimi ve YBCO fazının eldesi

Kullanılan cihazda seçilen bazı parametreler Tablo 1 ve Tablo 2'de belirtilmiştir. YBCO ince film biriktirme sırasında yapılan basınç ve sıcaklık ayarlamaları ise Şekil 3'te verilmiştir. Burada seçilen şartlar lazer tipi, kullanılacak hedef malzeme, altlık ve kaplama çeşidine göre değişiklik gösterir. Bilgisayar kontrollü PLD cihazı ile şartlar kontrol altında tutulabilir.

Tablo 1. Hedef malzeme ve altlığa ait seçilen parametreler

Özellik	Büyüklik
Hedef malzeme cinsi	YBCO
Hedef malzeme çapı	5 cm
Altlık cinsi	STO (SrTiO)
Altlık boyutu	5 x 5 mm
Altlık yapıştırıcı	Gümüş Pasta
Target-altlık arası mesafe	5 cm
Target dönüş hızı	10 mm / sn

Tablo 2. PLD çalışmasına ait seçilen parametreler

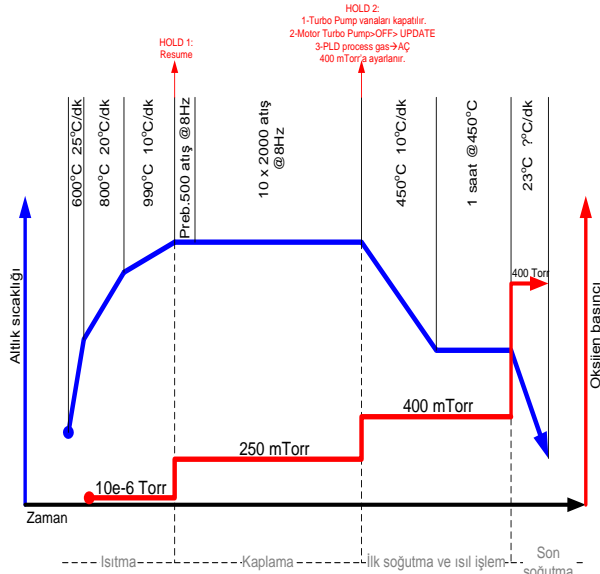
Özellik	Büyüklik
Lazer kutusu tipi	KrF Excimer Laser
Lazer yenileme frekansı	10 Hz
Temizlik atışı	500 adet
Biriktirme atışı sayısı	3000 adet
Lazer dalga boyu	248 nm
Toplam biriktirme kalınlığı	~100 nm

YBCO ince filmin üretim amacı süperiletken yüzey oluşturmak olduğu için, süperiletkenliği sağlayan eksik oksijen yerleşiminin biliniyor olması ve dolayısı ile bu eksikliği sağlayan termodinamik sınırların PLD üzerinden ayarlanması gerekir. Zira, süperiletken malzeme karmaşık yapılı ve termodinamik kararlılığı sınırlıdır. Bu yüzden üretilen filmlerin gerekli oksijen eksikliğini sağlaması için işlenmesi gerekir.

Yüksek sıcaklıkta büyütülen tam YBCO ( $YBa_2Cu_3O_7$ ), eksik YBCO ( $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ )'ya dönüşür. Oksijen adedi 6.85 ~ 7.00 aralığında olmalıdır. Bu eksiklikteki YBCO kaplama 650 °C sıcaklık üzerinde uygulanan bir ısı işlemi gerektirir. Yeterli basınçtaki ısı artışı ile beraber, süperiletken olmayan tetragonal yapı zamanla orthorombik yapıya dönüşerek süperiletken yapı elde edilir. Eğer oksijen basıncı kritik değerden daha az olursa,  $YBCO_{7-\delta}$  farklı fazlara ayrılır ki - parçalanmayı önlemek için sıcaklık yeterince yüksek olmalı ve sabit tutulmalıdır. Süperiletken yapıya ait kafes parametreleri 3.83 Å, 3.88 Å olarak verilir. 1987 yılında bulunan YBCO stoichiometrisi daha sonraki yıllarda yapılan üretimler ile farklı koşullar ile için denenmiştir ve halen uygun eksikliği bulmak ve bunu üreten ısı işlemi elde etmek için PLD üzerinde çalışmalar yapılır. Zira, YBCO'ya ait faz diyagramı bir hayli geniş ve biriktirme sırasındaki ortam değişkenlerine hassastır. Her bir PLD cihazına ait parametreler farklı olacağından, farklı cihazlar üretim için ayrıca ayarlanmalı ve kurulmalıdır. PLD'nin istenen şartları sağlayan ilk üretim için ayarlanması zaman alan bir süreçtir. Sonuç olarak, istenen YBCO fazı için termodinamik sınırlar belirlenmeli ve yeniden ayarlanmalıdır (Hao et al., 1993; Woodall et al. 1997; Yurtcan et al., 2011; Branescu et al., 2005).

Laboratuvarda üretilen YBCO film için uygun görülen işlem aşamaları Şekil 3'te özetlenmiştir. Buna göre, kaplama öncesi sıcaklık kontrollü olarak sırası ile 25, 20 ve 10 °C/dk ile çok düşük basınçta artırılmış, lazer atışları sırasında sıcaklık sabitlenmiş ve basınç 250 mTorr'da tutulmuştur. Kaplama ardından sıcaklık yine kontrollü bir şekilde 10 °C/dk ile azaltılıp 1 saat süresince 450 °C'de bekletilmiştir.

En sonunda sistem yavaşça dış ortam basınç ve sıcaklığına gelene kadar serbest bırakılıp altlık hazne içerisinden sökülüştür.



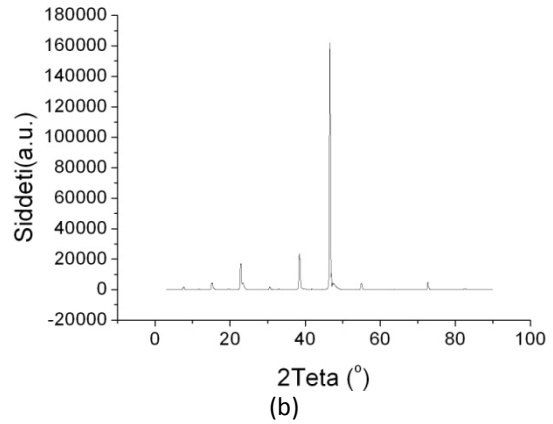
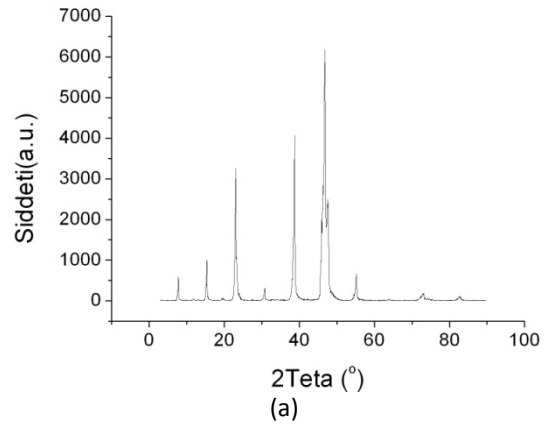
Şekil 3. PLD ile yapılan kaplamada kullanılan basınç ve sıcaklık değerlerini gösteren grafik

## 5. Tartışma ve Sonuç

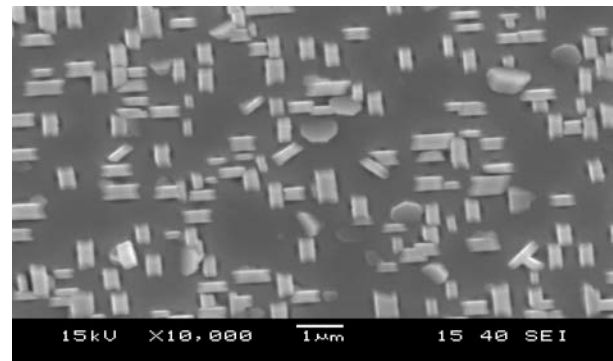
Bu çalışmadaki temel amacımız, ince film örneklerindeki YBCO'ya has ince film üretim durumlarını anlamaktır. Bu amaçla STO altlıklı YBCO filmler iki yöntem kullanılarak karakterize edilmiş ve bunun neticesinde ortaya çıkan kristal yapı ve yüzey morfolojisi irdelenmiştir. Sonuçların değerlendirilmesi, denenen üretim koşullarının anlaşılması için önem arz eder.

Üretilen filmlerin yapısal analizi fazlar ve seçilen altlık üzerinde üretilen ince filmin kristaliyografik yönelimi hakkında bilgi veren X-Ray Difraktometrisi (XRD) ile yapılmıştır. XRD analizi oda sıcaklığında CuK $\alpha$  radyasyonu kullanılarak yapıldı ve Rigaku marka cihaza ait yazılım programı kristaliyografik faz olup olmadığını anlamak için kullanıldı. Uygun çalışma koşulları altında 950°C ve 990°C altlık sıcaklığında PLD ile üretilen YBCO ince filmlerin XRD görüntüleri Şekil 4a ve Şekil 4b'de verilmiştir. Buna göre, pikler  $\theta = 8^\circ$  den başlayıp,  $75^\circ$ 'ye kadar aralıklı devam etmektedir. STO altlığın etkisi düşük olup, yönelimleri belirtilen aralıktaki çeşitli açılarla dağılmış bulunmaktadır. Fakat bazı piklerin literatüre göregösterdiği farklılıklardan, PLD ile üretimdeki oksijenleme aşamasında bir problem olduğu anlaşılmaktadır. Zira, belli bir dereceden sonraki

(001) yönelimli pikler görüntülenememektedir. Hali hazırdaki her iki görüntüdeki pikler, STO altlık üzerinde c-ekseni yönelimli YBCO üretiminin ve dolayısı ile epitaksiyel büyütmenin gerçekleştiğini göstermektedir. YBCO'nun ince film olarak en iyi süperiletkenlik özelliğini yüzeye dik c-eksenli yönelimlerde gösterdiğini bilmekteyiz. Bu yüzden sonuçlar arasında sadece Miller indislerini belirten (001) yönelimleri olması istenir. Buna göre, 990°C'de üretilen numunenin daha iyi sonuç verdiğini söyleyebiliriz.

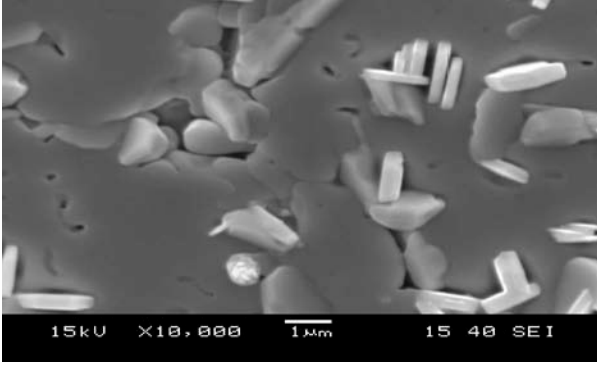


Şekil 4. Elde edilen YBCO kaplamaya ait XRD analizi (a) işleme sıcaklığı (950°C) ve (b) işlem sıcaklığı (990°C)



(a)





(b)

**Şekil 5.** Elde edilen YBCO kaplamaya ait SEM yüzey morfolojisi (a) işleme sıcaklığı (950°) ve (b) işlem sıcaklığı (990°)

İkinci olarak, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) cihazı ile üretilen ince film yüzeyinin morfolojisi incelendi. Şekil 5a ve Şekil 5b'deki mikroskop görüntüleri ince film üzerinde dikey yönelimli tanelerin olduğunu göstermektedir. İki şekildeki c-eksenli büyümeyi karşılaştırsak, yüksek sıcaklıkta daha iyi kristalleşmenin sağlandığını söyleyebiliriz.

Faz analizi ve morfolojik görüntülenmesi gerçekleştirilen numunelerin yeterli YBCO özelliklerini göstermesi nedeni ile bundan sonraki aşamalarda AFM görüntülenmesi ve buna ilave olarak kritik sıcaklık ( $T_c$ ) ve kritik akım ( $J_c$ ) ölçümleri yapılarak numunenin somut süperiletkenlik özellikleri araştırılacaktır.

#### Teşekkür

Yazarlar bilimsel araştırmanın yapıldığı ve teknik destekten dolayı Dokuz Eylül Üniversitesi, Elektronik Malzemeler Üretimi ve Uygulama merkezine ve çalışanlarına teşekkür etmektedir. Bu çalışmanın hazırlanmasındaki desteklerinden dolayı TÜBİTAK-BİDEB'e teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Branescu, M., Teodorescu, V.S., Socol G., Balasz, I., Ducu, C., and Jaklovszky, J., 2005. Experiments on pulsed laser deposition and characterization of epitaxially in-situ grown  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  thin films. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, **7**, 967–972.
- Greer, J.A., Tabat, M.D. and Lu, C., 1997. Future trends for large-area pulsed laser deposition. *Nuclear Instruments and Methods in Physics B*, **121**, 357-362.
- Hao, J.H., Zhou, F.Q., Zhao, X.R., Sun, H.D., Yi, X.J. and Li, Z.G., 1993. Responsivity calculation and measurement of  $YBaCuO$  optical detector. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, **3**, 2167-2169.

Tozan, Ş., 2010. Fabrication of YBCO thin films by pulsed laser deposition technique and their characterization. Master Thesis, IYTE Graduate School of Sciences, İzmir, 77.

Woodall, P., Wellhofer, F., Norris, D.J., Aindow, M. and Earwaker, L.G., 1997. Mapping the variations in properties of PLD films of YBCO deposited over large areas. *Elsevier*, **251**, 172-175.

Vonk, V., Konings, S., Barthe, L., Gorges, B., and Graafsma, H., 2005. Pulsed laser deposition chamber for in situ X-ray diffraction. *Journal of Synchrotron Radiation*, **122**, 833-834.

Yurtcan, M.T., Şimşek, Ö. ve Ertuğrul, M., 2011. YBCO thin film deposition with pulsed laser deposition (PLD). *EÜFBED -Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4-2, 157-167.