



Yeni Bir Biyobozunur Ag-Soya Yağı Nanokompozit Polimerin Elektronik Uygulaması

Electronic Application of a New Biodegradable Ag-Soybean Oil Nanocomposite Polymer

Necati Başman^{1*} , Rukiye Uzun¹ , Özlem A. Kalaycı² , Baki Hazer³

¹Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

²Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Zonguldak, Türkiye

³Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Öz

Bu çalışmada biyobozunur bir yeni Ag@Soya yağı nanokompozit polimeri sentezlenerek elektronik uygulaması araştırıldı. Soya yağı gümüş nanoparçacıkları (Ag NPs) ortamında, oda sıcaklığında atmosferik oksijene maruz bırakılarak oto-okside edildi. Nanokompozitin optik özellikleri UV-VIS ve floresans spektrometresi ile belirlendi. Elde edilen Ag@Soya yağı nanokompoziti kullanılarak bir Ag/Ag@Soyayağı/p-Si metal-ara tabaka-yarı iletken (MAY) Schottky diyodu yapıldı. Bu diyodun karakterizasyonu Akım-Gerilim (I-V) ölçümleri ile yapıldı ve MAY Schottky diyodun doğrultucu davranış gösterdiği gözlemlendi. Yarı-logaritmik I-V grafiğinde farklı eğimlere sahip iki ayrı lineer bölge gözlemlendi. Bu davranış paralel iki diyot ile modellendi ve MAY yapının idealite faktörü, bariyer yüksekliği, seri direnci ve şönt direnci hesaplandı.

Anahtar Kelimeler: Biyobozunur polimerler, Elektronik özellikler, Schottky diyotlar, Soya yağı

Abstract

In this study a new Ag@Soybean oil nanocomposite biodegradable polymer was synthesized and its electronic application was investigated. Soybean oil was autoxidized by exposure to atmospheric oxygen at room temperature with the presence of silver nanoparticles (Ag NPs). The optical properties of nanocomposite was estimated by UV-VIS and fluorescence spectrometer. The obtained Ag@Soybean oil nanocomposite biodegradable polymer was used to fabricate Ag/Ag@Soybeanoil/p-Si metal-interlayer-semiconductor (MIS) Schottky diode. Characterization of this MIS structure were made by Current-Voltage (I-V) measurements and, it was observed that the MIS structure showed rectification behavior. Two distinct linear regions with different slopes were observed in the forward bias semi-logarithmic I-V plot of this diode which were modeled with two parallel diodes. Ideality factor, barrier height, series resistance and shunt resistance of the MIS structure were calculated.

Keywords: Biodegradable polymers, Electronic properties, Schottky diodes, Soybean oil

1. Giriş

Schottky diyotlar bir metal ile katkılanmış bir yarı iletkenin kontak haline getirilmesiyle oluşturulan metal yarı iletken eklemlerdir. Bu diyotlar nokta kontak diyotlara göre daha düşük seri direnç, düşük gürültü karakteristiği ve yüksek kapasitelere sahiptir. Sahip oldukları bu avantajlı özelliklerinden dolayı Schottky diyotlar üzerine çalışmalar

uzun süredir devam etmektedir (Tagmouti vd. 1997, Bozkurt vd. 1997, Rhoderick ve Williams 1988, Kılıçoğlu 1988, Keiichi ve Wataru 2001, Sze ve Kwok 2007, Çankaya vd. 1999, Güllü ve Türüt 2010, Başman vd. 2015, Dağdelen ve Aydoğdu 2006).

Schottky diyotlarda metal ile yarı iletken arasına doğal ya da yapay olarak oluşturulan ara tabakanın, bu kontakların elektriksel özelliklerini ve fiziksel parametrelerini değiştirdiğinin görülmesiyle metal/ara tabaka/yarı iletken (MAY) yapılarla ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Şu ana kadar organik bir yarı iletken/yalıtkan ara tabaka kullanarak bariyer yüksekliğinin değiştirilmesi ve kontrolü üzerine, ya da kullanılan ara tabakanın karakteristiklerinin belirlenmesi üzerine

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: nbasman@gmail.com

Necati Başman orcid.org/0000-0002-8421-641X

Rukiye Uzun orcid.org/0000-0002-2082-8695

Özlem A. Kalaycı orcid.org/0000-0001-6563-9145

Baki Hazer orcid.org/0000-0001-8770-805X

pek çok çalışma yapılmıştır (Campbell vd. 1996, Migahed vd. 2004, Güllü vd. 2008, Başman vd. 2015). Yapılan bu çalışmalar kullanılan ara tabaka ile bariyer yüksekliğinin azaltılabildiğini ya da artırılabilirdiğini göstermiştir.

Biyopolimerler, biyolojik kökenli organizmaların ara ya da ana ürünlerinin sentetik olarak polimerizasyonundan veya organizmanın doğrudan polimerize olarak üretilmesi sonucu elde edilen polimerlerdir. Biyopolimerler, bitki, hayvan, mantar, alg veya bakteriler gibi canlı organizmalar tarafından üretilen malzemelerdir (Özdemir ve Erkmekçi 2013). Sentetik ürünlere kıyasla kolay bir şekilde asimile edilebilirler ve biyoyumlu olduklarından mevcut organizmalarda toksin etkiye sebep olmazlar. Bu polimerler, bulunabilirlikleri, biyobozunurlukları, düşük fiyatları ve düşük toksin etkileri sebebiyle kimya endüstrisinin oldukça dikkatini çekmişlerdir (Shimada vd. 1992, Allı ve Hazer 2011, Lligadas vd. 2013, Miao vd. 2014, Hazer 2014, Allı vd. 2014, Allı vd. 2015).

Soya yağı, bitkisel kaynaklı kolay ulaşılabilir ucuz bir hammaddedir. Bitkisel kökenli yağlar arasında trigliserit başına düşen çift bağ sayısı oranının yüksek olması sebebiyle biyopolimer üretiminde önemli bir yer tutmaktadır. Soya yağı temelli polimerler, kaplamalar, mürekkepler, plastikleştiriciler, yağlayıcılar ve agrokimyasal ilaçların üretilmesi için petrol türevli polimerlerin yerine kullanılmaktadırlar (Stirna vd. 2013, Ateş vd. 2015).

Gelişen nanoteknoloji çalışmaları yeni organik-inorganik kompozitlerin üretiminin yanında teknolojiye uygulanabilecek alanları bulmak yönünde de ilerlemektedir. Metal nanoparçacıkların organik bir tabakaya yerleştirilmesiyle, optik, elektronik, termal, biyomedikal ve antibakteriyel özellikleri kendini oluşturan matris elemanlardan farklı yeni nanokompozit yapıların geliştirilmesini sağlamıştır (Kumar vd. 2008, Kalaycı vd. 2010, Kalaycı vd. 2013, Hazer ve Akyol 2016).

Son dönemlerde Hazer ve Kalaycı antibakteriyel malzeme hazırlamak amacıyla, gümüş nanoparçacıkları polimerik soya yağı içinde stabilize etmeyi başarmışlardır (Hazer ve Kalaycı 2017). Bu yeni malzemenin elektronik uygulamaları ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada yeni tip gümüş nanoparçacıklar yerleştirilmiş bitkisel kaynaklı soya yağının bir diyot uygulamasında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

1.1. Teorik Bilgiler

Schottky kontaklarda bir potansiyel engeli üzerinden elektron taşınması işlemi termoyonik emisyon teorisi ile

açıklanmaktadır. İdealite faktörü (n) ve bariyer yüksekliği (ϕ_b) bir Schottky diyodu karakterize eden en önemli parametrelerdendir. İdealite faktörü bir diyodun iletim mekanizmasının ideal *Termiyonik Emisyon Teorisi'*nden sapmasını gösterirken, bariyer yüksekliği, yarı iletkenin fermi seviyesi ile çoğunluk taşıyıcıları band sınırı arasındaki enerji farkını belirtir. Bu iki parametre *Termiyonik Emisyon Teorisi* ile hesaplanır. *Termiyonik Emisyon Teorisi* ile ilgili detaylı bilgiler literatürde bulunabilir (Rhoderick ve Williams 1988, Sze ve Kwok 2006, Güllü vd. 2008).

*Termiyonik Emisyon Teorisi'*ne göre, idealite faktörü, ileri besleme yarı-logaritmik $\ln(I)-V$ grafiğinin doğrusal kısmının eğiminden

$$n = \frac{q}{kT} \left[\frac{\partial V}{\partial (\ln I)} \right] \quad (1)$$

ifadesiyle bulunur. Bu ifadede q , k ve T sırasıyla elektron yükünü, Boltzman sabitini ve ortam sıcaklığını belirtmektedir.

Bariyer yüksekliği ise

$$\phi_b = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{AA^* T^2}{I_0} \right) \quad (2)$$

ifadesiyle bulunur. Bu ifadede diyot alanı, ters doyma akımı ve Richardson sabiti olup p -Si için $32 \text{ A/cm}^2\text{K}^2$ değerine sahiptir.

2. Gereç ve Yöntem

Soya yağı Çotanak/Altas, Yağ Su ve Tarım Ürünleri Gıda İnşaat Otomotiv Nakliyat San ve Tic AŞ Ordu Turkey firmasından temin edildi. Soya yağı şunları içermektedir; palmitik asit (11.6 ağı%), stearik asit (4.9 ağı%), oleik asit (33.7 ağı%), linoleik asit (42.0 ağı%) and linolenik asit (3.63 ağı%). AgNO_3 metal tuzu Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir.

Schottky diyot yapısının organik ara tabakasını oluşturan Ag nanoparçacıkları içeren soya yağının oksidasyonu gün ışığı altında, oda sıcaklığında ve havaya maruz bırakılarak gerçekleştirilmiştir. Akışkan soya yağı petri kabına (çap = 14.5 cm, yağ kalınlığı: 1.0 mm) yayılmıştır. 26 gün boyunca yağın değişimi gözlenmiştir. Aynı şekilde nanokompozit yapı %1 mol oranında AgNO_3 metal tuzu içerecek şekilde hazırlanan soya yağı petri kabına yayılarak aynı sürede takip edilmiştir. Birkaç gün içerisinde nanoparçacık içeren soyayağının molekül ağırlığı artmış açık sarı rengi kahverengine dönmüştür. Ancak saf soya yağı aynı sürede akışkanlığını korumuş ve renk değişimi olmamıştır. Yirmialtıncı gün de 5 ml toluen içerisinde nanokompozit yapı bulunan

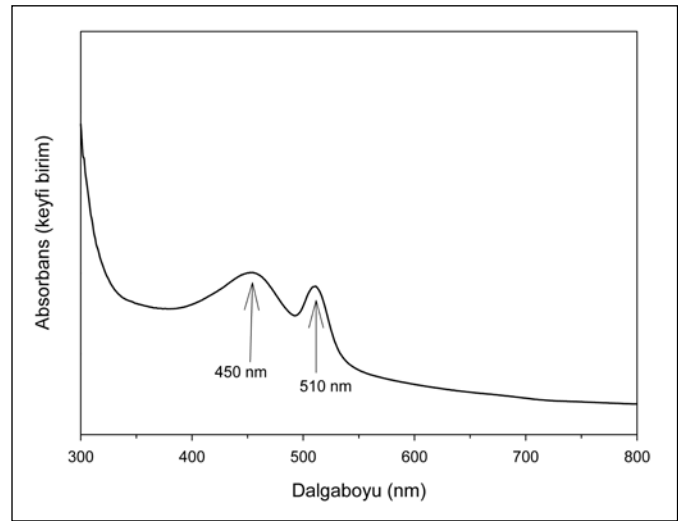
çözeltinin optiksel özellikleri incelenmiştir. Metal-ara tabaka-yarıiletken (MAY) diyod yapımında *p*-tipi silisyum (100) kullanıldı. Silisyum yarı iletkeni kimyasal temizleme işleminden geçirildi ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ çözeltisinde kaynatma ve ardından $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ çözeltisinde 10 dk. kaynatma). Omik kontak silisyum yarı iletkenin mat kısmına alüminyum buharlaştırılarak yapıldı. Yarı iletkenin parlak yüzeyindeki oksit tabaka 1:10 $\text{H}_2\text{O}/\text{HF}$ çözeltisiyle kaldırıldıktan sonra deiyonize suda 30 dk. bekletildi. Daha sonra yarı iletken Azot gazı ile kurutuldu. Kurutulan *p*-Si yarı iletkenin parlak yüzüne daha önce hazırlanan Ag@Soyayağı toluen ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3$) çözeltisinden damlatıldı. Toluen buharlaştıktan sonra yarı iletken yüzeyinde ince bir Ag@Soyayağı filmi oluştu. Bu ince film üzerine, gümüş pasta ile yaklaşık 1mm çapında nokta şeklinde metal kontak oluşturuldu. Böylelikle Ag/Ag@Soyayağı/*p*-Si MAY Schottky diyodu elde edilmiş oldu. Bu yapının akım-gerilim (*I-V*) ölçümleri, Keithley 6487 Picoammeter/Voltage cihazı ile oda sıcaklığında yapıldı.

3. Sonuçlar ve Tartışma

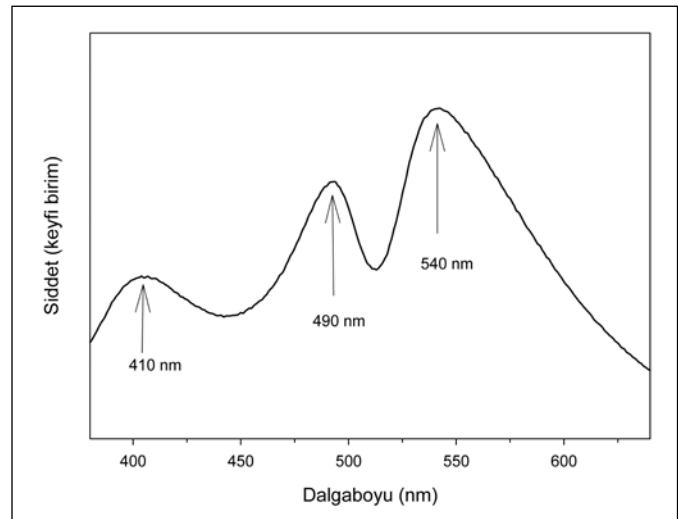
Metal nanoparçacıkların optiksel absorpsiyon spektrumları üzerinde parçacık büyüklüğü, yapı (küresel, çubuk vb.), parçacık yığınları, parçacıklar arası mesafe ve matris özellikleri etkilidir. Örneğin büyüklüğe bağlı olarak bir gümüş nanoparçacığın yüzey plazmon titreşimlerinden kaynaklanan dalga boyu değeri kırmızıya kayma gösterebilir. Ayrıca, iki boyutlu çubuk formunda bir nanoparçacık için absorpsiyon spektrumunda her iki boyutun izlerine rastlanabilir. Şekil 1'de %1 oranında AgNO_3 ilave edilmiş soya yağının 26 gün açık havada ve gün ışığında oksidasyonu sonucu elde edilmiş Ag@Soyayağı nanokompozit yapısının toluen çözeltisi içerisinde UV-Görünür bölge absorpsiyon spektrumu verilmiştir. Mie teorisine göre, küresel metal bir nanoparçacık için absorpsiyon spektrumunda yüzey plazmon titreşimlerinden kaynaklanan tek bir yüzey plazmon titreşim band değeri beklenir. Band sayısı artış gösterdiğinde nanoparçacığın yapısal simetrisi azalır. Küresel, üçgen, levha veya disk şeklinde nanoparçacıkların varlığında bu band sayısı artar. Pal vd. (2007) kesilmiş üçgen formunda gümüş nanoparçacıkların absorpsiyon spektrumunda 418 nm ve 514 nm de iki simetrik band değeri elde etmişlerdir. Benzer olarak, Şekil 1 de Ag@Soyayağı kompozit yapısı içerisindeki gümüş nanoparçacıklar için absorpsiyon spektrumunda 450 ve 510 nm de iki band değerine rastlanmıştır. Bu durum, çözelti içerisinde farklı yapısal dağılıma sahip nanoparçacıkların olduğunu göstermektedir. Saf soya yağının ise UV-Görünür bölge absorpsiyon

spektrumunda 300-800 nm aralığında herhangi bir band gözlenmemiştir. Bu sebeple, nanokompozit çözeltisinin absorpsiyon spektrumunda sadece gümüş nanoparçacıkların katkısı mevcuttur.

Şekil 2' de Ag@Soyayağı nanokompozit yapısının 350 nm uyarım ile alınan floresans emisyon spektrumu verilmiştir. Şekilde 410, 490 ve 540 nm'de üç farklı dalgaboyunda pikler gözlenmiştir. 410 nm'de gözlenen pik gümüş nanoparçacıkları içermeyen saf soya yağının 350 nm uyarımlı emisyon spektrumunda da gözlenmiştir. Bu sebeple 490 ve 540 nm'de ki pikler absorpsiyon spektrumuna paralel olarak farklı büyüklük ve yapısal dağılımdaki nanoparçacıklara atfedilmiştir.



Şekil 1. Ag@Soyayağı nanokompozit yapısının toluen çözeltisindeki absorpsiyon spektrumu.



Şekil 2. Toluen çözeltisinde Ag@Soyayağı nanokompozit yapısının emisyon spektrumu.

Ag/Ag@Soyayağı/p-Si MAY Schottky diyodunun doğru ve ters besleme yarı-logaritmik akım-gerilim ($\ln(I)-V$) karakteristiği Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere yapı doğrultucu özelliği göstermektedir. Ters beslemede ki akımın gerilime zayıf bağlılığı ve doğru beslemede ki eksponansiyel artış doğrultucu kontakın karakteristikleridir (Güllü ve Türüt 2010). Şekilde dikkate çarpan önemli husus, $\ln(I)-V$ grafiğinin doğru beslemenin düşük ($0.0 < V < 0.3$) ve orta gerilim ($0.3 < V < 0.75$) bölgelerinde farklı eğimlere sahip iki ayrı lineer bölge göstermesidir. Bu lineer bölgeler düz bir çizgi uydurularak Şekil 3'te gösterilmiştir. Yarı-logaritmik akım-gerilim grafiğinde yüksek akımda meydana gelen eğrilik kontak telleri, ara tabaka ve yarı iletkenin direncinden kaynaklanan seri direnç (R_s) etkisi ile açıklanır (Güllü ve Türüt 2010, Başman vd. 2012)

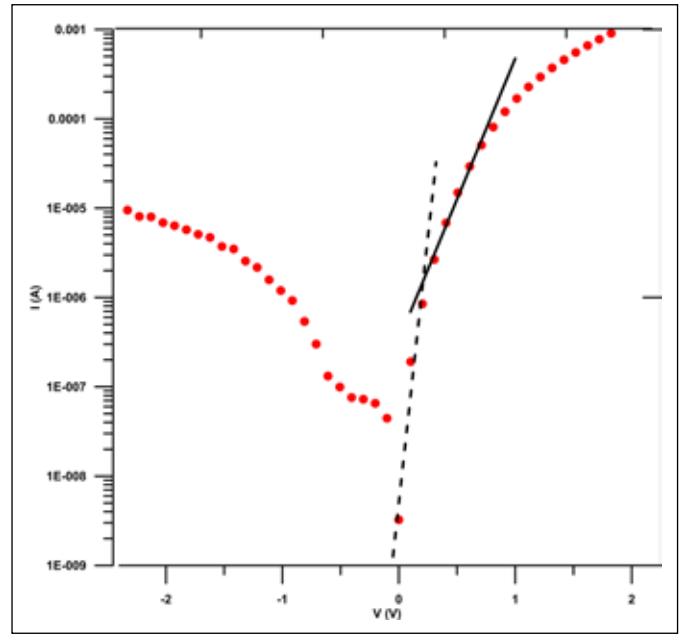
Düşük ve orta gerilim bölgelerindeki lineer davranış akım ve gerilim arasında ikili bir eksponansiyel ilişki olduğunu göstermektedir. Doğru beslemedeki bu iki lineer davranış paralel halde iki ayrı bariyer yüksekliği gösterir (Demirezen vd. 2013). Bu sebeple akım;

$$I = I_{01} \left[\exp\left(\frac{e(V - IR_s)}{n_1 kT}\right) - 1 \right] + I_{02} \left[\exp\left(\frac{e(V - IR_s)}{n_2 kT}\right) - 1 \right] + \left(\frac{V - IR_s}{R_{sh}}\right) \quad (1)$$

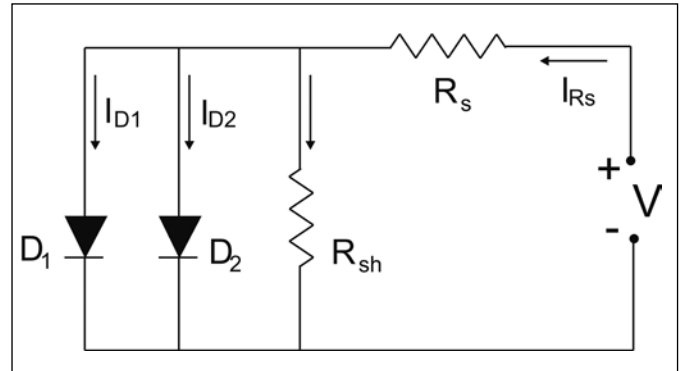
ile ifade edilir. Bu ifade I_{01} ve I_{02} ters doyma akımları ve n_1 ve n_2 diyot idealite faktörleridir. İki paralel diyot modeli için eşdeğer devre Şekil 4'te görülmektedir. Eşitlik 1'deki birinci ve ikinci terimler akımın difüzyon ve üreme-birleşme bileşenlerini ifade etmektedir. Bu eşitlikten yararlanılarak Ag/Ag@Soyayağı/p-Si MAY Schottky diyodu için hesaplanan ters doyma akımı (I_0), idealite faktörü (n) ve bariyer yüksekliği (ϕ_b) değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere ikinci diyot için bulunan n_2 değeri birinci diyot için bulunan n_1 değerinden çok daha yüksektir. Bu durum n değerinin uygulanan gerilime bağlı olduğunu gösterir. Yüksek n değeri ara yüzey durumlarına, kuantum mekaniksel tünellemelere, bariyer homojensizliğine ve seri direnç etkisine atfedilir (Güllü ve Türüt 2010, Demirezen vd. 2013). Yarı-logaritmik $I-V$ grafiğinde, yeterince yüksek gerilim bölgelerinde görülen eğrilikler seri direnç etkisinden kaynaklanır (Güllü ve Türüt 2010). Şekil 4'ten görülebileceği üzere seri direnç (R_s) ve şönt direnci (R_{sh}) Schottky bariyer diyotları için önemli parametrelerdir. Çünkü uygulanan gerilim diyodun deplasyon bölgesi ve seri direnci (R_s) tarafından paylaşılır. Paylaşılan gerilimin büyüklüğü ara tabaka kalınlığı, R_s

ve R_{sh} 'ye bağlıdır. Bu sebeple, bu aygıtın performansı, ara tabakanın kalitesine, kalınlığına, R_s ve R_{sh} 'a bağlıdır. R_s ve R_{sh} değerleri Şekil 5'te verilen $(dV/d(I))-V$ grafiğinden belirlenerek sırasıyla 741.6 Ω , 113.2 k Ω bulundu. Şekilden görüleceği üzere, yeterince yüksek ileri ve ters beslemelerde R_i değeri sırasıyla R_s ve R_{sh} 'a karşılık gelen sabit değerlere ulaşmaktadır. Bu değerlerden R_s ve R_{sh} 'ın gerilimin önemli fonksiyonları oldukları anlaşılmaktadır (Demirezen vd. 2013).

R_s değeri yeterince yüksek olduğunda $\ln(I)-V$ grafiğinin lineer bölge genişliği az olur. Bu durumda n ve ϕ_b değerlerinin hesaplanması için kullanılan yöntemin güvenilirliği azalır (Demirezen vd. 2013). Cheung ve Cheung, n ve ϕ_b ve R_s 'nin $I-V$ grafiğinin yüksek gerilim bölgesinden hesaplanabileceği



Şekil 3. Ag/Soyayağı-Ag/p-Si MAY Schottky diyodunun yarı-logaritmik akım-gerilim ($I-V$) karakteristiği.



Şekil 4. İki paralel diyot modeli için eşdeğer devre.

Çizelge 1. Ag/Ag@Soyayağı/p-Si MAY Schottky diyodu için hesaplanan bazı karakteristik parametrelerin deneysel değerleri

Diyot parametreleri	I-V Metod		Cheung-Cheung Metod	
	1. Lineer bölge (0-0.30 V arası)	2. Lineer bölge (0.30-0.75 V arası)	$dV/d\ln(I)-I$ (0.75-2)	$H(I) - I$
İdealite Faktörü (n)	1.41	5.33	9.49	-
Bariyer Yüksekliği (eV)	0.75	0.65	-	0.5821
Seri Direnç (Ω)	-	-	574.02	532,18
Ters doyma akımları (I_0)	4.97E-9	3,35E-7	-	

bir metod geliştirmişlerdir (Cheung ve Cheung 1986). Cheung ve Cheung'e göre bu parametreler aşağıdaki fonksiyonlardan hesaplanabilir.

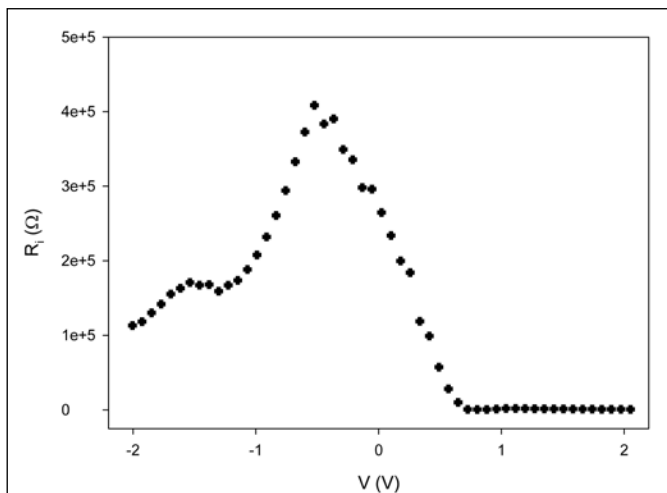
$$\frac{dV}{d\ln(I)} = IR_s - n\left(\frac{kT}{e}\right) \quad (2)$$

$$H(I) = V - n\left(\frac{kT}{e}\right)\ln\left(\frac{I}{AA'T^2}\right) \quad (3)$$

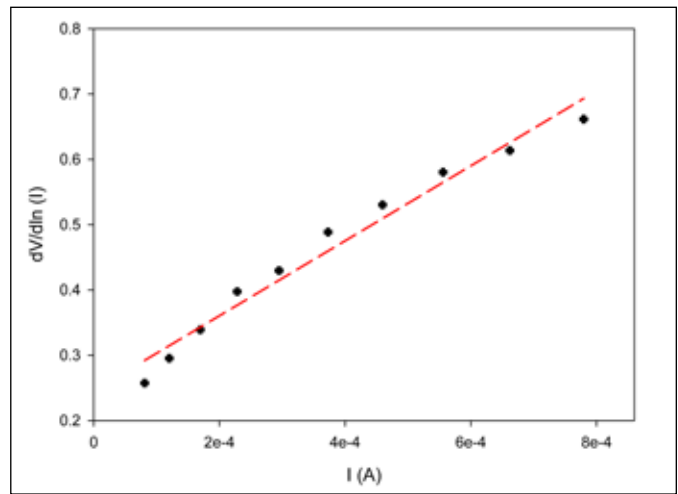
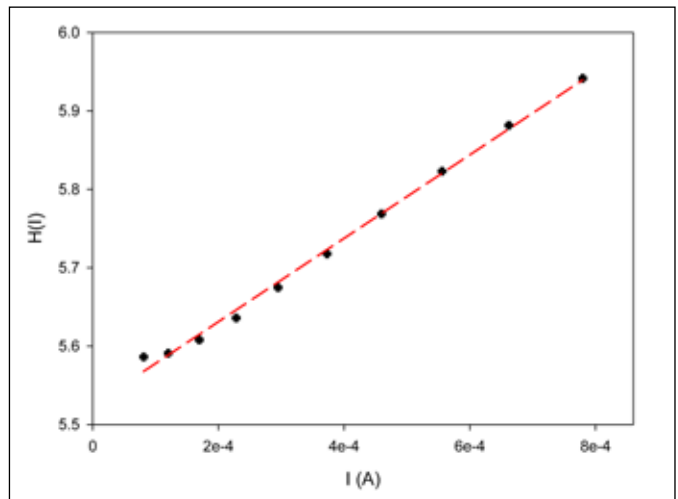
$$H(I) = IR_s + n\phi_b \quad (4)$$

$dV/d(\ln I) - I$ grafiğinin çizimi (Şekil 6) yüksek gerilim bölgesindeki eğrilik için bir doğru belirtir. Eşitlik (2)'ye göre bu doğrunun eğimi R_s 'yi ve $dV/d(\ln I)$ eksenini kestiği noktadan kT/e 'yi verir. Yapılan hesaplamalar sonucu n ve R_s değerleri sırasıyla 9.5 ve 574.0 Ω bulunmuştur. Öte yandan, Eşitlik (4)'e göre çizilen $H(I) - I$ grafiğinin (Şekil 7) eğimi ikinci bir R_s değeri daha verir. Yine aynı grafiğin $H(I)$ eksenini kestiği nokta $n\phi_b$ 'yi verir. Buna göre de ϕ_b ve R_s değerleri sırasıyla 0.58 eV ve 532.0 Ω bulunmuştur. Bu metottan elde edilen her iki R_s değeri birbirine yakın bulunmuştur.

$I-V$ ve *Cheung-Cheung* metodlarından hesaplanan idealite faktörleri ve bariyer yükseklikleri arasındaki fark, bu iki

**Şekil 5.** İki paralel diyot modeli için $V-R$ diyagramı.

metodun hesaplama için $\ln(I)-V$ grafiğinin farklı bölgelerini kullanmalarından kaynaklanmaktadır. $I-V$ metodunda seri direncin ihmal edildiği lineer bölge, *Cheung-Cheung* metodunda ise seri direncin ve ara yüzey durumlarının etkili olduğu lineer olmayan bölge kullanılır (Aydoğan vd. 2009).

**Şekil 6.** Yarı-logaritmik grafiği, yeterince yüksek gerilim bölgelerinde görülen eğriliklerin seri direnç etkisi.**Şekil 7.** Ag/Ag@Soyayağı/p-Si Schottky diyotlarının $H(I)-I$ grafiği.

Bu çalışma da yeni tip gümüş nanoparçacıklar yerleştirilmiş bitkisel kaynaklı soya yağının bir diyot uygulamasında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Öncelikle bu yeni biyobozunur polimer nanokompozit sentezlenmiş ve sonrasında optik ve elektronik karakterizasyonu ilk defa gerçekleştirilmiştir. Optik karakterizasyon sonucu, nanoparçacıkların farklı yapısal dağılıma sahip olduğu anlaşılmıştır. Sentezlenen polimer nanokompozit malzeme ara tabaka olarak kullanılarak bir MAY Schottky diyonu yapılmıştır. Diyodun Akım-Gerilim karakteristiği doğrultucu özellik göstermiştir. Yarı-logaritmik $I-V$ grafiğinde farklı eğimlere sahip iki ayrı lineer bölge gözlenmiştir. Bu davranış, paralel iki diyot ile modellenerek MAY yapının idealite faktörü, bariyer yüksekliği, seri direnci ve şönt direnci değerleri hesaplanmıştır.

4. Teşekkür

Bu çalışma Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu tarafından #2015-72118496-12 numaralı proje ile desteklenmiştir.

5. Kaynaklar

- Allı, A., Hazer, B. 2011. Synthesis and Characterization of Poly (n-Isopropyl Acryl Amide)-g- Poly(Linoleic Acid)/Poly (Linolenic Acid) Graft Copolymers. *J Am. Oil Chem. Soc.*, 88:255-263.
- Allı, A., Allı, S., Becer, CR., Hazer, B. 2015. Nitroxide Mediated Copolymerization of Styrene and Pentafluorostyrene Initiated by Polymeric Linoleic Acid. *Eur J Lipid Sci Tech.*, 118(2):279-287.
- Allı, A., Allı S., Becer, CR., Hazer, B. 2014. One-pot Synthesis of Poly (Linoleic Acid)-g-Poly (Styrene)-g-Poly (ϵ -Caprolactone) Graft Copolymers. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 91:849-858.
- Ateş, B., Köytepe, S., Ulu, A., Balcıoğlu, S. 2015. Yenilenebilir Kaynak Olarak Bitkisel Yağlardan Poliolsin Eldesi. *Poliuretan ve Kompozit Sanayi Dergisi*. (<http://www.putech-composites.com>)
- Aydoğan, Ş., Sağlam, M., Türüt, A., Önganer, Y. 2009. Series resistance determination of Au/Polypyrrole/p-Si/Al structure by current-voltage measurements at low temperatures. *Mater. Sci. Eng. C*. 29;1486-1490.
- Başman, N., Aslan, N., Uzun, O., Çankaya, G., Kölemen, U. 2015. Electrical Characterization of Metal/Diamond-Like Carbon/Inorganic Semiconductor MIS Schottky Barrier Diodes. *Microelectron. Eng.*, 140:18-22.
- Başman, N., Uzun, O., Fiat, S., Alkan, C., Çankaya, G. 2012. Electrical Characterization of a Pre-Ceramic Polymer Modified Ag/Poly(Hydridocarbyne)/p-Si Schottky Barrier Diode. *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, 23: 2282-2288.
- Cheung, SK., Cheung, NW. 1986. Extraction of Schottky diode parameters from forward current voltage characteristics. *Appl. Phys. Lett.* 49(2); 8-87.
- Çankaya, G., Uçar N., Ayyıldız E., Efeoğlu H., Türüt A., Tüzemen S, Yoğurtçu YK. 1999. Effect of Hydrostatic Pressure on the Characteristics Parameters of Au/n-GaAs Schottky-Barrier Diodes. *Phys. Rev. B*, 60:15944-15947.
- Dağdelen, F., Aydoğdu A. 2006. Ni / n-Tipi Yarı iletken Kompleks / Ag Schottky Diyotların Elektronik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Derg.* 18(3): 291-295.
- Demirezen, S., Altındal Ş., Uslu İ. 2013. Two diodes model and illuminati on effect on the forward and reverse bias $I-V$ and $C-V$ characteristics of Au/PVA (Bi-doped)/n-Si photo diode at room temperature. *Curr. Appl. Phys.* 13:53-59
- Güllü, O., Türüt A. 2010. Electrical Analysis of Organic Dye-Based MIS Schottky Contacts. *Microelectron. Eng.*, 87: 2482-2487.
- Güllü, O., Biber M., Türüt A. 2008. Electrical Characteristic and Inhomogenous Barrier Analysis of Aniline Green/p-Si Heterojunctions. *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, 19:986-991.
- Hazer, B. 2014. The Properties of PLA/Oxidized Soybean Oil Polymer Blends. *J Polym. Env.*, 22:200-208.
- Hazer, B., Akyol E. 2016. Efficiency of Gold Nano Particles on the Autoxidized Soybean Oil Polymer: Fractionation and Structural Analysis. *J Am. Oil Chem. Soc.*, 93:201-213.
- Hazer, B., Kalaycı, ÖA. 2017. High Fluorescence Emission Silver Nano Particles Coated With Poly (styrene-g-soybean oil) Graft Copolymers: Antibacterial Activity And Polymerization Kinetics. *Mater. Sci. Eng. C., Accepted*.
- Kalaycı, ÖA., Cömert FB., Hazer B., Atalay T., Cavicchi K., Cakmak M. 2010. Synthesis, Characterization, and Antibacterial Activity of Metal Nanoparticles Embedded into Amphiphilic Comb-Type Graft Copolymers. *Polym Bull.*, 65:215-226.
- Kalaycı, ÖA., Duygulu Ö., Hazer B. 2013. Optical Characterization of CdS Nanoparticles Embedded into the Comb-Type Amphiphilic Graft Copolymer. *J. Nanopart. Res.*, 15:1355-1366.
- Kumar, A., Vemula PK., Puickel M., Ajayan PM., John G. 2008. Silver-Nanoparticle-Embedded Anti-Microbial Paints Based on Vegetable Oil. *Nature Mat.*, 7:236-241.

- Lligadas, G., Ronda JC., Galia M., Cadiz V. 2013.** Renewable Polymeric Materials From Vegetable Oils: A Perspective. *Materials Today*, 16(7):337–342.
- Miao, S., Wang P., Su Z., Zhang S. 2014.** Vegetable-oil-based Polymers as Future Polymeric Biomaterials. *Acta Biomater.* 10:1692–1704.
- Özdemir, N., Erkmén J. 2013.** Yenilenebilir Biyoplastik Üretiminde Alglerin Kullanımı. *Karadeniz Fen Bil. Derg.* 3(8):89-104.
- Pal, S., Tak YK., Song JM. 2007.** Does the Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles Depend on the Shape of the Nanoparticle? A Study of the Gram-Negative Bacterium *Escherichia coli*. *Appl. Environ. Microbiol.*,73(6): 1712–1720.
- Shimada, K., Fujikawa K., Yahara K., Nakamura T. 1992.** Antioxidative Properties of Xanthan on the Autoxidation of Soybean Oil in Cyclodextrin Emulsion. *J Agric Food Chem.*, 40(6):945–948.
- Stirna, U., Fridrihsone A., Lazdin B., Misane M., Vilsone D. 2013.** Biobased Polyurethanes from Rapeseed Oil Polyols: Structure, Mechanical and Thermal Properties. *J Polym. Environ.*, 21:952–962.