

Au/n-Si Schottky Diyod Fabrikasyonu ve Sıcaklık Ölçüm Sensörü Olarak Kullanımı

Au/n-Si Schottky Diode Fabrication and Use for Temperature Sensing

Şahin Çevik, Erhan Giran, Sami Diblan
Hasan Efeoglu

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
25240 Erzurum

by_logic_sc@hotmail.com, erhan_ykal2003@hotmail.com, samidiblan@gmail.com, hefeoglu@atauni.edu.tr

Özet

n-Si altlık üzerinde Au metalizasyonu ile fabrikasyonu yapılan Schottky yapıların sıcaklığa bağlı akım-gerilim (IV) ölçümlerinin yapıldığı bu çalışmada bu yapıların sıcaklık sensörü olarak kullanımı araştırıldı. Bu yapıları karakterize eden temel sıcaklık katsayısı Schottky diyodun düz beslem halinde üzerinden geçen akımın fonksiyonu olarak ölçüldü. 150-320 K arasında ölçümlerde artan akım ile sinyal gürültü oranında iyileşme gözlemlendi. 0.5 mm diyot çapına sahip Au/n-Si için sıcaklık katsayısı 1mA sabit akımda -1.68 mV/K ve 50 uA akımda -1.91 mV/K olarak elde edildi. Karşılaştırma numunesi olarak kullanılan aynı geometriye sahip Au/n-GaAs için aynı parametreler sırası ile -1.49 mV/K ve -1.77 mV/K olarak bulundu. 150-320 K arasında sabit akımda lineer ilişki sergileyen sıcaklık-gerilim (TV) parametreleri kullanılarak sıcaklık ölçümünün yapıldığı ve analog PID kontrol ile sıcaklık kontrolünün yapıldığı sıcaklık kontrol sistemi tasarımı başarı ile gerçekleştirildi.

Abstract

In this study Schottky diode structures are fabricated on n-Si substrate and temperature depended current-voltage (IV) measurements carried out for sensor application. Thermal sensitivity coefficients of these structures under the forward bias conditions were measured as a function of constant current. High signal-noise ratio observed when measurements were done at higher current. Thermal sensitivity coefficient of Au/n-Si Schottky diode having 0.5 mm diameter found to be -1.68 mV/K for 1mA and -1.91 mV/K for 50uA. These results are compared with parameters obtained as -1.49 mV/K ve -1.77 mV/K for Au/n-GaAs. Linear relation of temperature and

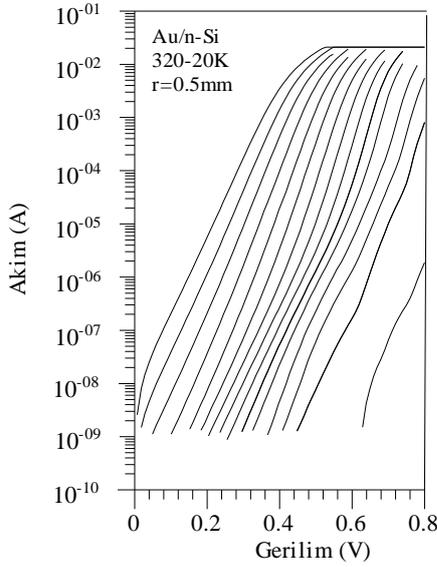
voltage (TV) was used for temperature measurement and controlling using analog PID.

1. Giriş

Fiziksel niceliklerin büyüklüklerinin sayısallaştırılması, gözetleme ve kontrol uygulamaları için gerekli olup bu işlemlerde kullanılan tüm algılayıcılar sensor olarak sınıflandırılmaktadır. Sensörler, fiziksel niceliğe karşın akım veya gerilim üreten devre elemanı olup bir devre ile bütünleştirilebilen veya ayırık kullanım alanı olan aygıtlardır. Sıcaklık ölçümünde, sıcaklıkla elektriksel özelliklerin değiştiği çok farklı malzemeler ilgililenen sıcaklık bölgesine bağlı olarak kullanılmaktadır. Yarıiletkenler 4-350 K aralığında bilimsel maksatlı veya günlük uygulamalarda yoğun olarak kullanım alanı bulmaktadır. Kompakt boyutlarda olması, sinyal gürültü oranının iyi olması ve geleneksel silisyum fabrikasyon teknolojisi ile uyumlu ve tümleşik devreler ile üretilebilmesi avantaj olarak görülmektedir. Düşük engel yüksekliği ve akım gerilim özelliklerinin sıcaklığa bağlılığı ile Schottky yapılar yüksek anahtarlama hızı gerektiren güç uygulamalarında yüksek frekans tekniğinde kullanım alanı bulurken belirli bir akım aralığında sabit sıcaklık katsayısı sergilemeleri bu yapıların sıcaklık ölçümünde kullanım alanını da açmaktadır. Bu çalışmada vakum kaplama tekniği ile taşıyıcı yoğunluğu 10^{16} cm^{-3} olan n-Si altlık üzerinde fabrikasyonu yapılan Au/n-Si ve Au/n-GaAs Schottky yapıların sıcaklık katsayıları 1 mA – 50 uA sabit akım aralığında çıkarıldı. Birinci dereceden lineerizasyon ile sıcaklık ölçümü ve kontrolünde paketlemesi yapılan diyodlar başarı ile kullanıldı.

2. Deney

Bu çalışmada TTL fabrikasyonunda kullanılan RCA1 ve RCA2 [1] kimyasal ve organik temizlik işlem basamakları sonrası n-Si/n⁺-Si yongası üzerinde Au Schottky diyotlar prosesi edildi. 2x10⁻⁸ torr vakumda gölge maske kullanımı ile 0.5 mm çapında Schottky diyot oluşturulurken aşırı katkı arka yüzeye doğrudan Al buharlaştırma ile omik kontak elde edildi. 20-320K sıcaklık aralığında kapalı devre He kryoostat, Keithley 6514 ve 2400 akım kaynağı ve elektrometre kullanılarak yapılan akım-gerilim (IV) ölçümleri Şekil 1. de verilmiştir.



Şekil 1: 320-20K aralığında Au/n-Si Schottky diyodunun akım gerilim ölçümleri.

Şekil 1. de verilen yarı logaritmik çizimde belirli bir gerilim aralığında akım gerilim arasındaki lineer ilişki termal emisyon modeli ile öngörülen [2] ,

$$I = AA^*T^2 \exp(-q\phi_b/kT)(\exp(qV/kT)-1) \quad (1)$$

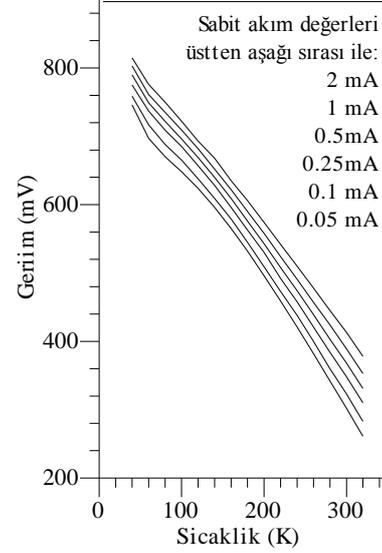
denklemleri ile verilir. $I_0=AA^*T^2 \exp(q\phi_b/kT)$ ifadesi sıfır beslem akım yoğunluğunu temsil etmektedir. n idealite faktörü, A diyod alanı ve A* Richardson sabiti olmak üzere:

$$I = I_0(\exp(qV/nkT)-1) \quad (2)$$

ifadesi ile Denk. 1 tekrardan yazılabilir. Bu ifadede n, fabrikasyonu yapılan numunenin akım-gerilim ilişkisinin termal emisyon modeline göre ideallikten sapmasını temsil etmektedir.

Şekil 1 de verilen I-V ölçümlerinde 2 mA – 0.05 mA akım

aralığında seçilen her bir akım için sıcaklık gerilim verileri ile Şekil 2 oluşturulmuştur.



Şekil 2: Au/n-Si Schottky yapısında seçilen sabit akımlar için düz besleme diyod uçları arasında oluşan gerilimin sıcaklıkla değişimi.

150-320 K arası sıcaklık için voltaj ve sıcaklık arasındaki ilişki korelasyonu Tablo 1 de birinci dereceden fit fonksiyonu ile verilmiştir.

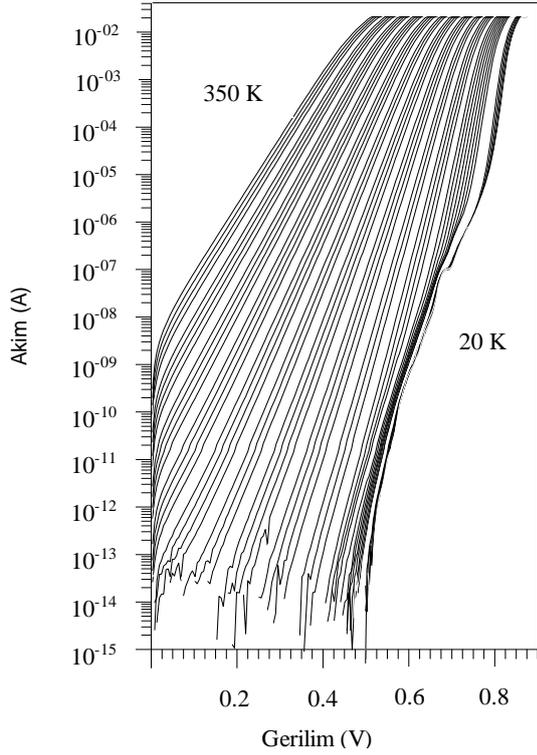
Tablo 1: Şekil 1 de Au/n-Si için 150-320 K arası yapılan lineer fit fonksiyonları.

Akım	Fonksiyon	Korelasyon
2 mA	$V=-1.607xT+894.8$	$r^2=0.9997$
1 mA	$V=-1.678xT+892.6$	$r^2=0.9998$
0.5 mA	$V=-1.737xT+889.3$	$r^2=0.9997$
0.25 mA	$V=-1.793xT+886.2$	$r^2=0.9996$
0.1 mA	$V=-1.851xT+878.6$	$r^2=0.9994$
0.05 mA	$V=-1.909xT+875.9$	$r^2=0.9991$

Sabit akımda sıcaklık katsayısı $dV(T)/dT$ ile verilmektedir. Bu nedenle Şekil 2 deki her bir eğrinin sıcaklığa göre değişimi $\alpha(T)$ yi vermektedir. 150-320 K aralığında yüksek korelasyon ile yapılan birinci dereceden lineer fit doğrularının eğimi Schottky diyodun sıcaklık katsayısını vermektedir. Elde edilen bu veriler ile seçimi yapılan sıcaklık aralığında α terimi sıcaklıktan bağımsız diyodun sabit bir parametresi olmaktadır.

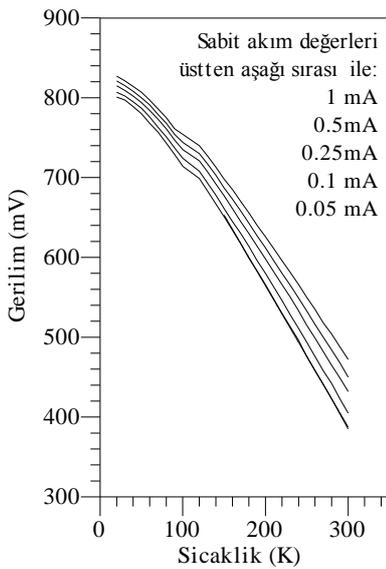
Elde edilen bu bulguları karşılaştırmak ve farklı yarıiletkenler içinde test etmek üzere benzer ölçüm ve analizler MBE n-GaAs yarıiletkeni üzerinde fabrika edilen Au Schottky

diyodlar için de tekrarlandı.



Şekil 3: Au/n-GaAs Schottky yapıların sıcaklığa bağlı akım gerilim karakteristiği. 350-20 K arasındaki ölçümlerin aralığı 5 K olup sıcaklık kararlılığı $\pm 0.02K$ dir. (GaAs altlık kristaller Prof. Dr. M Missous, Manchester University, UK'den sağlanmıştır)

Şekil 3. de verilen Au/n-GaAs yapısının I-V ölçümlerinde 1 mA – 0.05 mA akım aralığındaki sabit akımlar için sıcaklık gerilim ilişkileri ise Şekil 4 de verilmiştir.



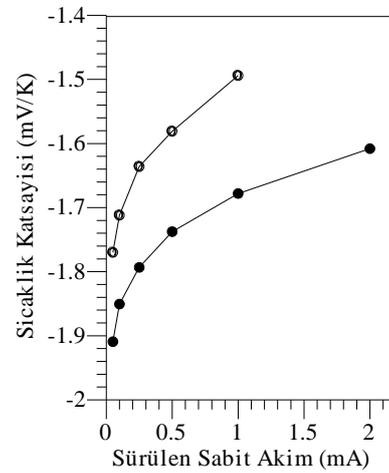
Şekil 4: Au/n-GaAs Schottky yapısında seçilen sabit akımlar için düz beslemde diyod uçları arasında oluşan gerilimin sıcaklıkla değişimi.

Tablo 2: Şekil 4 de Au/n-GaAs için 150-320 K arası yapılan lineer fit fonksiyonları.

Akım	Fonksiyon	Korelasyon
1 mA	$V = -1.494xT + 922.9$	$r^2 = 0.9996$
0.5 mA	$V = -1.581xT + 926.9$	$r^2 = 0.9997$
0.25 mA	$V = -1.636xT + 924.3$	$r^2 = 0.9997$
0.1 mA	$V = -1.712xT + 920.9$	$r^2 = 0.9997$
0.05 mA	$V = -1.770xT + 918.4$	$r^2 = 0.9997$

Tablo 1 ve 2 karşılaştırıldığında GaAs için verilen sıcaklık katsayıları daha küçük görülmektedir. VT ilişkisinde görülen yüksek korelasyonun diyot kalitesi ile ilişkilendirilmektedir. Bu durum oda sıcaklığında Au/n-GaAs yapısının idealite faktörünün 1.03 oluşu ile açıklanmaktadır.

Fabrikasyonu yapılan heriki yapının sıcaklık katsayılarının düz beslemde ve sabit akım altında, 150-320 K aralığında sabit oluşu bu yapıların sıcaklık ölçümünde kullanılabilirliğini göstermektedir. Birinci dereceden lineer fit parametreleri kullanılarak sade lineer analog devre tasarımı ile sıcaklık gözetleme ve kontrolünde kullanımı mümkündür. Farklı bir uygulama olarak sıcaklık katsayısı sabit akım ile kontrol edilen bir devre elemanı olarak Schottky yapıların kullanılabilirliği de Tablo 1 ve 2 den görülmektedir. Her iki yapı için bu durum Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5: Sıcaklık katsayısının 0.5 mm çapına sahip (●) Au/n-GaAs ve (o) Au/n-Si Schottky diyodlarında sürücü sabit akım ile değişimi.

Tasarım ve paketlenmesi yapılan Au/n-Si Schottky diyod sıcaklık ölçüm ve kontrol maksadı ile blok şeması Şekil 6 da

