

**T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ
KESİN RAPORU**

Langmuir-Blodgett (LB) Filmler için Elektrot Fabrikasyonu ve Bu Türden Yarıiletken Filmlerin Elektriksel Ölçümleri

Proje Yürütücüsü: Yard. Doç. Dr. Hüseyin Sarı
Proje Kodu: 2003-07-45-016
Başlama Tarihi: 24.06.2003
Bitiş Tarihi: 24.12.2004
Rapor Tarihi: 04.04.2005

Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Ankara - 2005

KESİN RAPOR

I. Projenin Türkçe ve İngilizce Adı ve Özetleri

Langmuir-Blodgett (LB) filmler için elektrot fabrikasyonu ve bu türden yarıiletken filmlerin elektriksel ölçümleri

Özet:

$C_{23}H_{16}N_2O_4$ kimyasal formüle sahip olan organik malzeme LB tekniği ile cam alttaş üzerinde ince film şeklinde 11 ve 21 tabaka olarak büyütüldü. Bu ince filmler, içinde ZnS yarıiletken nanoparçacıklar oluşturmak üzere öncelikle $ZnCl_2$ çözeltisi ile katkılandı. Organik moleküllerin büyütme öncesi özelliklerini karakterize edebilmek için Langmuir özellikleri olarak adlandırılan, molekülün su yüzeyi üzerindeki davranışı olan izoterm eğrisi katkılı ($HN29+ZnCl_2$) ve katkısız ($HN29$) durumlar için elde edildi. Cam alttaş üzerine transfer edilen LB filmlerin kalitesi büyütme sonrasında optik olarak karakterize edildi. Üretilen filmlerin elektriksel özelliklerinin ölçülebilmesi için filmler yarısı metal kaplı olan alt elektrotlu cam üzerinde de aynı koşullarda büyütüldü. Bu filmler üzerine daha sonra üst elektrot kaplanarak metal-organik film-metal şeklinde sandviç yapı oluşturularak elektriksel ölçümlerin yapılabilmesi için hazır hale getirildi.

Metal contact fabrication and electrical characterization of Langmuir-Blodgett (LB) type thin films

Abstract:

Organic material which has a $C_{23}H_{16}N_2O_4$ chemical formula was grown on glass substrates by LB film technique. The films were grown in various layer thickness and some of them were doped with $ZnCl_2$ solution to create ZnS semiconductor nanoparticles inside the films. During the growth isotherm graphs were analyzed for both solutions and after the growth optical techniques, namely UV spectrometer, were used to characterize the transferred film quality. Similar films were also grown on metal coated glass substrates and then upper electrodes were fabricated in the form of a metal-organic thin film-metal structure to investigate the electrical properties of the films.

II. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmadaki amaç $C_{23}H_{16}N_2O_4$ kimyasal formüle sahip olan ve HN29 olarak kodladığımız organik malzemenin (i) LB tekniği ile ince filmlerinin cam alttaş üzerinde değişik tabakalarda büyütülmesi, (ii) bu filmlerin uygun şekilde katkılanarak içinde ZnS yarıiletken nanoparçacıkların oluşturulması, (iii) filmlerin kalitesini belirlemek için büyütme esnasında (çözeltilerin izoterm eğrileri) ve büyütme sonrasında (UV soğurma spektrumu) gerçekleştirilmesi, (iv) büyütülen örneklerin elektriksel karakterizasyonu için gereken alt ve üst elektrot fabrikasyonunu gerçekleştirmektir.

Yukarıda belirtilen proje hedefleri doğrultusunda proje süresinde bu filmlerin üretilmesi, elektrik özelliklerinin incelenebilmesi, HN29 ve Zn katkılı filmler için gerekli alt ve üst metal kontakların fabrikasyonu gerçekleştirilerek optik özellikleri incelenebildi. Projenin nihani hedefi olan ZnS nanoparçacık içeren LB filmlerin elektriksel ölçümleri ise projede planlanan süre

içersinde gerçekleştirilemedi. Bunun sebebi projenin önemli aşamasını oluşturan elektriksel ölçümlerin ve metal elektrot kaplama işleminin yapılacağı laboratuvardaki donanımların zorunlu olarak yeni bir laboratuvara taşınması ve bu taşınma sürecinin (taşınılacak yeni laboratuvarın hazır olmaması) kontrolümüz dışında planlanandan daha uzun sürmesi (yaklaşık 1 yıl) gösterilebilir. Ancak bu projenin laboratuvarımıza sağladığı donanım ve momentum sayesinde bu çalışmaların sürdürülmesi olanaklı hale gelmiştir ve bu kesin rapordan sonra projede hedeflenen amaçlar için çalışmalar yapılabilir.

Bu rapor, 24.06.2003-24.12.2004 tarihleri arasında gerçekleştirilen 2003-07-45-016 nolu AÜ BAP projesinin detaylı ve kesin sonuçlarını içermektedir. Bu raporda, LB filmlerin büyütülmesinden önce yapılan ön işlemleri, LB film büyütülmesi için gerekli izoterm eğrileri ve büyütülen LB filmlerin elektriksel ölçümlerinin yapılabilmesine olanak sağlayacak olan metal alt ve üst elektrot kaplamasına yönelik planlanan çalışmalardan sadece Zn içeren HN29 organik malzeme için yapılan çalışmaların ayrıntılı özeti verilmektedir.

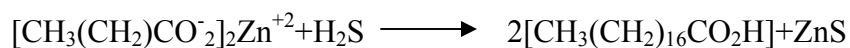
Bu çalışmada LB filmlerin büyütülmesi için yapılan ön işlemler sırası ile alttaş temizliği ve alt elektrot kaplamasını içermektedir. Büyütme işlemi ise izoterm eğrileri ve filmlerin cam üzerine transferini kapsamaktadır. Büyütme sonrası filmlerin optik karakterizasyonu ise filmlerin UV soğurma spektrumlarını içermektedir. Bu raporda sözü edilen deneysel çalışmalardan alttaş temizliği, alt ve üst elektrot kaplama işlemleri ve optik karakterizasyonu Ankara Üniversitesi, Fizik Mühendisliği Bölümü, Yarıiletkenler Fiziği Araştırma Laboratuvarı (YFAL)'nda, LB film büyütme işlemleri ise Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.

III. Materyal ve Yöntem

Langmuir-Blodgett (LB) tekniği kullanılarak üretilen aşırı ince filmler, moleküler kalınlık mertebesindeki (nanometre) organik malzemelerin su yüzeyinden katı bir yüzey üzerine transfer edilmesi ile elde edilir. LB ince film tekniği tamamen organik maddelerin (suyu seven ve suyu sevmeyen) kullanıldığı bir teknoloji olup, film kalınlığı nanometre boyutunda kontrol edilebilmektedir. Bu teknik sayesinde üretim esnasında ince filmlerin moleküler mimarisi iyi bir şekilde kontrol edilerek simetrik ve simetrik olmayan ince filmler üretilmektedir. Ayrıca organik malzemelerin kolay sentezlenebilmesi, birçok şekilde grupların eklenip çıkarabilmesi ve maliyetlerinin çok düşük olması diğer tekniklerle karşılaştırıldığında çok büyük avantajlar sağlamaktadır.

LB filmlerin son yıllarda öne çıkan bir diğer uygulama alanı ise elektro-optik uygulamalardır. Bu teknik ile lineer olmayan optik özellikler gösteren filmlerin üretimi mümkün olduğundan bugün optik ve elektro-optik uygulamalarda kullanılmak üzere bir çok molekül sentezlenmiştir. Optik uygulamalarda LB filmler içinde II-VI bileşik yarıiletken içeren nanoparçacıklar, CdS veya ZnS gibi, üretmek mümkündür.

HN29 LB film içinde ZnS yarıiletken nanoparçacıklar oluşturabilmek için HN29 çözeltisi önce $ZnCl_2$ ile katkılanarak oluşturulan filmlerin sonradan H_2S gazına maruz bırakılarak aşağıda gösterilen reaksiyona göre ZnS nanoparçacıkları oluşturmak mümkündür.

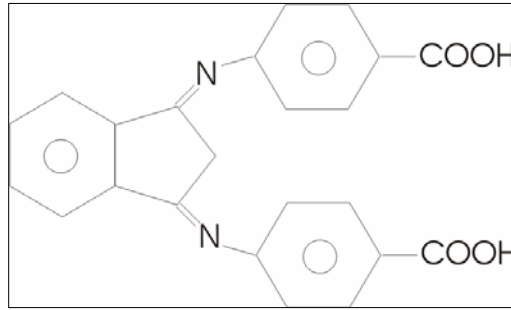


Zn içeren LB filmi H₂S gazına maruz bırakıldığı zaman çinko iyonlarıyla sülfür iyonları etkileşerek çinko sülfür (ZnS) nanoparçacıkları film içinde oluşur.

Bu projenin nihai amacı ZnS türü yarıiletken nanoparçacık içeren C₂₃H₁₆N₂O₄ kimyasal formüle sahip olan organik malzemenin LB tekniği ile ince filmlerinin ülkemizde üretmek ve bu filmlerin elektriksel özelliklerini incelemektir.

III-a Örneklerin Hazırlanması:

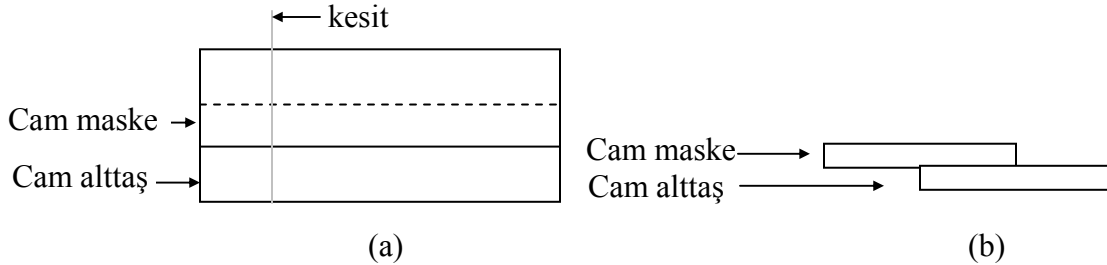
Bu çalışmada kullanılmak üzere hazırlanan örnekler HN29 olarak kodlanılan ve açık formülü Şekil 1’de gösterilen C₂₃H₁₆N₂O₄ organik malzemedir.



Şekil 1: Bu çalışmada kullanılan HN29 kodlu C₂₃H₁₆N₂O₄ organik malzemenin açık şekli

Bu kimyasal formüle sahip LB filmler, alttaş olarak, ticari olarak satılan 76x26 mm boyutlarındaki kaliteli mikroskop camları üzerinde değişik katmanlarda ve katkı malzemeler içerecek şekilde büyütüldü. Büyütülecek olan LB filmlerinin elektriksel ölçümlerin yapılabilmesi için büyütmenin yapılacağı cam alttaşın öncelikle uygun geometride metal ile kaplanması gerekmektedir.

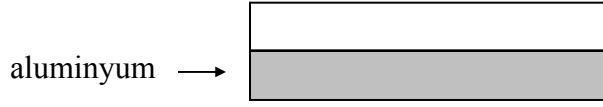
Bu sebeple, kullanılan bu camların alt elektrot kaplamadan önce temizlik işlemleri gerçekleştirildi. Temizlik işlemleri önce ultrasonik karıştırıcı içinde sırası ile saf su, aseton ve izopropil alkol ile temizlenerek yapıldı. Bu işlemdeki amaç cam üstündeki organik ve inorganik kirlerden arındırmaktır. Cam alttaşların üstüne, yine benzer işlemle temizlenmiş aynı boyuttaki camlar maske olarak kullanılarak alttaşın sadece yarısının alüminyum ile kaplanmasını sağlayacak şekilde maskeler yerleştirildi (Şekil 2).



Şekil 2: Cam alttaş ve üstündeki camdan maske (a) üstten görünüş, (b) kesitten görünüş

Temizlenen ve üzerlerine maskeleri yerleştirilen cam alttaşlar alt elektrot kaplamak üzere vakum düzeneğine yerleştirildi. Alt metal elektrot, termal buharlaştırıcı düzeneğinde 10⁻⁶ Torr vakum

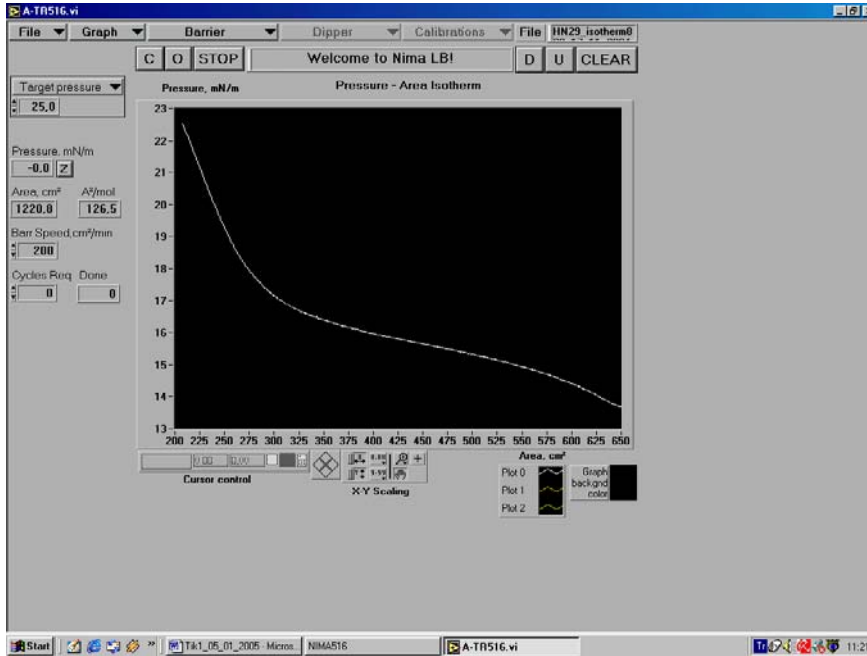
altında alüminyum buharlaştırılarak gerçekleştirildi. Buharlaştırma işleminden sonra yarısı alüminyum ile kaplı olan alt elektrotlu alttaşlar Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3: Alüminyum kaplanan cam alttaş

Yarısı metalle kaplanan cam alttaşlar artık üzerine organik malzemenin transfer edilmesi için hazır durumdadır. Transfer işleminden önce, HN29 kod numarası ile tanımladığımız kimyasal formülü $C_{23}H_{16}N_2O_4$ ve molekül ağırlığı 384 kg/mol olan büyütülecek organik molekülün özelliklerini karakterize edebilmek için Langmuir özellikleri olarak adlandırılan, molekülün su yüzeyi üzerindeki davranışı olan izoterm eğrisi elde edildi. Bunun yapılmasının amacı, elde edilen izoterm eğrisine göre katı yüzey (alt elektrotlu cam, Al_2O_3 +cam) üzerine transfer edilecek olan organik molekül için uygun basınç değerini elde etmektir.

3 mg HN29 organik molekülü, 8 ml kloroform ve 2 ml metanol ile çözülerek hazır hale getirildi. Saf su ile doldurulan Langmuir-Blodgett teknesine hazırlanan çözelti μ ’lik şırınga ile çözelti yüzeye serpilip kloroform ve metanolün buharlaşması için 15 dakika beklenerek, izoterm grafiğinden elde edilen ve katı faz olarak adlandırılan su yüzeyi üzerindeki moleküllerin sergilediği düzenli yapıya sahip olduğu basınç değeri yüzeyde oluşana kadar bariyerler kapatıldı. Bu eğrilerden HN29 çözeltisinin transferi için uygun basınç değerinin 22 mN/cm^2 olduğu tesbit edildi. Şekil 4, HN29’e ait izoterm grafiğini vermektedir.

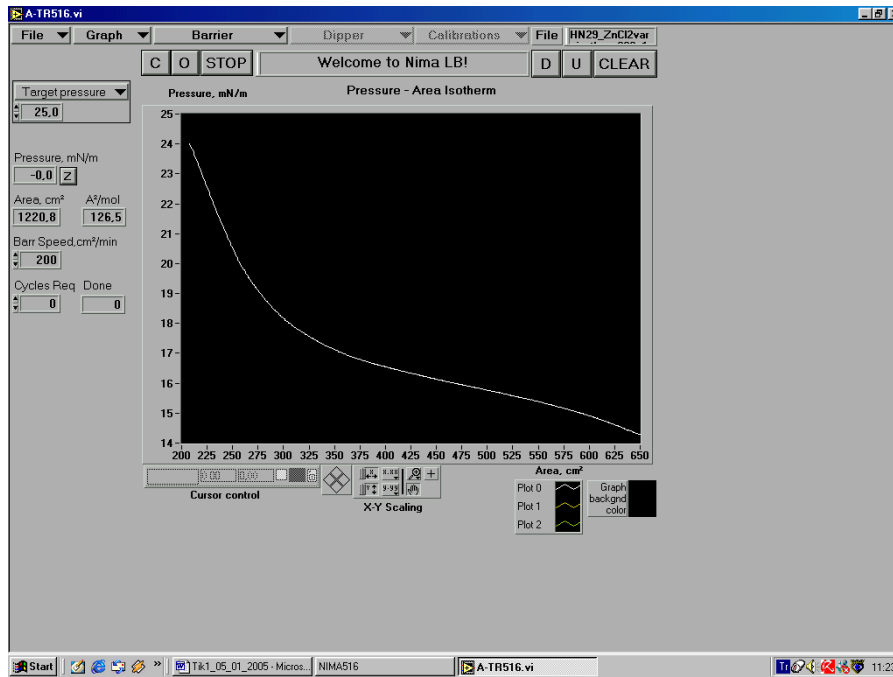


Şekil 4: HN29 molekülüne ait izoterm grafiği

Alt elektrot kaplanmış olan alttaşlar (Al_2O_3 +cam), üzerlerine LB film büyütülmek üzere düzeneğe yerleştirildi. Bu örnekler yerleştirilmeden önce yine üzerlerinde olabilecek olası kir ve tozlardan arındırılmak üzere tekrardan saf su ile yıkandı. Uygun basınç değeri olan 22 mN/cm^2 'ye ulaşıldığında Z-tipinde Al_2O_3 +cam üzerine 11 ve 21 tabaka kaplama işlemi gerçekleştirildi.

Daha sonra Langmuir-Blodgett teknesi temizlenerek, 5 mg ZnCl_2 10 ml saf su ile çözülerek 8 ml'lik kısmı Langmuir-Blodgett teknesine şırınga ile damlatıldı ve suya iyice karışması sağlandı. HN29 molekülü su üzerine μl 'lik şırınga ile serpilerek 20 dakika beklendi. Benzer karakterizasyon ve izoterm eğrisi ZnCl_2 eklenmiş HN29 için de yapıldı. Bu eğrilerden HN29+ ZnCl_2 çözeltisinin transferi için uygun basınç değerinin 20 mN/cm^2 olduğu tesbit edildi. Buna ait izoterm grafiği Şekil 5'de gösterilmiştir. Cam alttaşlar düzeneğe yerleştirilerek izoterm eğrisinden elde edilen transfer basınç değeri olan 20 mN/cm^2 ye kadar (Şekil 5) bariyerler sıkıştırılarak Z-tipinde 11 ve 21 tabaka olmak üzere kaplamalar yapıldı.

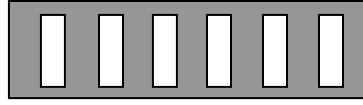
Yarısı aluminyum elektrot kaplı bulunan örneklerin yanı sıra transfer edilen filmlerin film kalitesini incelemek üzere optik ölçümlerin yapılabilmesi için metal kaplama yapılmamış camlar aynı deneysel koşullarda üzerine benzer kalınlıklarda filmler büyütüldü.



Şekil 5: HN29+ ZnCl_2 molekülüne ait izoterm grafiği

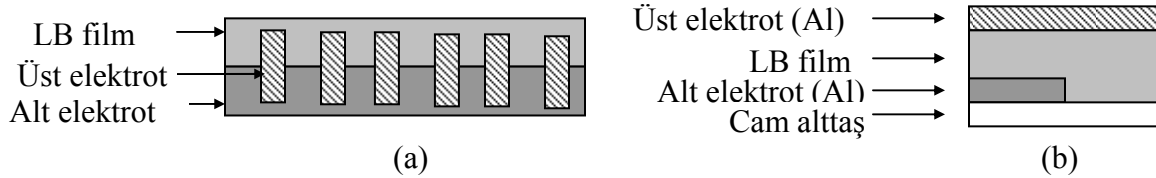
Katkılı ve katkısız LB film kaplanmış olan örneklerin elektriksel ölçümlerinin yapılabilmesi için gerekli olacak olan üst elektrot kaplama işlemi bu örnekler tekrar Ankara Üniversitesi'ne getirilerek üst elektrot kaplama işlemi YFAL'da gerçekleştirildi.

Üst elektrot için Şekil 6'da gösterilen ve herbirinin boyutları $20 \times 5 \text{ mm}$ olan birden çok dikdörtgen pencere bulunan maske kullanıldı. Üstüne bu maske yerleştirilmiş olan LB film kaplı örnekler vakum düzeneğine uygun şekilde yerleştirildi.



Şekil 6: Üst elektrot için kullanılan maske

Alt elektrot için yapılan benzer buharlaştırma işlemi üst elektrotların fabrikasyonunda da izlendi ve üst elektrotlar da alüminyum metali ile kaplandı. Alt ve üst elektrot yapılmış HN29 ince filmlerini içeren sandviç yapıdaki örneklerin son hali Şekil 7’de gösterilmiştir.

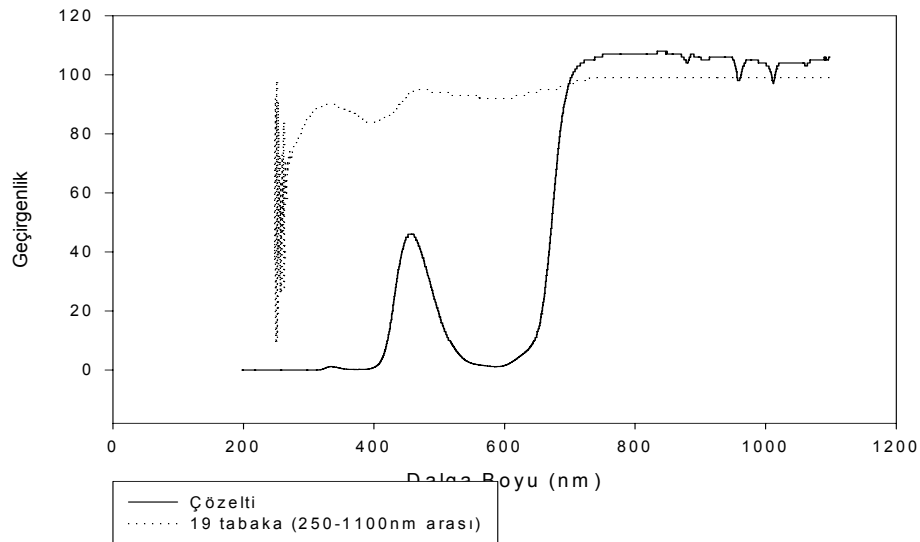


Şekil 7: LB film ve alt ve üst elektrotlar (a) üstten görünüş, (b) kesit

Böylece içinde yarıiletken parçacıklar bulunan LB incefilmler elektriksel ölçümlerin yapılabilmesi için hazır hale gelmiş olmaktadır.

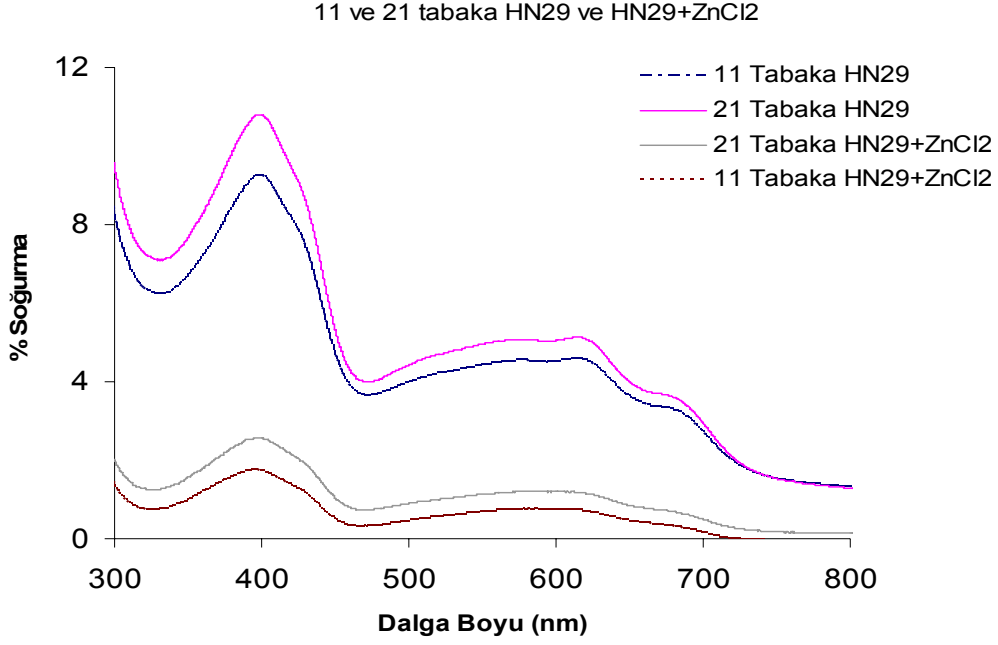
III-b Ölçümler

HN29 çözeltisini LB yöntemi ile cam alttaş üstüne transfer işlemi incelemek için çözeltinin ve cam üzerindeki filmlerin görünür ve morötesi ötesi (UV) spektrumlarına bakıldı. Benzer işlemler daha sonra üst elektrotların fabrikasyonu sırasında filmlerin özelliklerini etkileyip-etkilemediğini sınamak için tekrardan yapıldı. Şekil 8 HN29 çözeltisinin ve bu çözeltiden yapılan 21 tabaka LB filmin 200 ile 1200 nm dalgaboyu aralığındaki soğurma spektrumlarını vermektedir. Şekil 8’den görüleceği gibi her iki spektrumda da 340 ve 460 nm dalgaboylarında soğurma pikleri görülmektedir. Bu sonuç filmlerin cam üzerine transfer edildiğini göstermektedir. Benzer sonuçlar 21 tabakalı HN29 filmler için de elde edilmiştir.



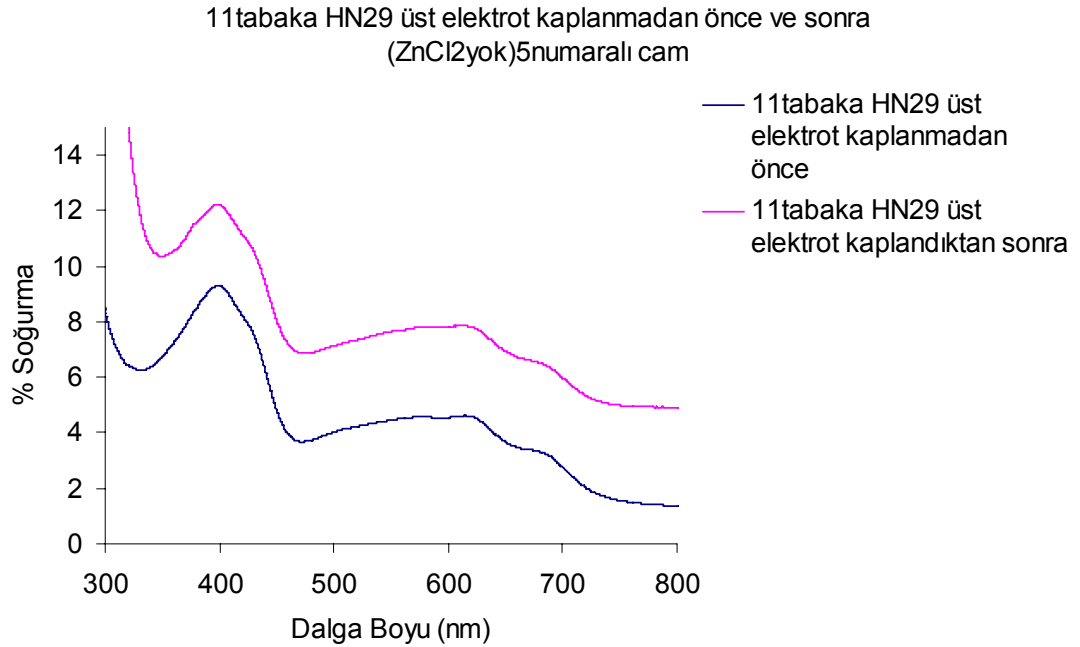
Şekil 8: HN29 çözeltisinin ve LB film tekniği ile cam üzerine transfer edilen 21 tabakalı ince filmin geçirgenliği. Görüldüğü gibi soğurma eğrisi aynı noktalarda maksimum vermektedir.

Şekil 9 ise 11 ve 21 katman içeren saf ve Zn katkılanmış HN29 LB filmin UV spektrumunu göstermektedir. Görüldüğü gibi Zn katkılanması film kalitesini değiştirmemekte sadece soğurma spektrumunu %1 oranında arttırmaktadır.



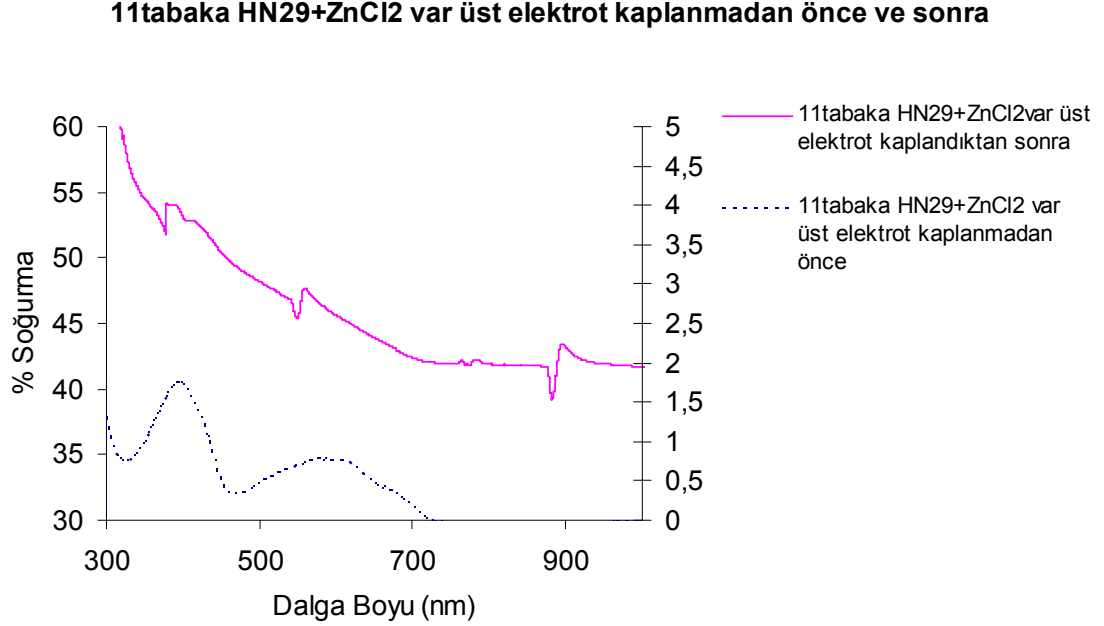
Şekil 9: 11 ve 21 tabaka HN29 çözeltisinden oluşan örneklerin Zn katkılanmadan önceki ve sonraki soğurma spektrumu

Şekil 10 ise metal alttaş üzerinde 11 katman olarak büyütülen HN29 LB filminin üst elektrot kaplaması sırasında kaplama işleminden ne kadar etkilendiğini göstermektedir. Görüldüğü gibi üst elektrot fabrikasyonu esnasında soğurma %8 oranında bir artış olmuştur.



Şekil 10: 11 tabaka kaplanmış ve Zn katkılanmış HN29 LB filmin üst elektrot kaplanmadan önce ve sonraki soğurma spektrumları

Şekil 11 ise metal alttaş üzerinde 11 katmanlı olarak büyütülen ve $ZnCl_2$ katkılı HN29 LB filminin üst elektrot kaplaması sırasında kaplama işleminden ne kadar etkilendiğini göstermektedir. Görüldüğü gibi Zn içeren filmlerin soğurması Zn içermeyen LB filmlere göre %15 daha fazladır.



Şekil 11: 11 tabaka kaplanmış LB filmin üst elektrot kaplanmadan önce ve sonraki soğurma spektrumları

IV. Analiz ve Bulgular

HN29 ve HN29+ $ZnCl_2$ çözeltilerinin katı yüzeye transferi için gerekli olan uygun basınç değerlerini saptamak için bu çözeltilere ait izoterm eğrilerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu iki çözelti için izoterm eğrileri film büyütme işleminden hemen önce elde edildi. Bu izoterm eğrilerinden HN29 çözeltisinin transfer edilebilmesi için uygun basınç değerinin 22 mN/cm^2 ve HN29+ $ZnCl_2$ çözeltisi için ise 20 mN/cm^2 olduğu tesbit edildi. Bu bilgiler doğrultusunda $C_{23}H_{16}N_2O_4$ organik malzemesi *ilk kez* başarılı bir şekilde LB tekniği ile cam yüzeyine Z-tipinde 11 ve 21 tabakalı çoklu katmanlar şeklinde transfer edildi.

Cam üzerinde büyütülen örneklerin UV spektrumları çözeltinin UV spektrumları ile karşılaştırıldığında bu transfer işleminin gerçekleşmiş olduğu gözlemlendi. Farklı katmanlı filmlerin UV spektrumları incelendiğinde katman sayısının artması ile filmlerin UV soğurmasının arttığı görülmektedir. Soğurmanın kalınlıkla artacağı bilgisi doğrultusunda bu beklenen bir sonuçtur ve farklı katmanlı filmlerin alttaş üzerinde büyütülebildiğini göstermektedir.

Farklı katmanların UV spektrumunun yanı sıra katkısız ve $ZnCl_2$ ile katkılanmış HN29 filmlerin UV spektrumları da bu çalışmada incelenerek katkı malzemesinin filmlerin optik özelliklerini nasıl değiştirdiği incelendi. Bu filmlerin UV spektrumuna bakıldığında $ZnCl_2$ etkisinden dolayı soğurmanın yaklaşık % 8 oranında arttığı görülmektedir.

Organik LB filmlerin üst elektrot kaplanması sırasında metal buharlaştırılmasından dolayı oluşabilecek ısı etkilerinden etkilenip etkilenmediğini incelemek için ise bu filmlerin metal kaplamadan önce ve sonraki UV soğurma spektrumları incelendi. Sonuçlar ısı etkinin UV soğurma spektrum karakterini bozmadığını ancak soğurmanın $ZnCl_2$ içeren örneklerde daha fazla olduğu görülmektedir. UV soğurma verilerinden üst kontak fabrikasyonu esnasında filmin üst katmanlarında tahribat olduğu sonucuna varılabilir ancak bu katmanların ne kadarının tahrip olduğuna yönelik henüz bir deney yapılmadı.

V. Sonuç ve Öneriler

Bu projede kimyasal formülü $C_{23}H_{16}N_2O_4$ olan HN29 kodlu organik malzeme LB tekniği ile Z-tipinde 11 ve 21 tabakalar şeklinde ince film olarak cam alttaş üzerinde büyütüldü. Bu filmlerin içine II-VI grup yarıiletken nanoparçacıklar (ZnS) yerleştirebilmek için önce $ZnCl_2$ çözeltisi karıştırılarak Zn içeren HN29 filmler ilk kez elde edildi. Filmlerin elektriksel özelliklerinin incelenebilmesi için benzer filmler aynı deneysel koşullarda alt elektrot kaplanmış olan cam alttaş üzerinde de büyütüldü.

Büyütülen LB filmlerin kalitesi bu filmlerin büyütme sonrasında UV spektrumuna bakılarak incelendi. Bu sonuçlardan organik moleküllerin film yüzeyine transfer edildiği ve film katman sayısının büyütme esnasında kontrol edilebildiği anlaşılmaktadır. Benzer soğurma spektrum analizi $ZnCl_2$ içeren HN29 için de yapıldı.

Filmlerin elektriksel özelliklerini inceleyebilmek için alt elektrotlu alttaş üzerinde büyütülmüş olan HN29 ve HN29+ $ZnCl_2$ katkılı filmlerin üstüne üst elektrotlar kaplanarak metal-organik film-metal şeklinde sandviç yapı oluşturuldu. Bu yapı filmlerin elektriksel özelliklerini inceleyebilmemizi olanaklı duruma getirdi. Üst elektrot kaplaması sırasında LB filmlerin üst katmanlarının tahrip olduğu ancak bu katmanlardan ne kadarının tahrip olduğuna yönelik kuantitatif sonuçlar elde edilmedi.

Projenin elverdiği süre içerisinde Zn katkılı HN29 organik filmlerin büyütülmesi, karakterizasyonu ve Zn etkisi incelenerek bu filmlerin hedeflenen ZnS katkılı durum için elektriksel ve optik ölçümlerin yapılmasına hazır hale getirildi. Ancak zaman kısıtlılığı nedeni ile Zn içeren filmlerin H_2S gazına maruz bırakılarak ZnS oluşumu ve bu yapının elektriksel ölçümlerinin gerçekleştirilmesi projenin kesin raporunun yazıldığı zamana kadar yetiştirilemedi.

Projenin laboratuvarımıza kazandırdığı donanım desteği ve momentum ile bu filmlerin H_2S gazına maruz bırakılıp içinde ZnS nanoparçacıklar oluşturularak bu katkıların LB filmin elektriksel ve optik özelliklerini nasıl değiştirdiğini incelemek mümkün olabilecektir.

VI. Kaynaklar

1. Çapan, R., Hassan, A. K., Nabok, A. V., Ray, A. K., Richardson, T., Simmonds, M. C. ve Sammon, C. 2003. Formation of nanocomposite Langmuir-Blodgett alternate multilayers. IEE Proc-Circuits Devices Syst., Vol. 150, No. 4, August 2003.
2. Khun H., Mobius D., Bucher H., *Phys. Methods of Chem.* **1** 1972, 577

3. Mahmood, F. S., Gould, R. D., Hassan, A. K. ve Salih, H. M. 1995. D.c. properties of ZnO thin films prepared by r. f. magnetron sputtering. Thin Solid Films 270 (1995) 376-379.
4. Malik, S., Ray, A. K., Hassan, A. K. ve Nabok, A. V. 2002. CdS Nanoparticles embedded in Metal-Insulator-Semiconductor structures. TA3: Nanocrystalline structures and particles. August 27. 2002.
5. Nabok, A. V., Richardson, T., Davis, F. ve Stirling, C. J. M. 1997. Cadmium Sulfide Nanoparticles in Langmuir-Blodgett films of Calixarenes. Langmuir 1997, 13, 3198-3201.
6. Nabok, A. V., Hassan, A. K. ve Ray, A. K. 1999. Optical and electrical characterization of polyelectrolyte self-assembled thin films. Materials Science and Engineering C 8-9 (1999) 505-508.
7. Nabok, A. V., Iwantono., Ray, A., Larkin, I. ve Richardson, T. 2002. Evolution of CdS nanoparticles self-assembled within two-dimensional Langmuir-Blodgett layers. J. Phys. D: Appl. Phys. 35 (2002) 1512-1515
8. Nabok, A. V., Iwantono, B., Hassan, A. K., Ray, A. K. ve Wilkop, T. 2002. Electrical characterisation of LB films containing CdS nanoparticles. . Materials Science and Engineering C 22 (2002) 355-358.

VII. Ekler

a) Mali Bilanço ve Açıklamaları

Projeden tahsis edilen 15 milyar TL ve sonradan talep edilen 1 milyar TL ek bütçenin 14 milyar TL kısmı aşağıdaki aletlerin alımında kullanılmıştır. Projede öngörülen yol giderleri için tahsis edilen yaklaşık 500 milyon TL tutarındaki miktar ise kullanılmamıştır. Aşağıda proje kapsamında alınan aletlerin ayrıntılı fiyatları verilmektedir.

1- İnce film kalınlık ölçüm aleti (İnficon)	7 350 000 000 TL + KDV
2- GPIB kartı ve kablosu (Keithley)	1 050 000 000 TL + KDV
3- İyon tüpü (2 adet) (Varian)	1 000 000 000 TL + KDV
4- Silikon sensör (2 adet) ve ısıtıcı(LakeShore)	1 070 000 000 TL + KDV
5- Masaüstü bilgisayar	950 000 000 TL + KDV
6- Çok fonksiyonlu lazer yazıcı (hp Laserjet3020)	703 000 000 TL + KDV

b) Makine ve Teçhizatın Konumu ve İlerideki Kullanımına Dair Açıklamalar (BAP Demirbaş numaraları dahil)

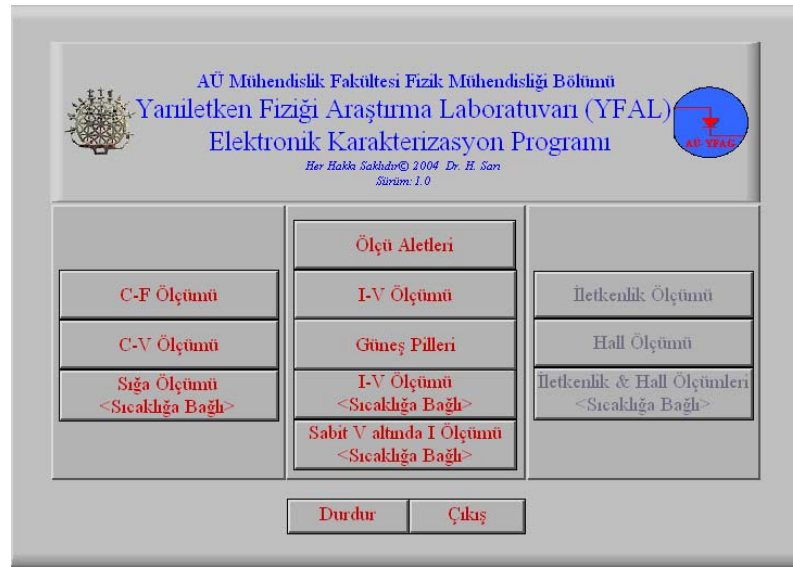
Proje kapsamında alınan aletler Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü Yarıiletkenler Laboratuvarı'nda (YFAL) bulunan deney düzeneklerine monte edilerek bu düzeneklerin ölçüm kapasiteleri ve hassasiyetleri önemli ölçüde geliştirilmiştir.

İyon ölçer tüp ve ince film kalınlık ölçü aleti YFAL'da bulunan KEY vakum düzenegine takılmıştır. Bu yeni donanımlar ile daha önce düzenekte bulunan vakum ölçer birimi ile

doğrudan ölçülemeyen vakum düzeyi bu iyon ölçer tüp sayesinde hassas bir şekilde yapılabilmektedir. Kalınlık ölçüm aygıtının vakum düzeneğine bağlanması ile film üzerine yapılan metal kontakların kalınlığı buharlaştırma esnasında hassas bir şekilde ölçülebilmektedir. Fabrikasyon tekniğindeki bu kontrol sayede deneylerin tekrarlanabilirliği önemli ölçüde artırılmış ve filmlerin buharlaştırma esnasında zarar görmesi en aza indirilmiş olmaktadır.

Silikon sensörler ve ısıtıcılar ise laboratuvarında bulunan ve düşük sıcaklıklarda elektriksel ve optik ölçüm alınmasını olanaklı kılan Janis marka kroystat birimine eklenerek bu birimin düşük sıcaklıklarda ve aynı zamanda sıcaklığa bağlı olarak elektriksel ölçümlerin yapılmasına olanak sağlamıştır.

GPIB kart ve kabloları ölçü aletlerini kontrol etmek için alınan masaüstü bilgisayara takılarak laboratuvardaki ölçü aletlerinin otomatik kontrolünü ve veri alınmasını kolaylaştırarak daha güvenilir hale getirmiştir. Aletlerin otomasyonu için geliştirilen ve tarafımızdan yazılımı yapılan LABVIEW programı ile laboratuvardaki bütün aletlerin kontrolü bilgisayar aracılığı ile yapılabilmektedir. Bu yazılımın kullanıcı ara yüzü Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 12: Elektriksel ölçümleri yapabilmek için geliştirilen programın kullanıcı ara yüzü

c) Teknik ve Bilimsel Ayrıntılar (varsa Kesim III'de yer almayan analiz ayrıntıları)

-

d) Sunumlar (bildiriler ve teknik raporlar)

Poster sunumu, Türk Fizik Derneği 22. Fizik Kongresi, 14-17 Eylül 2004, Bodrum-Türkiye (BAP katkısı belirtildi)

e) Yayınlar (hakemli bilimsel dergiler) ve tezler

Bu çalışmada HN29 kodlu $C_{23}H_{16}N_2O_4$ organik malzemesi ilk kez LB tekniği ile cam yüzeyine değişik katmanlarda transfer edildi. HN29 içinde ZnS oluşturulması ile oluşacak olan yarıiletken nanoparçacıkların optoelektronik teknolojisinde ilgi uyandıracak sonuçlar vereceğini ve bu çalışmanın ileride yayınlanması planlanmaktadır.