

دراسة الميزة جهد – تيار لطبقة نصف ناقلة مرسبة على معدن

زينب الحسن¹ أ.د. عبد الرزاق الصوفي² أ.د. عبد الله رستناوي³

الملخص

في هذا البحث، قمنا بتحضير ثلاث وصلات شوتكي، حيث تم ترسيب طبقة نصف ناقلة (أكسيد الزنك) بسمك $50\mu\text{m}$ على رقاقة من نحاس بسمك 0.26mm وقطر 1cm بطريقة البخ بالتذرية، وتم ترسيب طبقة ألومنيوم بسمك $1\mu\text{m}$ على سطح طبقة نصف ناقلة بطريقة البخ بالتذرية الحرارية. وتمت دراسة مدى تغير الميزة جهد – تيار للعينات الثلاث قبل وبعد التشعيع، وعند إضافة المذيب العضوي رباعي هيدرو فوران (THF) للعينتين الثانية والثالثة وفي حالة عدم إضافة المذيب للعينة الأولى.

وتم تكرار الدراسة على فترات متباعدة باستخدام منبع $\text{Cs} - 137$ ذو طاقة غاما 62.6 keV . وقد لوحظ تأثير المذيب العضوي على تغير الميزة جهد – تيار، حيث كانت العينة الأولى ذات ميزة شبه خطية، بينما اتسمت العينتان الثانية والثالثة بسلوك تربيعي وتمثلان وصلة شوتكي، وتمت مقارنة النتائج ووجد فرق في الميزة قبل وبعد التشعيع، حيث أظهرت العينات تأثرها بأشعة غاما من خلال زيادة الناقلية حيث بلغت القيمة العظمى لتيار شوتكي $53.999\mu\text{A}$ ومعامل المثالية $n = 69$.

وتم دراسة تأثير درجات الحرارة المختلفة على تغير الميزة $(I - V)$ قبل وبعد تعرض العينات للإشعاع حيث أثرت درجة الحرارة على العينة المحضرة في وجود مصدر للإشعاع حيث تغيرت الميزة بشكل جذري مقارنة بغياب المنبع. وقد وجدنا أن الوصلات نصف الناقلة المحضرة بهذه الطريقة لا تستطيع تحمل درجات حرارة أعلى من 400°C حيث تسببت في تدهور العينة وتفككها.

الكلمات المفتاحية: شوتكي، أكسيد الزنك، نحاس، البخ بالطلاء، التشعيع، المنبع المشع،

غاما، الميزة $(I - V)$ ، مذيب عضوي، رباعي هيدرو فوران.

¹ طالبة دكتوراه ² دكتور في فيزياء البلورات والأشعة السينية ³ دكتور في الفيزياء النووية

Study of Volte –Current Characteristics of a Semiconductor Layer deposited on a metal

Abstract

In this research, we prepared three Schottky junctions, where a semiconductor layer (zinc oxide) with a thickness of $50\mu\text{m}$ was deposited on a copper foil with a thickness of 0.26mm and a diameter of 1cm by the sputtering method, and an aluminum layer with a thickness of $1\mu\text{m}$ was deposited on the surface of the semiconductor layer by the thermal sputtering method. The extent of the change in the voltage-current characteristic of the three samples was studied before and after irradiation, when the organic solvent tetrahydrofuran (THF) was added to the second and third samples and in the case of not adding the solvent to the first sample.

The study was repeated at spaced intervals using a Cs – 137 source with a gamma energy of 62.6 keV . The effect of the organic solvent on the change in the voltage-current characteristic was observed, where the first sample had a quasi-linear characteristic, while the second and third samples were characterized by a quadratic behavior and represented a Schottky junction. The results were compared and a difference was found in the feature before and after irradiation. The samples showed that they were affected by gamma rays through an increase in conductivity, as the maximum value of the Schottky current reached $53.999\mu\text{A}$ and the ideality factor $n = 69$. The effect of different temperatures on the change in the feature ($I - V$) was studied before and after exposing the samples to radiation.

The temperature affected the sample prepared in the presence of the radiation source, as the feature changed radically compared to the absence of the source. We found that the semiconductor junctions prepared in this way cannot withstand temperatures higher than 400°C , as it caused the sample to deteriorate and disintegrate.

Keywords: Neutron cross section, Radiation capture, pairing energy, Shell model, Nuclear structure.

1. مقدمة

1.1 أوكسيد الزنك Zinc-oxide

ZnO هو مادة نصف - ناقلية مركبة معروفة ومثيرة للاهتمام مع العديد من الخصائص المهمة بما في ذلك فجوة المجال المباشر العريض ($\sim 3.37 \text{ eV}$) ، طاقة ربط عالية نسبياً من ($\sim 60 \text{ meV}$) في درجة حرارة الغرفة، معامل كهر انضغاطية كبير، استقرار حراري / كيميائي مرتفع، بالإضافة إلى كونها آمنة بيولوجياً ومتوافقة حيوياً. لذلك يعتبر ZnO مادة مفيدة لتصنيع الأجهزة الإلكترونية المختلفة خاصة على النسيج. يمكن أن ينمو ZnO ذو البنيات النانوية على أي ركيزة مثل GaN, SiC, Si والزرجاج والبلاستيك / الألياف والورق والنسيج وما إلى ذلك. هذه الخاصية مفيدة لتسهيل تحضير البنيات النانوية لـ ZnO كمادة لتطوير أجهزة نانوية بسيطة وفعالة من حيث التكلفة على ركائز رخيصة. بالإضافة إلى ذلك دخل في تصنيع الأجهزة الضوئية والكهربائية على سبيل المثال الوصلات ثنائية الباعثة للضوء، والخلايا الشمسية، ووصلات ثنائية الليزر، والكواشف فوق البنفسجية وكواشف شوتكي [1] .

اجتذبت أوكسيد (ZnO) اهتماماً كبيراً من داخل صناعة أنصاف - النواقل نظراً لفجوة مجاله الواسعة، وتكلفته المنخفضة، وحركيته العالية للإلكترون، وشفافيته، وقدرته على المعالجة بدرجة حرارة منخفضة. يُظهر (ZnO) بشكل طبيعي ناقلية من النمط n حيث يمكن التحكم في الخواص الكهربائية عن طريق تطعيم الشوائب المناسبة، والتلدين، وتغيير درجة حرارة الترسيب [2] .

لقد أدى التفكير الابتكاري والتعديل المستمر إلى تطوير جيل جديد من أجهزة أنصاف - النواقل. ويقدر ما يتعلق الأمر بمستقبل الأجهزة المعتمدة على أنصاف - النواقل، فإن لأوكسيد الزنك دوراً رئيسياً يلعبه لأنه متعدد الاستخدامات وله خصائص مثيرة للاهتمام مثل التحكم في المقاومة في مجال $10^{-5} - 10^{-3} \Omega - \text{cm}$ ، والشفافية في المدى المرئي، الاستقرار الكهروكيميائي العالي، غياب السمية والوفرة في الطبيعة. ولذلك، يمكن القول أن تعدد استخدامات أوكسيد الزنك يتراوح بين الطاقة الضوئية والكهربائية والكهر انضغاطية، خصائص الاستشعار المغناطيسية للغاز. علاوة على ذلك، فإن طاقة الربط الكبيرة تجعل أوكسيد الزنك فعالاً من الناحية

الفنية ووافق عليه في مجال التطبيقات الإلكترونية الضوئية. يمكن استخدام الأفلام الرقيقة من أكسيد الزنك كطبقة نافذة وأيضاً كأحد الأقطاب الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية الضوئية مثل الخلايا الشمسية. إلى جانب هذا التطبيق، تم استخدام الأفلام الرقيقة من أكسيد الزنك في المكثفات، وتصنيع الخلايا الشمسية ذات الاتصال الشفاف. ومن الجدير بالذكر هنا أن متطلبات الجهاز الإلكتروني الضوئي هي نوعية جيدة من أكسيد الزنك ZnO من النوع p ، ولكن تطوير نوعية جيدة منه يمثل تحدياً كبيراً بسبب عدم استقراره في درجة حرارة الغرفة [3].

2.1. وصلة شوتكي Schottky Diode:

لأكثر من عقد من الزمان، كان أكسيد الزنك (ZnO) في قلب الجهود البحثية المهمة، نظراً لشفافيته الضوئية واستخدامه المحتمل في مجموعة من الأجهزة الضوئية/الإلكترونيات بما في ذلك وصلات ثنائية شوتكي، والليزر، وترانزستورات الأفلام الرقيقة (TFTs). تحظى وصلات ثنائية شوتكي ، على وجه الخصوص، حالياً باهتمام متزايد نظراً لإمكانية تطبيقها في إلكترونيات الترددات الراديوية (RF) والإلكترونيات الضوئية والإلكترونيات عالية الطاقة وأيضاً لأنها تقدم منصة مثيرة للاهتمام لتوصيف المواد. بسبب هذه السمات تم تخصيص الأبحاث الحديثة لتطوير وصلات ثنائية شوتكي عالية الجودة المستندة إلى ZnO والمصنعة باستخدام مجموعة من تقنيات المعالجة ومواد الاتصال [4].

جرى البحث عن مادة ZnO نصف - الناقلة ذات الفجوة الواسعة والصدقية للبيئة على مجال واسع في العديد من المجالات. بالنسبة للتطبيقات المحتملة لأوكسيد الزنك في الأجهزة الإلكترونية النانوية والأجهزة الإلكترونية الضوئية النانوية، تم بذل جهود كبيرة لتطوير منهجيات جديدة لبنيات نانوية من أكسيد الزنك أحادية البعد [1D]. تشمل الطرق الراسخة ترسيب البخار الكيميائي العضوي المعدني (MOCVD)، والبخار السائل الصلب الفوقي (VLSE)، وترسيب الليزر النبضي (PLD)، والقلوبة باستخدام أغشية الألومينا الأنودية. ومع ذلك، فإن جميع الطرق المذكورة أعلاه تتطلب معدات باهظة الثمن ويجب القيام بها في ظل ظروف قاسية مثل ارتفاع درجة الحرارة والضغط العالي. ولذلك، يفضل عملية اصطناعية ذات درجة حرارة منخفضة، وواسعة المجال، ومتعددة الاستخدامات، مثل طريقة البخ بالتذرية. في الوقت نفسه، يعد فهم خصائص النقل

لأكسيد الزنك وتفاعلاته مع الملامسات المعدنية (معدن/أنصاف - النواقل)، أي (M/SC) من القضايا المهمة أيضاً قبل تصنيعها في أجهزة إلكترونية حقيقية. في الآونة الأخيرة، تمت دراسة الخواص الكهربائية لأوكسيد الزنك مع معادن مختلفة على مجال واسع. تمت ملاحظة نوعين من خصائص التيار والجهد (I-V) المميزة اعتماداً على محاذاة سطح فيرمي بين المعادن وأوكسيد الزنك. أحدهما خطي تقريباً بسبب تكوين اتصال أومي؛ آخر يكاد يصحح، وآخر بسبب تكوين اتصال شوتكي. بشكل عام، يمكن للمعادن عالية التفاعل (مثل Al, Pt/Ga, Ti/Au, Ta/ Au, Al/Pt, Ti/Al) أن تشكل وصلات أومية مع ZnO - n ، في حين أن المعادن منخفضة التفاعل (مثل Au, Ag, Pd) يمكنها تكوين جهات اتصال شوتكي مع ZnO - n . ومع ذلك، فقد لوحظ سلوك التصحيح فقط بالنسبة لأوكسيد الزنك. في الواقع، يجب أن تهيمن الحالات السطحية في الغالب على خصائص (I-V) الخاصة بتلامسات المواد النانوية مع معادن مختلفة (M/SCs) نظراً لوجود حالات سطحية وفيرة عادةً على سطح المواد النانوية. ومع ذلك، تم العثور على عدد قليل فقط من التقارير لتوضيح كيفية تأثير حالات السطح على السلوك التصحيحي لـ (M/SCs) [5].

تعتبر وصلات شوتكي المعتمدة على أوكسيد الزنك مفيدة في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك أجهزة استشعار الغاز، وترانزستورات التأثير الحثلي لأنصاف - النواقل المعدنية، والكواشف الضوئية فوق البنفسجية. لا يزال ترسيب وصلات شوتكي عالية الجودة على (ZnO) يمثل تحدياً، حيث يعتمد الأداء على عوامل مثل وجود حالات خلل في الواجهة المعدنية/أوكسيد الزنك، والخواص الكهربائية لأوكسيد الزنك. تم تحضير وصلات شوتكي المعدنية المؤكسدة مثل أوكسيد الفضة (Ag_xO) كوسيلة لتقليل حالات عيوب الواجهة بين وصلة (ZnO) ومعدن لتحقيق خصائص تصحيح جيدة. يعد أوكسيد الزنك بتركيز حوامل منخفضة (10^{17} cm^{-3}) وقابلية تنقل عالية شرطاً أساسياً للحصول على وصلة شوتكي عالية الجودة، حيث يسمح ذلك بتيار عكسي منخفض وتيار أمامي عالي [6].

في عام 1938، شرح شوتكي Schottky و Mott خصائص تصحيح وصلات أنصاف - النواقل المعدنية من حيث منطقة الشحنة الفضائية على جانب أنصاف - النواقل من جهة الوصلة بسبب استنفاد الأغلبية حواملات الشحنة. تم تمييز انحناء المجال في منطقة الشحنة الفضائية

هذه من حيث ارتفاع الحاجز، والذي تم تعريفه على أنه مسافة الطاقة بين مستوى فيرمي وحافة مجال الموجة الحاملة للأغلبية عند الواجهة مباشرة. بسبب هذا البحث الخارق، سُميت أيضاً وصلات تصحيح أنصاف - النواقل المعدنية بوصلات شوتكي أو وصلات ثنائية شوتكي، ويسمى حاجز الطاقة عند واجهة أنصاف - النواقل المعدنية أيضاً حاجز شوتكي تكريماً له.

في عام 1947، اقترح Bardeen نظرية لشرح خصائص تصحيح وصلات أنصاف - النواقل المعدنية من حيث الحالات الموضعية عند واجهة أنصاف - النواقل مع الطاقات بين المجال المملوء ومجال الناقلية الموزع في المنطقة "المحظورة".

بدأت مادة أكسيد الزنك تصبح مثيرة للاهتمام في الصناعة الإلكترونية بعد طرحها كمركب نصف ناقلة في أربعينيات القرن العشرين من قبل Brown (1957) و Bunn (1935) وآخرون. تم اكتشاف أول وصلات شوتكي المعدنية على نصف - الناقل ZnO بواسطة Mead وزملائه خلال الفترة من (1965-1970s) منذ ذلك الحين، تم الإبلاغ عن قدر كبير من الأعمال على وصلات ثنائية شوتكي القائمة على أكسيد الزنك ZnO.

في السنوات الأخيرة، كانت وصلات ثنائية شوتكي المعتمدة على أفلام أكسيد الزنك ZnO الرقيقة موضوعاً للعديد من الأبحاث نظراً لتطبيقاتها المحتملة في الكواشف الضوئية فوق البنفسجية [Zhai (2010) وآخرون Liu (2009)، وآخرون]، أجهزة استشعار الغاز [Wang (2006) and Song (2006)، المولدات النانوية الكهروضغطية، ترانزستورات الأفلام الرقيقة [mura وآخرون (2003)، Fan (2006) و Lu (2006)] والخلايا الشمسية [No وآخرون (2004)] وما إلى ذلك. بشكل عام، تعتبر وصلات ثنائية شوتكي وصلات ثنائية ذات ارتفاع حاجز كبير وتيار تسرب صغير عند وصلة أنصاف - النواقل المعدنية مرغوبة للتطبيقات العملية [7].

برز أكسيد الزنك كمرشح واعد لتطبيقات الإلكترونيات الضوئية والإلكترونية الدقيقة، والتي يتطلب تطويرها فهماً أكبر وتحكماً أكبر في وصلاتها الإلكترونية. لقد أسفرت الوتيرة السريعة لأبحاث أكسيد الزنك على مدى العقد الماضي عن معلومات جديدة كبيرة حول طبيعة واجهات أكسيد الزنك مع المعادن. لقد تم الآن تنفيذ العمل على وصلات ZnO على مدى العقد الماضي باستخدام مواد عالية الجودة، وخالية تقريباً من العوامل المعقدة مثل الشوائب، العيوب النقطية.

استناداً إلى بلورات الأفلام الرقيقة والأصلية عالية الجودة المتوفرة الآن، يعرض ZnO مجموعة من البنية الإلكترونية للواجهة المنهجية التي يمكن فهمها على المستوى الذري. زاد الطلب على فهم خصائص الوصلات الكهربائية لأوكسيد الزنك والتحكم فيها. حيث تلعب جهات الوصلات هذه دوراً مركزياً في كيفية أداء الجيل القادم من الإلكترونيات الضوئية. الترانزستورات ذات الأفلام الرقيقة الشفافة، والوصلات ثنائية الباعثة للضوء الأزرق والليزر، والكواشف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية، والترانزستورات ذات الحركة الإلكترونية العالية، والبنىات النانوية الإلكترونية، كلها تتطلب وصلات معدنية وبالتالي فهم كيفية اعتماد الخواص الإلكترونية على طبيعة أسطح أوكسيد الزنك والمعدن. حتى العقد الماضي، تركزت الأبحاث حول الوصلات الكهربائية لأوكسيد الزنك في المقام الأول على فيزياء وكيمياء سطحه، وذلك بسبب التأثيرات الواضحة للترباط الذري السطحي والقطبية على نقل الشحنة مع المميزات. لقد تحول الباحثون في إلكترونيات الحالة الصلبة الآن إلى أوكسيد الزنك بسبب (1) طاقة ربط الإكسيتون الكبيرة (60 meV) التي تمنع التنشيط الحراري وتعزز انبعاث الضوء في درجة حرارة الغرفة، (2) السهولة التي يشكل بها البنىات النانوية التي يمكن أن ينبعث منها الضوء ونقل الشحنة بكفاءة، (3) صلابتها الإشعاعية، (4) وفرة الزنك مقارنة بالتوافر المحدود لـ Ga و In ، (5) قدرتها على الحفر مع المواد الكيميائية الرطبة، و (6) توافقها الحيوي.

3.1. حواجز شوتكي

بالنسبة لحواجز شوتكي، تمتد هذه النتائج إلى طبيعة نقل شحنة سطح ZnO، وأدوار تنظيف السطح، وجودة البلورة، والتفاعلات الكيميائية، وتكوين العيوب. بالنسبة لجهات الوصلات الأومية، تشمل هذه الدراسات طبيعة التفاعلات الخاصة بالمعادن، ودور التلدين، والوصلات متعددة الطبقات، والوصلات السبائكية، ومخططات المعدنة لأحدث الوصلات، وتطبيقها على ZnO من النوع n مقابل النوع p. يُظهر كل من حواجز شوتكي ZnO والوصلات الأومية مجاًلاً واسعاً من الظواهر والسلوك الإلكتروني، والتي يمكن ربطها جميعها بشكل مباشر بالتغيرات الكيميائية والبنوية على المستوى الذري. فهم والسيطرة على حواجز شوتكي لـ ZnO يمثل تحدياً كبيراً، كما يتضح من المجال الواسع والمتغير لارتفاعات الحاجز المقاسة من نفس المعدن على سطح أوكسيد الزنك المحدد. على سبيل المثال، يمكن أن تتراوح ارتفاعات الحاجز لوصلات ثنائية Au على أوكسيد

الزنك من 0 إلى 1.2 eV ، اعتماداً على البلورة وإعداد السطح والظروف التي يتم فيها تشكيل الوصلات [8] .

4.1 الوصلات الأومية

تمثل الوصلات الأومية إلى جانب حواجز شوتكي، تقنية المعدنة الشكل الأساسي لتصنيع أجهزة أنصاف النواقل. وفقاً لنموذج شوتكي البسيط، عندما يتم وضع المعدن في وصلات وثيق مع نصف ناقلة، فإن الخاصية الأومية أو التصحيحية للتلامس تعتمد فقط على وظيفة عمل المعدن والألفة الإلكترونية لأنصاف - النواقل. من الناحية المثالية، تؤدي الوصلة المعدنية لأنصاف - النواقل إلى سلوك أومي إذا كان الحاجز الذي يشكله التلامس صفراً. في مثل هذه الحالة، تكون الموجات الحاملة حرة في التدفق داخل أو خارج نصف الناقل بحيث يكون هناك حد أدنى من المقاومة عبر جهة الوصلات. بالنسبة لأنصاف النواقل من النوع n، فهذا يعني أن وظيفة عمل المعدن يجب أن تكون قريبة أو أصغر من الألفة الإلكترونية لنصف - الناقل. بالنسبة لأنصاف - النواقل من النوع p ، يتطلب الأمر أن تكون وظيفة العمل للمعدن قريبة أو أكبر من مجموع ألفة الإلكترونات وطاقة فجوة المجال. ومع ذلك، تظهر النتائج التجريبية أن الاعتماد القوي لارتفاع الحاجز على تابع العمل المعدني ينطبق فقط على أنصاف - النواقل الأيونية. في العديد من أنصاف - النواقل التساهمية، مثل معظم مركبات III-V، ارتفاع الحاجز يكاد يكون مستقلاً عن تابع العمل المعدني. ويرجع ذلك إلى حقيقة أن مستوى طاقة فيرمي عند الواجهة مثبت في مجال طاقة ضيق من خلال حالات واجهة جوهريّة أو خارجية داخل فجوة المجال. تحتوي معظم أنصاف - النواقل II-VI على الترابط الأيوني كبير، مما يؤدي إلى مستويات فيرمي غير مثبتة. وبالتالي، يمكن تحقيق تكوين وصلات أومية مع أنصاف النواقل تلك بناءً على قيم دالة العمل المعدنية والألفة الإلكترونية لأنصاف - النواقل. يتواجد أكسيد الزنك على الحدود بين أنصاف - النواقل التساهمية والأيونية. وبالتالي، يمكن تحقيق تكوين وصلات أومية لأوكسيد الزنك مع مقاومة وصلات منخفضة عن طريق تقليل ارتفاع الحاجز، أو / وزيادة كثافة المنشطات السطحية لأوكسيد الزنك بحيث يصبح عرض الحاجز رقيقاً بما يكفي لتمرير حاملات الشحنة عبر النفق [9] .

5.1 طريقة البخ بالتذرية (بخ بالطلاء) Spin coating:

هي عملية يتم فيها تسريع جزيئات المسحوق الصلب عبر السرعة الصوتية من خلال فوهة دي لافال ذات هندسة متقاربة ومتباعدة. يكون للجسيمات اصطدام على ركيزة مناسبة بسرعات تتراوح بين 300 و 1200 m s^{-1} . تعد هندسة الفوهة بالإضافة إلى خصائص مساحيق المواد الأولية أمراً أساسياً لتحديد درجة الحرارة النهائية وسرعة الجسيمات المرشوشة والتي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالبنية المجهرية للطلاء والخصائص الفيزيائية والميكانيكية. تكون درجة حرارة تيار الغاز دائماً أقل من نقطة انصهار المادة الجسيمية. لذلك، تعتبر عملية ترسيب الحالة الصلبة. بما أن ترسيب بالطلاء يتم في الحالة الصلبة، فإنه يتميز بخصائص فريدة تماماً مقارنةً بتقنيات الرش الحراري التقليدية الأخرى. لتجنب التدفق الخلفي للمسحوق، يتم تشغيل وحدة تغذية المسحوق ذات الضغط العالي عند ضغط أعلى من ذلك الموجود في تيار الغاز الرئيسي يجب استخدامه.

عادةً ما تكون مغذيات المسحوق ذات الضغط العالي كبيرة جداً ومكلفة. هناك صعوبة رئيسية أخرى تتعلق بانسداد الفوهة. للتغلب على المشكلة، يجب خلط مجموعة جسيمات ثانوية ذات متوسط قطر جسيم أكبر. وهناك عيب آخر لنظام هو التآكل الشديد لحجرة الفوهة بسبب تآكل الجسيمات، مما يؤثر على تشغيل الفوهة ويؤدي إلى اختلافات كبيرة في ظروف التشغيل وجودة الرواسب. ويصبح هذا أسوأ عندما يتم رش الجزيئات صلبة. يوجد نوعين من الرش SC الأول يسمى الرش الديناميكي للغاز النبضي. تعمل هذه العملية على تسخين الجزيئات إلى درجة حرارة متوسطة (أقل من درجة حرارة الانصهار) والتي من المتوقع أن تكون أعلى من درجات الحرارة التي شهدتها عملية SC. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يؤدي إلى مستوى أعلى من تشوه البلاستيك مع الحفاظ على نفس سرعة التأثير. والثاني الرش البارد الفراغي (VCS). في هذه العملية يتم وضع العينة في خزان مفرغ بضغط أقل بكثير من الضغط الجوي. يتم توفير بيئة الضغط المنخفض بواسطة خزان فراغ مقترن بمضخة فراغ. يسمح خزان التفريغ باستعادة الغاز وجمع المسحوق الزائد. يعد تفاعل الجسيمات/الركيزة أثناء عملية ترسيب SC والترابط الناتج، ذا أهمية كبيرة في تكنولوجيا SC بسبب تأثيره على خصائص الطلاء.

شهدت صناعة المواد في جميع أنحاء العالم ثورة تتعلق بالمواد الجديدة وتطبيقات منتجاتها التجارية. يمكن استخدام المواد المتقدمة كطلاءات لتقليل استهلاك المواد. تعد تكنولوجيا SC

بخصائصها الفريدة هي المرشح الرئيسي. في العقد الماضي، كان هناك خطة نحو رش مواد جديدة لتطبيقات محددة. في البداية، تم إجراء تقنية SC على مواد معدنية مختارة لفهم آلية الالتصاق المتضمنة أثناء العملية. وسرعان ما انتشر إلى مواد أخرى، وقد تم حالياً ترسيب مجموعة واسعة من المواد بنجاح للحصول على أسطح ذات خصائص فائقة ومتعددة الوظائف. يمكن أن يكون الترسيب الناجح للمركبات الهشة في مصفوفة مطيلة وتطبيقاتها التجارية. لقد ظهرت التكنولوجيا في مجال البوليمرات، تتوسع الدراسات في هذا المجال تنقسم أنظمة المواد المشاركة في تكنولوجيا CS إلى ست فئات مهمة: المعادن، والمعادن مركبات المصفوفة، والسيراميك، والبوليمرات، والمساحيق ذات البنية النانوية، وأخيراً الركائز غير المعدنية [10].

6.1. الميزة $I - V$ (Current – Volte):

تم تنفيذ الكثير من العمل في السنوات الأخيرة في تصنيع ودراسة وصلة شوتكي المتكون بين معادن مختلفة وأوكسيد الزنك (أنصاف - النواقل) ذو فجوة المجال العريضة ZnO من النوع n. وعلى الرغم من التقدم الكبير، فإن التكوين الموثوق لمثل هذه الوصلات المثيرة للاهتمام من الناحية التكنولوجية لا يزال يمثل تحدياً. هنا، درست الكثير من وصلات ثنائية شوتكي ZnO المعالجة ولكن كان أكثرها بنية Al/ZnO/Au. تظهر هذه الوصلات ثنائية خصائص تشغيل ممتازة، بما في ذلك الفولتية المنخفضة للتشغيل (± 2.5 V) ونسب تصحيح تيار عالية بشكل استثنائي $10^6 >$ والتي يمكن ضبطها بشكل مستقل عن طريق قياس عرض الفجوة [4].

تعد جهات الاتصال الأومية وشوتكي ضرورية لتحقيق البنية المقصودة لأنصاف - النواقل المعتمدة على ZnO مع العديد من الثوابت الكهربائية. تحسين الوصلات الأومية والتصحيحية عالية الجودة والمناسبة لتحقيق أقصى قدر من الكفاءة مطلوب لأنصاف - النواقل [11].

بدأت الأبحاث المنهجية لأسطح أوكسيد الزنك منذ أكثر من 40 عاماً، مع العمل الرائد الذي قام به G. Heiland على الناقلية السطحية لأسطح أوكسيد الزنك في ظل ظروف محيطية خاضعة للمراقبة، أي في غرفة فراغ فائق الجودة (UHV). أدى امتصاص الغاز على أسطح ZnO تشكيل

حاجز شوتكي لأنه يتضمن نقل الشحنة في واجهة أنصاف النواقل التي تغير تركيز الناقل داخل منطقة شحن الفضاء السطحي [9].

7.1 المذيب العضوي رباعي هيدروفوران (THF):

مركب سائل عديم اللون ينتمي إلى الإيترات الحلقية، غير قابل للخلط، لزوجته منخفضة، ذو الصيغة C_4H_8O . يتحول إلى بوليمر خطي يسمى بولي رباعي ميثيلين إيتير جليكول. وهو مادة خام مهمة في التصنيع العضوي، ومذيب عضوي ذو أداء ممتاز مناسب بشكل خاص لحل PVC، ويستخدم على نطاق واسع كطلاء السطح، الطلاء المضاد للتآكل وطلاء الأفلام ويستخدم أيضاً مذيب في التفاعل، حيث له تأثير قطبي معتدل على التفاعل الكيميائي [12].

8. 1. التأثيرات المتبادلة شوتكي والمنابع المشعة:

تعتبر دراسة تأثيرات الإشعاع على أدوات M/S مهمة، حيث أن التعرض للإشعاع لهذه الأدوات قد يغير الخصائص الكهربائية والعازلة لطبقة الأوكسيد. قد يتسبب الإشعاع في تكوين شحنة جديدة بالإضافة إلى ذلك، يمكن للجسيمات عالية الطاقة إدخال عيوب شبكية تعمل كمراكز إعادة تركيب لشحن الأغلبية / الأقلية، مما يؤدي إلى تدهور أداء الجهاز [13].

تعتبر أفلام معدن - أوكسيد المعادن مجالاً واعداً جداً للبحث في مجال قياس جرعات إشعاع غاما. تم اقتراح الأفلام لتطبيقات قياس الجرعات بأشعة غاما منخفضة التكلفة وعالية الجرعات [14].

2. هدف البحث

- تحضير وتوصيف وصلات ثنائية من النمط شوتكي بطريقة جديدة من مواد نصف ناقلة وذو سماكات كبيرة لاختباره للكشف عن الأشعة النووية مثل ألفا وغاما وغيرها.
- دراسة تأثير المذيب العضوي رباعي هيدروفون على العينات المحضرة.
- دراسة الميزة جهد - تيار للعينات المحضرة بعد زمن قصير من التحضير، ثم دراسة الميزة بعد زمن بعيد من وقت التحضير ومقارنة الفروقات وأية العينات أفضل من حيث ماسبق.

- دراسة تأثير المنبع المشع على الوصلات الثنائية المحضرة.
- دراسة تأثير درجة الحرارة على بنية متصل ثنائي وعلى الميزة (I – V) بحالة وجود منبع مشع وبعدم وجوده.

3. مواد وطرق البحث

الطرق والمواد:

استعمل ZnO (99.5% من Honeywell Riedel-de Haën®) كعينة أساسية. عدلت بنية الأوكسيد كيميائياً باستعمال رباعي هيدروفران (THF)، وذلك بهدف زيادة العيوب في بنية الأوكسيد مما يساعد في جعل بنية الأوكسيد أكثر قدرة على تسهيل اصطياذ الإلكترونات والثقوب الناتجة عن التعرض للأشعة، وبالتالي تعزيز خصائص التآلق الضوئي PL والومضان الإشعاعي RL للأوكسيد.

خلط 5.0 g من الأوكسيد (ZnO) مع 100ml من المذيب، وحركت العينات لمدة ساعتين، ثم وضعت ضمن الأمواج فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة. رشح الخليط على شرائح النحاس وجفف الأوكسيد المعدل عند حرارة المخبر لمدة 24 ساعة، ثم جفف في الفرن لمدة 4 ساعات عند درجة حرارة $323 \pm 3K^{\circ}$ [15,16].

استعملت طريقة البخ بالتذرية بمساعدة الغاز المضغوط للحصول على تجانس في طبقة الأوكسيد المحضرة للتحكم في كمية الأوكسيد. تعتمد الطريقة على تعليق الأوكسيد في الماء بنسبة 10% من الأوكسيد. تساعد هذه الطريقة في الحصول على سماكات متفاوتة من الأوكسيد ويتجانس جيد. حضرت الأقراص النحاسية بنصف قطر متماثل من أجل جميع العينات 1.0cm ، غسلت بالماء المقطر وجففت لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة المخبر. حضرت طبقة الألمنيوم ذات سماكة $1\mu m$ باستعمال طريقة البخ بالتذرية الحرارية على حوامل سيليكونية للتمكن من إعادة فصلها عن الحامل، وأضيفت لاحقاً على سطح طبقة الأوكسيد.

لدراسة تأثير التشيع على العينات المحضرة استخدمنا منبع مشع هو الكوبالت 60 – Co موجود في مختبر (المنابع المشعة في كلية العلوم جامعة البعث)، حيث يوضع على بعد 1cm من

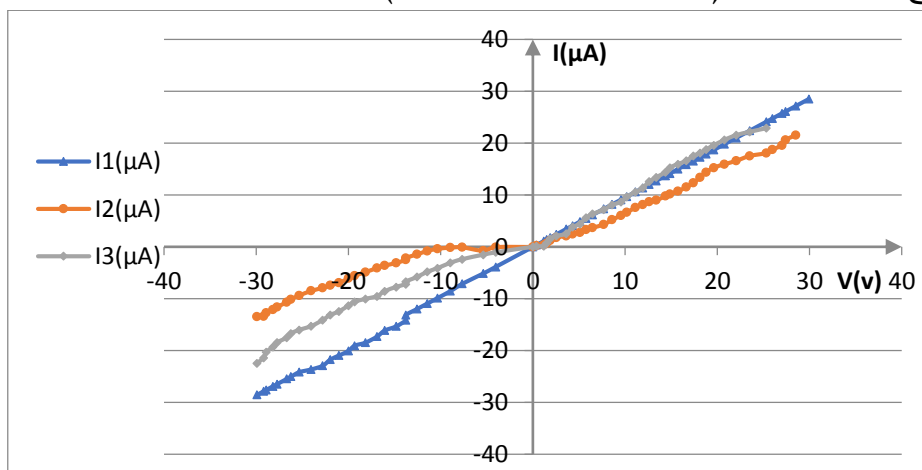
العينة المدروسة، والعينة موصولة مع الدارة الكهربائية المذكورة لاحقاً في الأجهزة والأدوات، وكاملة الدراسة تمت في مختبر في كلية العلوم بجامعة البعث.

4. الأجهزة المستخدمة:

1. جهاز تحضير العينات: يتألف من جهاز البخ (فرد الظل) توضع بداخله المادة المراد بخها، يتم دفع المادة عن طريق الضغط الكبير من جهاز الضغط الموجود في هيئة الطاقة الذرية بدمشق.
2. دارة كهربائية: تتألف دارة قياس الميزة من مقياس فولت ومقياس أمبير ومقاومات ومغذية في مختبر في كلية العلوم بجامعة البعث.
3. مرمدة كهربائية.
4. منبع مشع هو Cs - 137 ذو طاقة غاما (61.6KeV) .

5. القسم العملي:

- 5.1 مقارنة الميزة $I - V$ لثلاثة عينات من شوتكي بحالة عدم وجود منبع مشع الشكل (3). : يوضح قياسات $I - V$ للعينات الثلاثة من شوتكي بحالة عدم وجود منبع مشع Cs - 137¹. (بعد فترة قصيرة من التحضير).



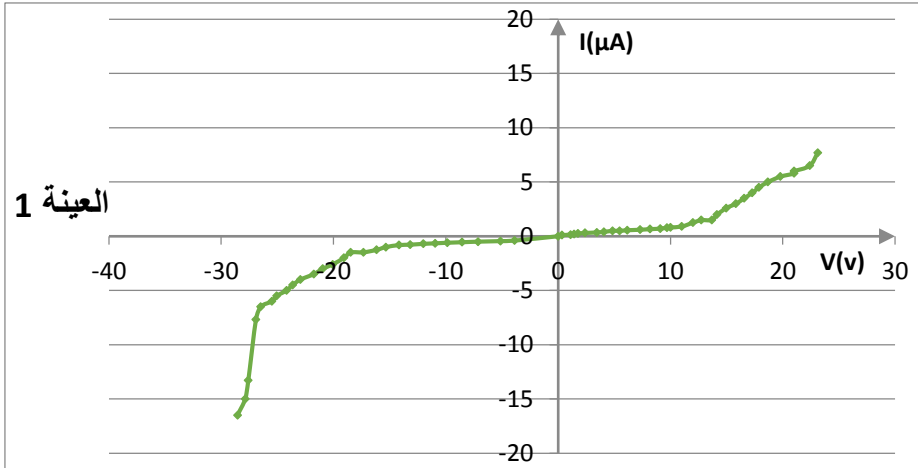
¹ المنبع المشع Cs - 137 في كل التجارب

الشكل (3): قياسات $I - V$ للعينات الثلاثة من شوتكي بحالة عدم وجود منبع مشع. (بعد فترة قصيرة من التحضير)

- بعد حوالي عشرة أيام من التحضير تم إجراء قياس للعينات المذكورة بدون وجود المنبع المشع حصلنا على النتائج كما مبينة في الشكل (3)، حيث نلاحظ بشكل واضح الفروقات.
- العينة الأولى يقترب سلوكها بشكل واضح من السلوك الخطي ويعزى ذلك إلى أن بنية الأوكسيد لم تُعدل كيميائياً باستعمال المذيب، أما العينتين الثانية والثالثة ظهر تأثير المذيب، حيث عدلت بنية الأوكسيد كيميائياً باستعمال رباعي هيدروفران (THF)، فكان الشكل يميل إلى الشكل التريبيعي بشكل واضح وهذه النتائج تتوافق مع ما تم التوصل إليه بالمرجع [16,8].
- التيار الأمامي للعينة الأولى والثالثة كما في الشكل (3) متطابقان ضمن المجال $[0 - 30V]$ وكان التيار الأمامي للعينة الثانية أقل منهما، أما التيار العكسي للعينة الثانية أكبر من التيار العكسي للعينتين الأولى والثالثة ضمن المجال $[0 - (-30)V]$ ، وكان التيار العكسي للعينة الأولى له أقل قيمة.

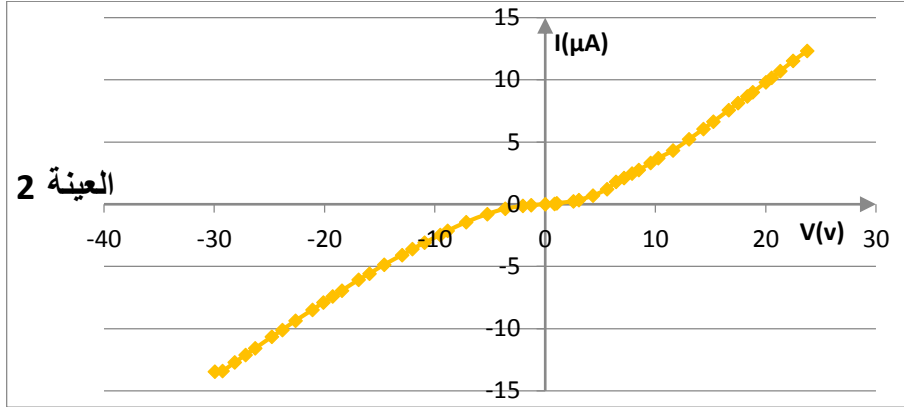
1.5 الميزة $I - V$ لمجموعة من وصلات ثنائية شوتكي:

الأشكال (4)، (5)، (6) توضح قياس $I - V^2$ لعينات من شوتكي بحالة عدم وجود منبع مشع.³ (تم أخذ القياسات بعد فترة أطول من وقت التحضير).

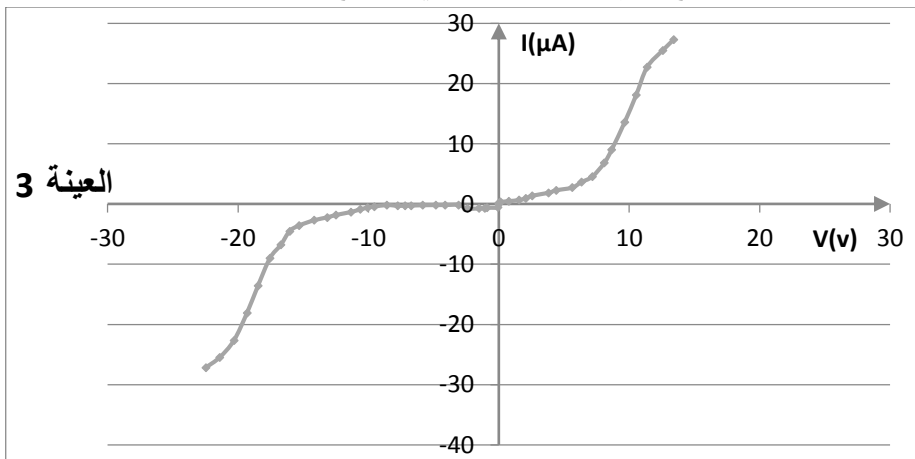


² $I - V$ الميزة جهد - تيار
³ تكرار للقياسات للتأكد من النتائج بأوقات مختلفة V_1, V_2, V_3

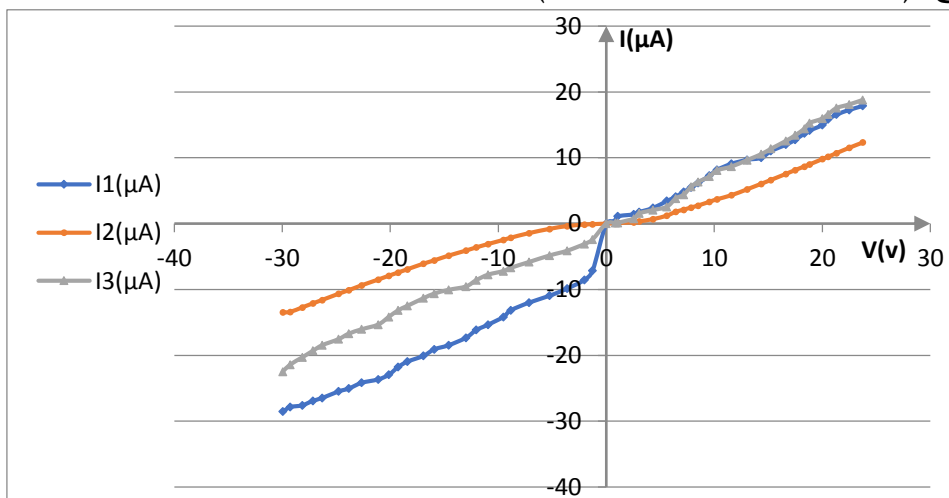
الشكل (4) قياس $I - V$ للعينة الأولى من شوتكي بحالة عدم وجود منبع مشع.
• نلاحظ من خلال الشكل (4) للعينة (1) كانت القياسات تدل على سلوكاً تقويمياً تربيعي للعينة غير خطياً، بحالة عدم وجود منبع مشع.



الشكل (5) قياس $I - V$ للعينة الثانية من شوتكي بحالة عدم وجود منبع مشع.
نلاحظ من الشكل (5) للعينة (2) أن الميزة ($I - V$) أعطت شكلاً لاخطياً ذات سلوك تقويمي. يزداد التيار بازدياد الجهد وهو يتناسب معه بشكل تربيعي ($I \sim V^2$). ويفسر ذلك أن آلية النقل السائدة هي إعادة الاتحاد (إلكترون - ثقب)، ويتم التحكم في هذه الآلية من خلال وجود مصائد داخل فجوة مجال ل ZnO. ويحدث عندما يكون تركيز شحنة التوازن ضئيلاً مقارنة مع تركيز الشحنة المحقونة وهذا يشكل منطقة شحنة فضائية بالقرب من القطب المطعم الموصول مع نصف الناقل وهو توافق مع ماتم الحصول عليه في المرجع [16].



الشكل (6) : قياس $I - V$ للعينة الثالثة من شوتكي بحالة عدم وجود منبع مشع.
 نلاحظ من الشكل (6) للعينة (3) أن الميزة ($I - V$) أعطت شكلاً لاخطياً تقويمياً تربيعياً بشكل واضح، بحالة عدم وجود منبع مشع.
الشكل (7) : يوضح قياسات $I - V$ للعينات الثلاثة من شوتكي بحالة عدم وجود منبع مشع. (بعد فترة أطول من وقت التحضير)



الشكل (7) : قياسات $I - V$ للعينات الثلاثة من شوتكي بحالة عدم وجود منبع مشع. (بعد فترة أطول من وقت التحضير)

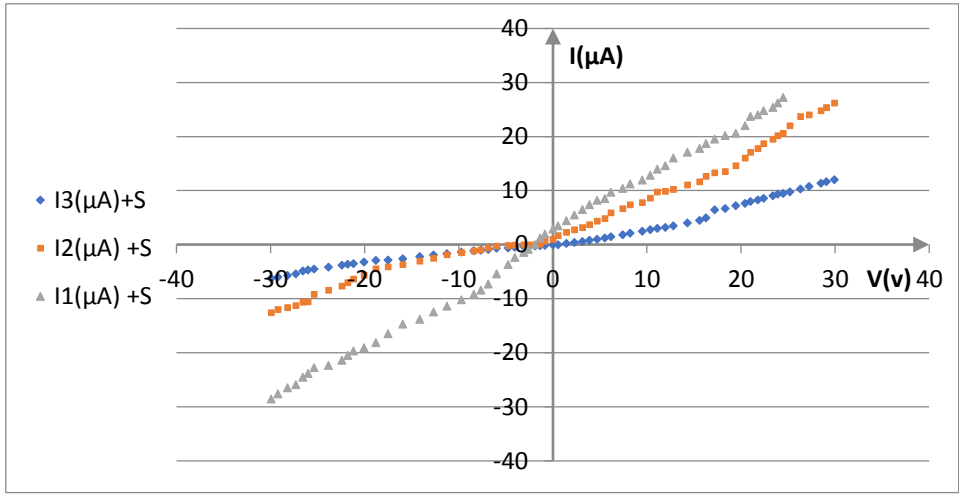
❖ كرر القياس بعد ثلاثة أسابيع تقريباً من القياس السابق كما في الأشكال (6), (5), (4) وبدون وجود منبع مشع وجدنا أن النتائج كما في الشكل (7) كانت أفضل وأعطت الميزة ($I - V$) شكلاً تقويمياً (غير خطي) للعينات الثلاث، ولكن نلاحظ أن الشكل التربيعي الأمثل هو للعينة الثانية.

❖ نلاحظ من الشكل (7) العينة الأولى تبتعد عن سلوك العينة الثانية والثالثة ويعزى ذلك لعدم تعديل بنية الأوكسيد باستعمال رباعي هيدروفلوران (THF)، حيث المذيب المستخدم في التعديل الكيميائي لأوكسيد الزنك الأساسي، لعب دور هام في تحضير أفلام وماضة من بودرة الأوكسيد المعدل تمت مطابقة النتائج مع المرجع [16].

❖ وكذلك نلاحظ من الشكل (7) التيار الأمامي للعينة الأولى والثالثة متطابقان لحد كبير كما في الأشكال (4), (5), (6)، وكان التيار الأمامي للعينة الثانية أقل منهما بهذه الحالة ضمن المجال $[0 - 30V]$. التيار العكسي للعينة الثانية أكبر من التيار العكسي للعينتين الأولى والثالثة، وكان التيار العكسي للعينة الأولى له أخفض قيمة.

5.3 مقارنة الميزة $I - V$ لثلاثة عينات من شوتكي بوجود منبع مشع

الشكل. (8) : يوضح قياسات $I - V$ للعينات الثلاثة من شوتكي بحالة وجود منبع مشع.



الشكل. (8) : قياسات $I - V$ للعينات الثلاثة من شوتكي بوجود منبع مشع.

نلاحظ من الشكل (8) مدى تأثير المنبع المشع للعينات الثلاث، حيث بين الشكل تأثير واضح للمنبع المشع على العينات الثلاث، مما أدى إلى اختلاف الميزة عما كانت بحالة عدم وجود المنبع المشع كما في الشكل (7). المنحني للعينة الأولى كان قريب من الشكل الخطي بحالة عدم وجود منبع مشع أما بوجوده أعطى المنحني الشكل التربيعي وهذا دليل على تأثر العينة المذكور بوجود المنبع.

التيار الأمامي للعينة الأولى كانت له أكبر قيمة من التيار الأمامي للعينة الثانية والثالثة ضمن المجال $[0 - 30V]$ ، أما التيار العكسي للعينة الأولى كان منخفض عن التيار العكسي للعينة الثانية والثالثة ضمن المجال $[0 - (-30)V]$ ، لاحظنا تطابق في التيار العكسي للعينة الثانية والثالثة ضمن المجال $[-20 - (-30)V]$.

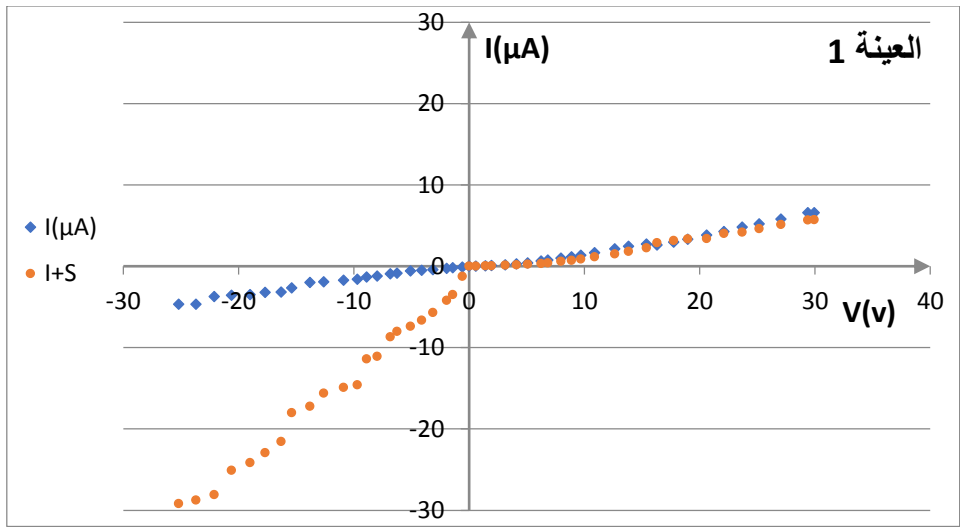
- بالمقارنة بين الخطوط البيانية في الشكل (8) لوحظ انخفاض واضح في التيار الأمامي للعينة الثالثة بحالة وجود المنبع عن عدم وجوده، كما ازداد التيار العكسي لها في حالة وجود منبع مشع عن عدم وجوده.

5.4 دراسة الميزة $I - V$ للعينات بعد فترة زمنية كبيرة من وقت التحضير بوجود منبع

مشع وبدون وجوده:

الشكل (9)، (10)، (11): يوضح دراسة الميزة $I - V$ لمجموعة من العينات المحضرة

بحالة عدم وجود منبع مشع وبوجوده بعد فترة زمنية كبيرة من وقت التحضير.⁴



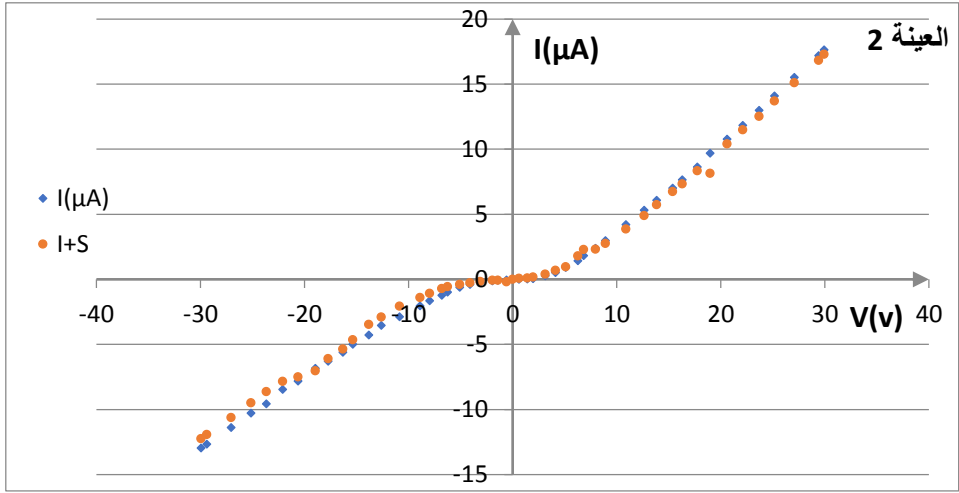
الشكل (9): دراسة الميزة $I - V$ للعينة الأولى بحالة عدم وجود منبع مشع وبوجوده بعد فترة زمنية كبيرة من وقت التحضير.

من الشكل (9) تطابق التيار الأمامي بوجود المنبع مع التيار الأمامي بحالة عدم وجود

المنبع فلم يحدث وجود المنبع تغيير على الميزة الأمامية لل ضمن المجال $[0 - 30V]$.

انخفض التيار العكسي عند وجود المنبع عن التيار العكسي بحالة عدم وجوده، فوجود المنبع

المشع أثر بشكل واضح على الميزة العكسية لهذه العينة.



الشكل (10): دراسة الميزة $I - V$ للعينة الثانية بحالة عدم وجود منبع مشع وبوجوده بعد فترة زمنية كبيرة من التحضير.

من الشكل (10) تطابق التيار الأمامي عند وجود المنبع مع التيار الأمامي بحالة عدم وجود المنبع وكذلك تطابق التيار العكسي بكلا الحالتين، فلم يظهر تأثير المنبع المشع على الميزتين لهذه العينة.

في الوصلة المثالية بين المعدن وأنصاف - النواقل (M-S)، يعتمد ارتفاع حاجز الكمون (Φ_B) بشكل أساسي على تابع العمل المعدني (Φ_M) والألفة الإلكترونية لنصف الناقل (χ_S) ، ويُعطى بواسطة معادلة شوتكي-موت [4] :

$$\Phi_B = \Phi_M - \chi_{\text{ZnO}} \quad (1)$$

بالنسبة للألفة الإلكترونية $\chi_{\text{ZnO}} \sim 4.2 \text{ eV}$ وتابع العمل Φ_M البالغة 4.7 eV لـ Cu ، يجب أن يكون $\Phi_B = 4.7 - 4.2 = 0.5 \text{ eV}$.

التيار في شوتكي بسبب الانبعاث الحراري، مع إهمال المقاومة المتولدة تعطى بالشكل [8,17] ،

$$I = I_S \left[\exp \left(\frac{qV}{nKT} \right) - 1 \right] \quad (2)$$

حيث n هو عامل المثالية و I_S هو تيار التشبع العكسي المعطى من العلاقة،

$$I_S = AA^*T^2 \left[\exp \left(\frac{-q\phi_B}{KT} \right) \right] \quad (3)$$

حيث A هي منطقة الاتصال وتساوي

$$A = \pi r^2 = \pi(0.9)^2 = 2.5434 \text{ cm}^2$$

A^* هو ثابت ريتشاردسون وقيمته هي $32 \text{ AK}^{-2} \text{ cm}^{-2}$ لأوكسيد الزنك ZnO . T

هي درجة الحرارة بالكلفن، K هو ثابت بولتزمان $(k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J})$

K أو $8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$ ، q هو الشحنة الكهربائية للإلكترون. V هو جهد التشغيل يحسب

من المنحني البياني ويساوي $V = 4V$.

n هو عامل المثالية يحسب من العلاقة التالية

$$n = \frac{q}{KT \times \text{slope}} \quad (4)$$

ويحسب ميل المنحني بالشكل:

$$\text{slope} = 0.615 \frac{\mu A}{V}$$

$$n = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.38 \times 10^{-23} \times 273.15 \times 0.615} = 69$$

ويحسب تيار الإشباع من العلاقة:

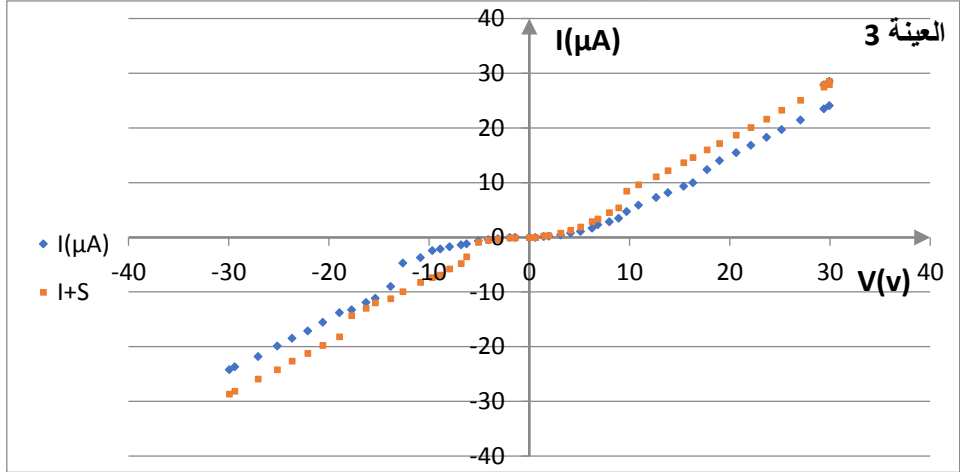
$$I_S = AA^*T^2 \left[\exp \left(\frac{-q\phi_B}{KT} \right) \right] \quad (5)$$

$$\begin{aligned} I_S &= 2.5434 \times 32 (273.15)^2 \left[\exp \left(\frac{1.6 \times 10^{-19} \times 0.5}{1.38 \times 10^{-23} \times 273.15} \right) \right] \\ &= 6072493 \times 1.565 = 9497379.75A \\ &= 9.497 \mu A \end{aligned}$$

التيار الكلي في شوتكي:

$$I = 9.497 \left[\exp \left(\frac{1.6 \times 10^{-19} \times 4}{69 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273.15} \right) - 1 \right]$$

$$I = 9.497 \times 5.686 = 53.999 \mu A$$



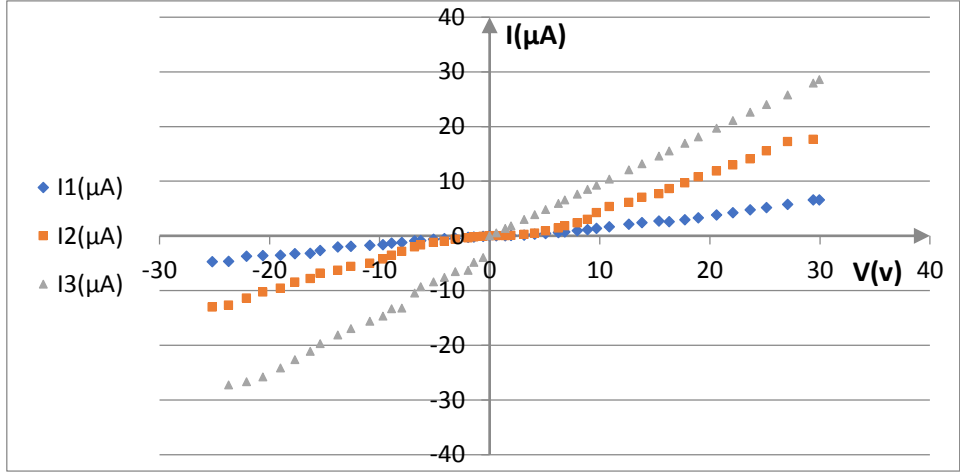
الشكل (11): دراسة الميزة $I - V$ للعينة الثالثة بحالة عدم وجود منبع مشع وبوجوده بعد فترة زمنية كبيرة من التحضير.

- ❖ أخذت القياسات بعد شهر ونص من وقت التحضير، من خلال المنحنيات الثلاثة (9)، (10)، (11) لاحظنا أن العينة الثانية والثالثة كانتا أكثر استقراراً وتمثلان شوتكي.
- ❖ لاحظنا تأثير المنبع المشع على العينات حيث ظهر تغير في المنحني بحالة وجود المنبع عن عدم وجوده.
- ❖ ازداد التيار الأمامي مع وجود المنبع المشع عن التيار الأمامي عند عدم وجود المنبع المشع.
- ❖ تناقص التيار العكسي مع وجود المنبع المشع عن التيار العكسي عند عدم وجود المنبع المشع.
- ❖ وجدنا النتائج تطابق إلى حد كبير مع المراجع [18،8]

5.5 مقارنة الميزة $I - V$ للعينات بعد فترة زمنية كبيرة التحضير بدون وجود منبع مشع:

الشكل (12): يوضح مقارنة الميزة $I - V$ لمجموعة من العينات المحضرة بدون وجود

منبع مشع بعد فترة زمنية كبيرة من التحضير .



الشكل (12): مقارنة الميزة $I - V$ لمجموعة من العينات المحضرة بدون وجود منبع مشع بعد

فترة زمنية كبيرة من التحضير .

من الشكل (12) تم رسم الميزة لثلاثة عينات مع بعض للمقارنة بحالة عدم وجود منبع

مشع تبين اختلاف بينهم ويعود الاختلاف إلى وجود المذيب في العينات أو عدم وجوده وبالإضافة إلى زمن القياس بعد فترة من زمن التحضير .

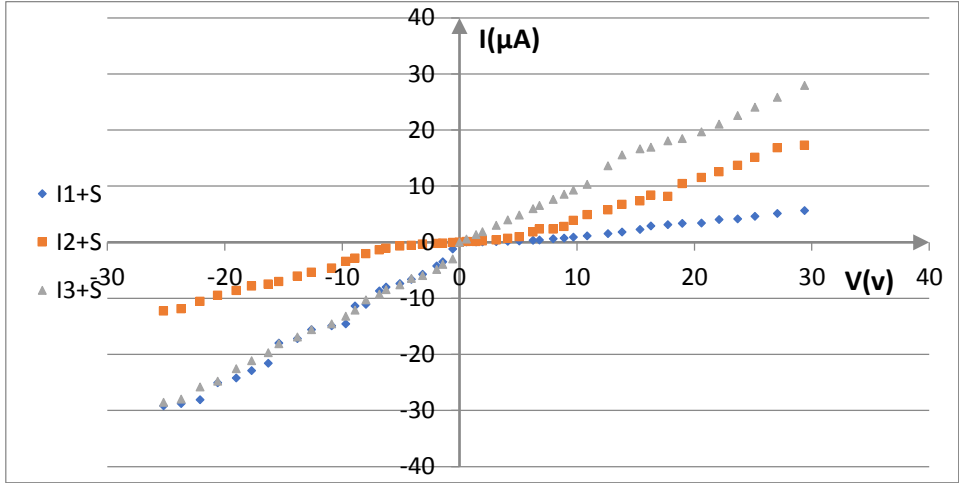
التيار الأمامي للعيينة الثالثة كان له أكبر قيمة من التيار الأمامي للعينيتين الثانية والأولى .

أما التيار العكسي للعيينة الأولى له أكبر قيمة عن التيار العكسي للعيينة الثالثة والثانية بحالة عدم وجود منبع مشع وهو متطابق إلى حد كبير مع ماذكر في المرجع [18] .

5.6 مقارنة الميزة $I - V$ للعينات بعد فترة زمنية كبيرة التحضير مع وجود منبع مشع:

الشكل (13): يوضح مقارنة الميزة $I - V$ لمجموعة من العينات المحضرة مع وجود منبع

مشع بعد فترة زمنية كبيرة من التحضير.



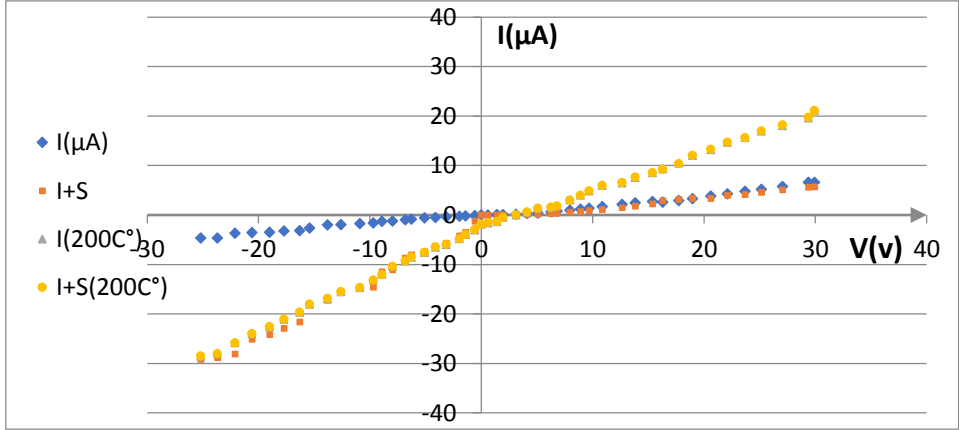
الشكل (13): مقارنة الميزة $I - V$ لمجموعة من العينات المحضرة مع وجود منبع مشع بعد فترة زمنية كبيرة من التحضير.

من الشكل (13) تم رسم الميزة للعينات الثلاثة مع بعض للمقارنة بحالة وجود منبع مشع ظهرت الفروقات بينهم، حيث ظهر جلياً تأثير المنبع المشع على كل عينة. التيار الأمامي للعينة الثالثة له أكبر قيمة من التيار الأمامي للعينتين الأولى والثانية، وكان التيار الأمامي للعينة الأولى له أخفض قيمة، أما التيار العكسي كان للعينة الثانية أكبر قيمة، بينما تطابق التيار العكسي للعينتين الثانية والثالثة.

عند مقارنة الخطوط البيانية (12)، (13) نلاحظ التأثير الواضح للمنبع المشع على العينات المدروسة، حيث تغير التيار العكسي بشكل كبير.

5.7 دراسة تأثير درجة الحرارة على شوتكي:

الشكل (14): يوضح مقارنة الميزة $I - V$ لشوتكي بحالة وجود منبع مشع وعدم وجوده عند التعرض لدرجة حرارة 200°C لنفس العينة.

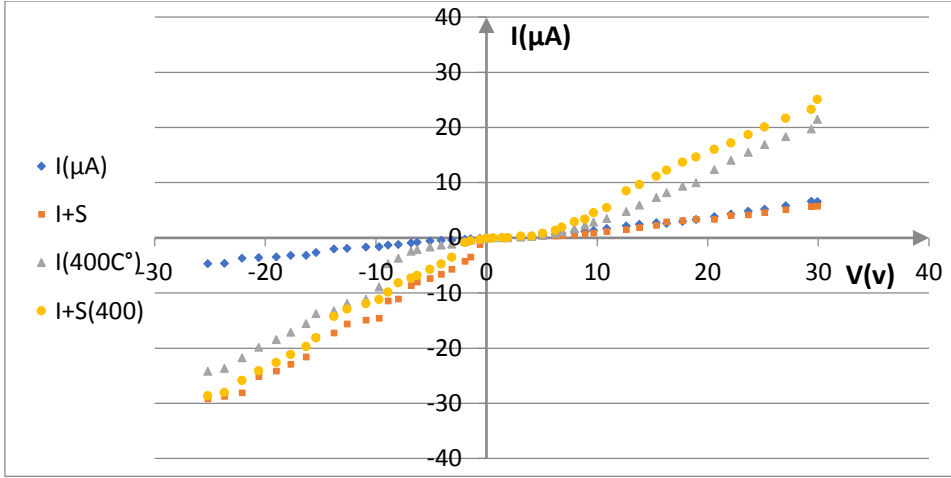


الشكل (14): مقارنة الميزة $I - V$ لشوتكي بحالة وجود منبع مشع وعدم وجوده عند التعرض لدرجة حرارة 200°C لنفس العينة.

لاحظنا من الشكل (14) عندما تم تعريض العينة الأولى لدرجة حرارة قدرها 200°C تغيرت الميزة عما كانت عليه قبل التعرض وذلك من خلال المقارنة مع الأشكال السابقة جميعها للعينة الأولى بحالة وجود المنبع المشع أو عدم وجوده.

عند تعرض العينة للحرارة التيار الأمامي تطابق مع التيار الأمامي قبل التعرض وكذلك تطابق التيار الأمامي عند وجود المنبع المشع بحالة تعرض العينة للحرارة وعدم تعرضها للحرارة، التيار العكسي انخفض عند التعرض للحرارة عن التيار العكسي بحالة عدم التعرض للحرارة، وتطابق التيار العكسي قبل التعرض وبعده بحالة عدم وجود المنبع المشع مع التيار العكسي عند وجود المنبع المشع.

الشكل (15): يوضح مقارنة الميزة $I - V$ ل شوتكي بحالة وجود منبع مشع وعدم وجوده عند التعرض لدرجة حرارة 400°C لنفس العينة.



الشكل (15): مقارنة الميزة $I - V$ ل شوتكي بحالة وجود منبع مشع وعدم وجوده وعند التعرض لدرجة حرارة 200°C لنفس العينة.

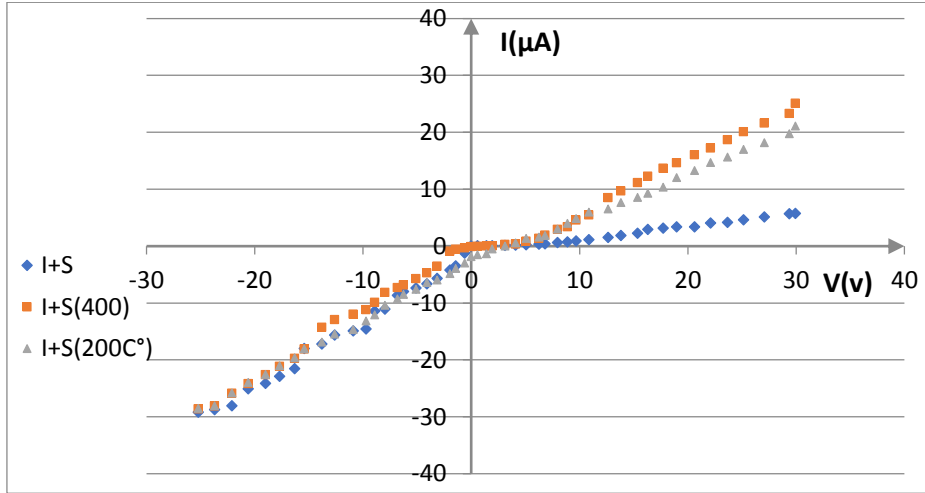
الشكل (15) استمر تعرض العينة الأولى لدرجة حرارة قدرها 400°C ، من خلال المقارنة مع الأشكال السابقة للعينة الأولى بحالة وجود المنبع المشع أو عدم وجوده، لاحظنا تغير في الميزة عما كانت عليه قبل التعرض وعما كانت عليه عند الدرجة 200°C .

نلاحظ من الشكل (15) التيار الأمامي قبل تعرض العينة لدرجة حرارة 400°C ، يختلف عن التيار الأمامي عند التعرض لها، فقد انخفض التيار الأمامي عند التعرض للحرارة.

التيار الأمامي للعينة عند التعرض وقبل وبوجود المنبع المشع لم يُظهر اختلاف فقد كانا الخطين البيانيين متطابقين فلم يظهر تأثير المنبع المشع بهذه الحالة.

التيار العكسي عند تعرض العينة لدرجة 400°C انخفض عن التيار العكسي قبل التعرض، أما التيار العكسي بوجود المنبع والعينة معرضة للحرارة السابقة قد ارتفع قليلاً عن التيار العكسي عند وجود المنبع قبل تعرضها للحرارة هذا يدل على التأثير الواضح للمنبع المشع على العينة.

الشكل (16): يوضح مقارنة الميزة $I - V$ ل شوتكي عند وجود منبع مشع وتعرضه لدرجة حرارة 400°C , 200°C لنفس العينة.



الشكل (16): مقارنة الميزة $I - V$ لثنائي شوتكي عند وجود منبع مشع وتعرضه لدرجة حرارة 400°C , 200°C لنفس العينة.

عند المقارنة بين الخطوط البيانية للعينة المعرضة للحرارة في الأشكال (15) و(16) وبوجود المنبع المشع تبين أن التيار الأمامي قد ازداد بوجود المنبع المشع عند الدرجة 400°C , 200°C عن التيار الأمامي قبل التعرض للحرارة. أما التيار العكسي كان متطابق بوجود المنبع المشع قبل التعرض للحرارة وبعد فلم يظهر اختلاف يذكر.

6. النتائج و مناقشتها

1. دلت دراسة الميزة جهد - تيار على إمكانية تصنيع متصل شوتكي بطريقة البخ بالتذرية (بخ بالطلاء) حيث عمل المتصل بطريقة فعالة وخصوصاً عند تعرضه للإشعاع، حيث حصل تغير في الميزة قبل التشعيع وبعده.
2. ظهر بشكل واضح تأثير المذيب رباعي هيدروفران (THF) على العينات، حيث العينة الأولى محضرة بعدم وجود المذيب سلوكها شبه خطي بينما العينات الثانية والثالثة اللتان عدلت بنية الأوكسيد فيهما باستخدامه تتميزان بسلوك تربياعي وتمثلان شوتكي.
3. أبدت العينة الأولى مع مرور الزمن تحسن في الميزة، وكذلك عند تعرضها لمنبع مشع. وتبين أن العينة الثانية والثالثة كانتا أفضل من العينة الأولى في إظهار الميزة $(I - V)$ مع وجود المنبع المشع وبدونه.
4. أكدت النتائج المختلفة أن لعينات أوكسيد الزنك مقداراً مختلفاً من العيوب السطحية، الأمر الذي يمكن أن يلعب دوراً هاماً في تسهيل اصطياح الإلكترونات والثقوب الناتجة عن التشعيع، وبالتالي يسهم في تعزيز خصائص التآلق الضوئي PL والومضان الإشعاعي، وبالتالي يمكن تغير الومضان الإشعاعي لأوكسيد الزنك باستعمال التعديل الكيميائي كنتيجة لوفرة شواغر الأكسجين السطحية أو العيوب الموجودة في أوكسيد الزنك [16].
5. لوحظ أيضاً أنه عند الفولتية المنخفضة $0.1 - 0.3 V$ ، تزداد التيارات الأمامية بشكل صغير، وعند الفولتية الأعلى $10 - 0.5 V$ تزداد بشكل كبير وعند الفولتية $10 - 30 V$ نلاحظ تكون على شكل خطي. من هذه النتيجة، من الواضح أن معدن Al قد تم ترسيبه بنجاح على بنيات الأوكسيد التي تشكل وصلة أنصاف - النواقل المعدنية (M/S) مع مقاومة متولدة كبيرة.
6. تبين من خلال الأشكال السابقة أكاسيد المعادن السميكة مثل أوكسيد الزنك مادة مناسبة وفعالة لاستشعار إشعاع غاما وقياس جرعات غاما.

7. يؤدي تعريض فيلم أوكسيد الزنك لإشعاع غاما إلى تعزيز ناقليته. ولكن يعزى سبب الناقلية المنخفضة نسبياً إلى تقنية التحضير والترسيب.
8. تم حساب ارتفاع حاجز الكمون لإحدى العينات فكان 0.5 eV وتيار الإشباع $I = 53.999 \mu A$ وعامل المثالية $n = 69$.
9. يشير السلوك غير المثالي والغير متشابه بين عينات لوصلات ثنائية شوتكي المصنعة إلى عدم تجانس السطح العلوي لبنية الوصلات ثنائية، والمقاومة المتولدة، وعدم انتظامها توزيع الشحنات البينية وانخفاض الجهد عبر وصلة (M / S) 19.
10. نستنتج أن درجة الحرارة قد أثرت بشكل واضح على العينة المحضرة وقد أثر تعرض العينة للحرارة إلى تأثرها بوجود المنبع المشع حيث تغيرت الميزة جذرياً.
11. بعد تعرض العينة المحضرة لدرجات حرارة مختلفة لاحظنا تغير الميزة بشكل واضح بحالة وجود المنبع المشع عن عدم وجوده وهذا يعزى إلى تأثير درجة الحرارة على بنية نصف الناقل.
12. لم نستطيع الاستمرار في تعريض العينات لدرجات حرارة أعلى بسبب تخرّب العينة مما أدى إلى تفككها ويعزى ذلك إلى اختلاف معامل التمدد الحراري بين النحاس ونصف الناقل.
13. تكرار الميزة جهد - تيار ساعد في التأكد من عمل ثنائي شوتكي بعد فترات طويلة من التحضير ومعرفة مدى فعاليته.

المراجع :

[1].KHAN, A.(2014)- Analysis of junction properties of gold–zinc oxide nanorods-based Schottky diode by means of frequency dependent electrical characterization on textile. Materials Science, Vol 49,No 4, Pp3434-3441.

- [2].JIN, J.(2017)- **Schottky diodes on ZnO thin films grown by plasma-enhanced atomic layer deposition.** Transactions on Electron Devices ,Vol 64,No 3,Pp1225-1230.
- [3]. KUMAR, B. Lucky,A.(2016)- **Work Function Estimation Of Bismuth Doped Zno Thin Film.** Advanced Nanoscience and Technology, An International Journal (ANTJ), Vol 2, No 2/3,Pp1-7.
- [4].SEMPLE, J. ROSSBAUER, S. Thomas D.(2016)- **Analysis of Schottky contact formation in coplanar Au/ZnO/Al nano-gap RF diodes processed from solution at low temperature.**Engineering materials science,Vol 220,NO168,Pp742.
- [5].CHENG, K . (2007)-**Surface states dominative Au Schottky contact on vertical aligned ZnO nanorod arrays synthesized by low-temperature growth.** New Journal of Physics, Vol 9,No 7,Pp 214.
- [6]. JIN, J. Jacqueline, S. (2017)- **Schottky diodes on ZnO thin films grown by plasma-enhanced atomic layer deposition.** Transactions on Electron Devices, Vol 64, No 3, Pp 1225-1230.
- [7].KUMARI, P .(2022)- **Engineering Schottky-like and heterojunction materials for enhanced photocatalysis performance—a review.** Materials Advances, Vol 3,No 5, Pp 2309-2323.
- [8]. ASGHAR, M. (2013)- **Electrical characterization of Au/ZnO/Si Schottky contact.** Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing ,Vol 439, Pp 012030.
- [9]. BRILLSON, L,J. LU, Yicheng. (2011)-**ZnO Schottky barriers and Ohmic contacts.** Journal of Applied Physics, Vol 109,No 121301,Pp 1-35.
- [10] Moridi, A., Hassani-Gangaraj, S. M., Guagliano, M., & Dao, M. (2014). Cold spray coating: review of material systems and future perspectives. Surface Engineering, Vol 30, NO 6, P P 369-395.
- [11].KESKENLER, E. HAIDAR, M. (2020)-**Schottky diode fabrication via cold substrate evaporated ag on sol-gel derived ZnO ultra-thin films for semiconductor devices.** Journal of Ovonic Research, Vol 16, No 5,Pp 309-321.

- [12] Dreyfuss, Patricia. (1982) - **poly Tetrahydrofuran (THF)**. CPC press, VOL 8, No 10016, Pp 1-305.
- [13] AL-AHMADI, Noorah A. (2020)- **Metal oxide semiconductor-based Schottky diodes: a review of recent advances**. Materials Research Express, Vol 7, No 3, Pp 032001.
- [14] OMAR, A. Baraka A. (2015) **Metal oxide films/structures for gamma radiation detection**. International Conference on Electronics, Circuits, and Systems (ICECS). Vol 978, No 1, Pp 685-688.
- [15] SHWEIKANI, Pr R.; ISMAIL, A, JERBY, B. (2017) - **Preliminary study on the properties of zinc oxide (ZnO) for alpha particles detection**. International Journal of Radiation Research, Vol 15, No 3, Pp 301-306.
- [16] A. ISMAIL, J. AL ABDULLAH, R. SHWEIKANI, B. JERBY (2017)- **Radioluminescence in ZnO: effect of chemical modification**. Journal of OPTOELECTRONICS AND ADVANCED MATERIALS, Vol. 19, No. 5 – 6, p. 389 – 394.
- [17] I. Hussain, M. Y. Soomro, N. Bano, O. Nur. (2012) - **Interface trap characterization and electrical properties of Au-ZnO nanorod Schottky diodes by conductance and capacitance methods**. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. Vol 112, No 064506, Pp 1-6
- [18] RAJAN, Lintu; PERIASAMY, C, SAHULA, Vineet. (2016)- **Electrical characterization of Au/ZnO thin film Schottky diode on silicon substrate**. Perspectives in Science, Vol 8, Pp 66-68.
- [19] M.Y.A. Rahman, A.A. Umar, R. Taslim, M.M. Salleh. (2015)- **Effect of surfactant on the physical properties of ZnO nanorods and the performance of ZnO photoelectrochemical cell**, J. Exp. Nanosci. Vol 10, Pp 599–609.