------ مجلة علوم الرافدين، المجلد 17، العدد 2، ص139-149، 2006 ------

تأثير أشعة كاما على الخواص الكهربائية لمتسعات ذات الغشاء الرقيق من بولي ميثا اكريلات المثيل

يحيى نوري الجمال زهراء بديع الدباغ

قسم الفيزياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2004/12/27 ، تاريخ القبول 2005/5/16)

الملخص

تم في هذا البحث تصنيع متسعات الألواح المتوازية الرقيقة ذات الغشاء البوليمري الرقيق من مادة ميثا أكريلات المثيل (PMMA)، وبأسماك مختلفة. يتضمن البحث دراسة تأثيرات أشعة كاما على المتسعة المصنعة. حيث تتضمن القياسات الكهربائية دراسة خواص (التيار- الفولتية) للمتسعات المصنعة قبل وبعد التشعيع وبفترات زمنية مختلفة حيث بينت النتائج أن قيمة فولتية الانهيار تتناقص بعد التشعيع إلا أنها تزداد مع زيادة زمن التشعيع، اضافة الى ذلك فلقد تم دراسة تأثيرات الإشعاع على قيمة التوصيلية الكهربائية وبينت النتائج ان قيمة التوصيلية تتناقص وبشكل أسي مع زيادة زمن التشعيع, وأخيرا تم دراسة تاثيرات الاشعاع على سعة المتسعة حيث تبين أن هناك زيادة في قيمة سعة المتسعة مع زيادة زمن التشعيع.

The Effect of Gamma Radiation On Electrical Properties For Thin Film Capacitors Of Poly Mathyl Metha Acrylate (PMMA)

Yahya N. Al-Jammal Zahraa B. Al-dabbag

Department of Physics

College of Science

Mosul University

ABSTRACT

In this work firstly, a parallel plat capacitor with thin film of Poly Mathyl Metha Acrylate (PMMA) have been fabricated for different thickness using a spinner technique. Secondly, the effect of gamma ray radiation on electrical properties of these capacitor have been studied. Electrical characteristic of un-exposured and exposured capacitor to gamma ray for different periods times have been studied. The results show that the

breakdown voltage, in general, is decreased an exponentially when the capacitor exposured to a certain time of radiation. while it's reveal an increasing breakdown voltage with the increasing in irradiation period time. This work is also include the study of the effect of radiation on electrical conductivity. The results show that there is an exponentially decreasing in electrical conductivity as increasing exposured time for gamma ray. Finally, the effect of gamma radiation on the value of capacitance for the fabricated capacitor, have been studied. The results show that there is an increasing in it's value as increasing in exposured time.

المقدمة

ان عملية دراسة المواد وتحديد خواصها الفيزيائية تعتبر من الأمور المهمة جـدا فـي الـصناعات الإلكترونية، ذلك لان مثل هذه العملية تعد الرافد الأساسي لتحسين صناعة النبائط الإلكترونية وتطويرهـا وبالتالي تحسين وتطوير الأجهزة الإلكترونية بشكل عام.

كما ان مثل هذه الدراسات لا تتوقف على دراسة طبيعة المواد المستخدمة قبل اسـتعمالها كمـادة أساسية في مثل هكذا صناعة بل تتجاوز ذلك لتصل الى دراسة هذه المواد وتحديد التغييـرات الفيزيائيـة التي تطرأ عليها بعد استعمالها كمادة أساسية في الصناعة حيث ان هذه الدراسات تعطي صورة واضـحة لخواص النبائط المصنعة خلال فترة العمر التشغيلي لمثل هكذا نبائط وبالتالي تعطـي صـورة واضـحة لخواص لكفاءة الأجهزة الإلكترونية المصنعة على طول فترة العمر التشغيلي لهذه الأجهزة. بالإضافة الى ذلك فان بعض هذه النبائط تكون معرضة الى مؤثرات فيزيائية خارجية أثناء فترة تشغيلها، ومـن هـذه المؤثرات هي المؤثرات الميكانيكية والحرارية والمؤثرات الناتجة من الإشعاعات النووية،..... الـخ. لذلك أصبح من الضروري دراسة تأثيرات العوامل الخارجية وتحديد السلوكية التي تتصرف بها النبـائط المصنعة أثناء تعريضها لمثل هذه المؤثرات، وعليه يمكن إجمال الدراسات المتعلقة بالمواد المستخدمة في صناعة النبائط الإلكترونية بدراسة المواد قبل استخدامها في تصنيع النبائط، ودراسة المواد أثنـاء العمـر التشغيلي واخيرا دراسة التغيرات التي تطرأ على هذه المواد أثناء تعرضها لمؤثرات فيزيائيـة خارجيـة خلال فترة العمر التشغيلي لهذه النبائط.

ولعل من المواد التي حظيت في الوقت الحاضر من قبل الباحثين في تصنيع النبائط الالكترونية هي المواد البوليمرية وذلك لما تمتاز به هذه المواد من صفات جعلتها تتفوق على مثيلاتها من المواد الطبيعية الاخرى. ومن الجدير بالذكر هنا ان البحوث الجارية أثبتت أن المواد البوليمرية ليست مواد عازلـة كمـا كان معروفاً عليها سابقاً بل ان هناك مواد بوليمرية موصلة وشبه موصلة ايضاً، اضافة الى ذلـك فـان البعض من المواد البوليمرية أثبتت قابليتها من خلال البحوث المنجزة عليها بأن لها القدرة على الوصـول الى حالة التوصيل الفائق (Donald,1979)(Rose, 1955).

وعلى ضوء ذلك فلقد تعددت البحوث في دراسة المواد البوليمرية، فمنها تضمنت دراستها كمادة أساسية قبل دخولها في صناعة النبائط الإلكترونية، ومنها تضمنت دراسة وتحديد خواصها خلال فترات من عمرها التشغيلي أثناء وجودها كمادة في نبيطة معينة، وبحوث كثيرة أخرى قامت على دراسة المواد البوليمرية أثناء تعرضها الى مؤثرات فيزيائية خارجية مثل الحرارة، الضغط، والإشعاعات النووية أثناء فترة تشغيلها (Ibrahim, 1977)(Makki, 2000))(هاشم، 1988).

ان الهدف الأساس من هذا البحث هو تصنيع متسعات الأواح المتوازية ذات الغشاء البوليمري الرقيق من مادة بولي ميثا اكريلات المثيل (PMMA). ودراسة خواص هذه المتسعات قبل وبعد تعرضها الى أشعة كاما ولمعرفة التغيرات الفيزيائية التي قد تحصل على هذه المتسعات بعد تعرضها الى أشعة كاما، وذلك من اجل معرفة مدى صلاحية هذه المادة المستخدمة في المتسعات .

التقنية العملية

المتسعات المستخدمة في القياس تم تصنيعها باستعمال شريحة زجاجية بسمك (1mm) وأبعاد (1.5cmx1.5cm)، حيث تم تنظيف هذه الشريحة بصورة جيدة بواسطة الماء المقطر اللأيوني والأسيتون ومن ثم تم ترسيب طبقة رقيقة من الألمنيوم عالي النقاوة (99.999%) والمجهز من قبل شركة بلازر وبسمك (2000Å)، ومن اجل الحصول على غشاء عازل متماثل السمك من البوليمر تم استخدام تقنية التدوير(الوطني، 1999)، حيث ان هذه التقنية تتطلب استخدام مادة سائلة لذلك فلقد تم إذابة البوليمر المستخدم (PMMA) بواسطة المذيب كلوروفورم وبنسبة حجمية (1:4)(تكون النسبة الحجمية للمذيب أربعة أضعاف البوليمر المستخدم)، بواسطة هذه التقنية تم الحصول على أغشية بوليمرية بأسماك مقدارها(3830Å, 1915Å,1277Å,1064Å) . تم قياس سمك الأغشية باستخدام تقنية تولنسكي (Tolansky Tech.)، عقب ذلك تم ترسيب طبقة من مادة الألمنيوم عالي النقاوة على سطح الغشاء العازل بواسطة استخدام جهاز الترسيب من نوع (Varian) وعلى شكل دوائر بقطر (1mm) بواسطة استخدام أقنعة مناسبة.

لقد اعتمدنا طريقة فرق-الجهد التيار في دراسة الانهيارات الكهربائية لهذه النماذج وذلك من خلال قياس التيار المتسرب عبر المتسعة عند تسليط فولتية معينة عليها. تم ربط اجهزة القياسات الكهربائية بالمجسات التي صممت لكي تلائم الشكل الهندسي للمتسعات المصنعة. زودت المتسعات بالتيار المستمر من مجهز القدرة نوع Leybolde 52273 يعطي تياراً مستمراً مستقر. أما لقياس فرق الجهد المسلط على العينة فلقد استعمل فولتميتر ذي مؤشر من نوع Trilett . وكذلك استخدم جهاز الأميتر لقياس التيار الى حدود النانوميتر من نوع (Digital Multi – Meter of 177)

واخيرا تم تشعيع النماذج المصنعة باستخدام خلية كاما وهي مصدر مشع لأشعة كاما نوع (Gamma Cell 220)، كندي الصنع ذو فعالية (6430 Ci) مصنع في سنة (1982).

النتائج والمناقشة

يتضمن هذا البند دراسة خواص (التيار – الفولتية) لأسماك مختلفة للمتسعات المصنعة ، حيث تضمن دراسة خواص (التيار- الفولتية) للمتسعات المصنعة قبل وبعد التعرض لأشعة كاما، اضافة إلى دراسة تأثيرات زمن التشعيع على فولتيات انهيار المتسعات ، ودراسة تأثيرات التشعيع على كل من التوصيلية الكهربائية وعلى سعة المتسعات المصنعة.

ا - خواص (التيار – الفولتية) للمتسعات المصنعة :

يبين الشكل(1) منحنيات خواص (التيار – الفولتية) لمتسعات الألواح المتوازية ذات الغشاء البوليمري الرقيق من مادة (PMMA) وبأسماك (3830Å, 1915Å, 1277Å, 1064Å)غير المشععة، حيث يبين الشكل فولتيات الانهيار هي (2000V, 1600V, 1300V,1200V)على التعاقب. ومن الشكل (1) يتبين إن منحنيات خواص (التيار – الفولتية) مقسمة إلى ثلاث مناطق وهذا يتفق على ما ورد في المصدر (Simmons, 1971). إن كثافة التيار المتسرب بصورة عامة وجدت بأنها تخضع للعلاقة الرياضية التالية:

$$J \alpha V^{m} \qquad \text{------(1)}$$

حيث أن (m) تمثل عدداً صحيحاً يمثل درجة اعتماد التيار المتسرب من العينة على الفولتية المسلطة.

ويمكن تفسير المناطق الثلاثة على النحو التالي:

المنطقة الاولى: يمكن اعتبارها منطقة أومية تكون فيها قيمة (m~1) وهذا يعني ان التيار المتسرب يتناسب طردياً مع الفولتية. أي بمعنى أنها خاضعة لقانون أوم. إن هذه المنطقة تظهر عندما تكون كثافة الحاملات الفعالة N_c في حزمة التوصيل أقل بكثير من كثافة الحاملات الحرة N_o ، أي أن $(N_o>N_c)$. وبالتالي فأن كثافة التيار في هذه المنطقة تخضع للعلاقة الرياضية :

$$J=N_o q\mu \frac{V}{d} \qquad \text{-------(2)}$$

حيث أن (q) تمثل الشحنة، (μ) تحركية الشحنة، (d) سمك المادة العازلة وأما كثافة الحاملات الحرة (N_o) تعطى بالعلاقة التالية:

$$N_o=N_c \exp-\frac{E}{K_\beta T} \qquad \text{-------(3)}$$

حيث أن E تمثل طاقة التنشيط، $K_ß$ ثابت بولتزمان و T درجة الحرارة المطلقة.

المنطقة الثانية: أما في هذه المنطقة فلقد كانت قيمة (m) بحدود (m~2) ، وهذا يعني أن عملية التوصيل في هذه المنطقة قد تخضع لالية التيار المحدد بالشحنة الفراغية (SCLC)(Lampert and Mark 1970) . لذا فان كثافة التيار المتسرب في هذه الحالة يخضع للعلاقة :

$$J=\frac{9}{8}\epsilon\mu\Phi\frac{V^2}{d^3} \qquad \text{-----(4)}$$

حيث أن ϵ ثابت عزل المادة، Φ تمثل النسبة بين كثافة الشحنات الفعالة (N_c) الى كثافة الـشحنات المصطادة تعطى بالعلاقة الرياضية التالية:

$$\Phi=\frac{N_c}{N_t}\exp-\frac{(E_c-E_t)}{K_\beta T} \qquad \text{------(5)}$$

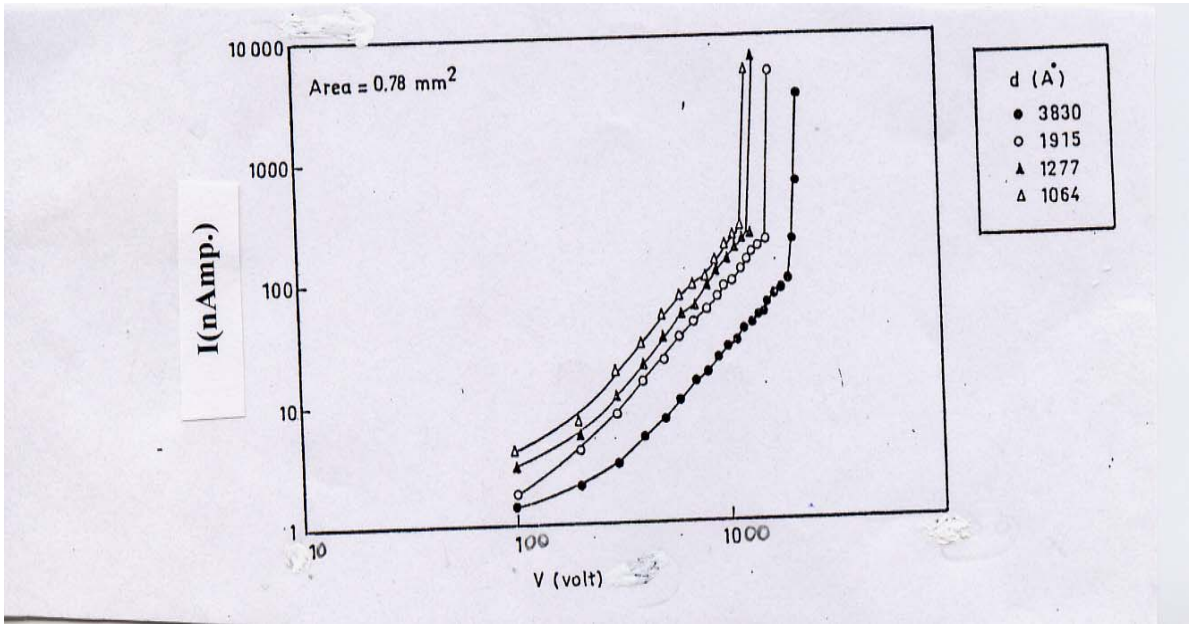
أما بالنسبة الى الفولتية (V) التي يحدث عندها الانتقال من المنطقة الاومية الى منطقة التيار المحدد بالشحنة الفراغية (SCLC) فتعطى بالعلاقة :

$$V = qN_t\frac{d^2}{2\epsilon} \qquad \text{----------(6)}$$

المنطقة الثالثة: في هذه المنطقة نشاهد التيار يزداد بصورة مفاجئة وسريعة وبشكل شبه عمـودي علـى محور الفولتية المسلطة (أي المحور السيني) . ويمكن تفسير ذلك أن جميع المصائد الموجودة في المـادة العازلة قد امتلئت مسبقاً (أي في المنطقة الثانية (Trap Filled Limited(TFL)) وأصبحت المادة العازلة في الحقيقة خالية من المصائد. وبحيث أن شحنة اضافية تدخل المادة تصل مباشرةً الى حزمة التوصـيل. ان الفولتية (V_{TFL}) التي يحدث عندها الانتقال من منطقة الثانية الى المنطقة الثالثة والتي يمكـن ان تعـد شبه ثابتة بالعلاقة الرياضية التالية :

$$V_{TFL} = qN_t\frac{d^2}{2\epsilon} \qquad \text{----------(7)}$$

ويمكن اعتبار هذه الفولتية (V_{TFL}) في دراستنا هي فولتية الانهيار .

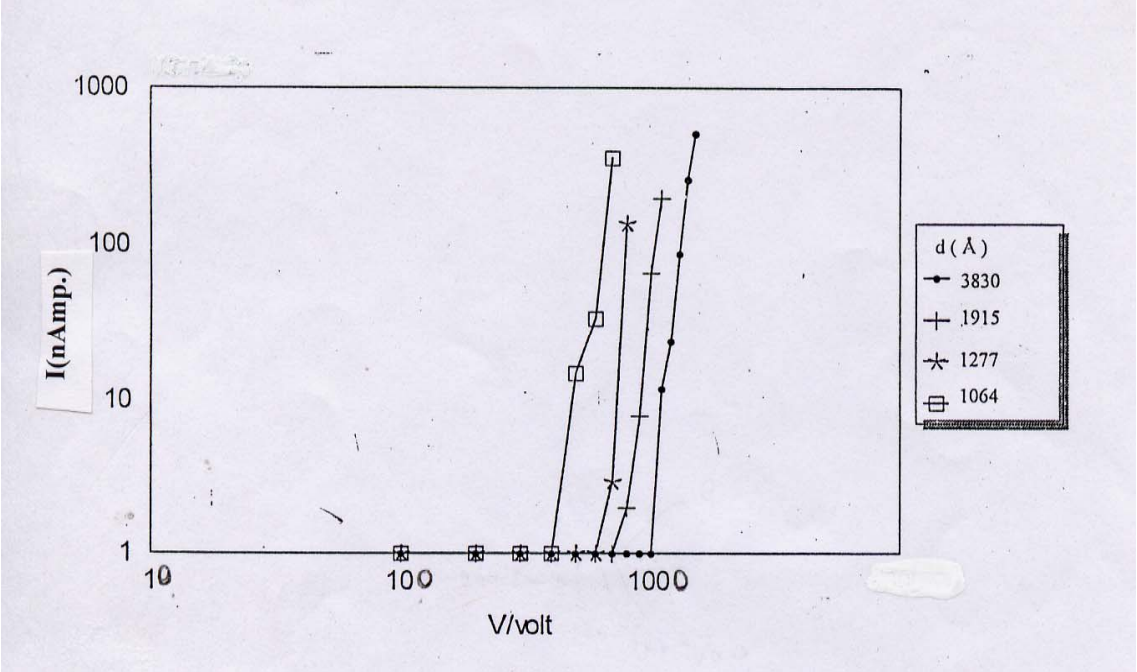


الشكل 1: خواص I-V لاسماك مختلفة "قبل التشعيع".

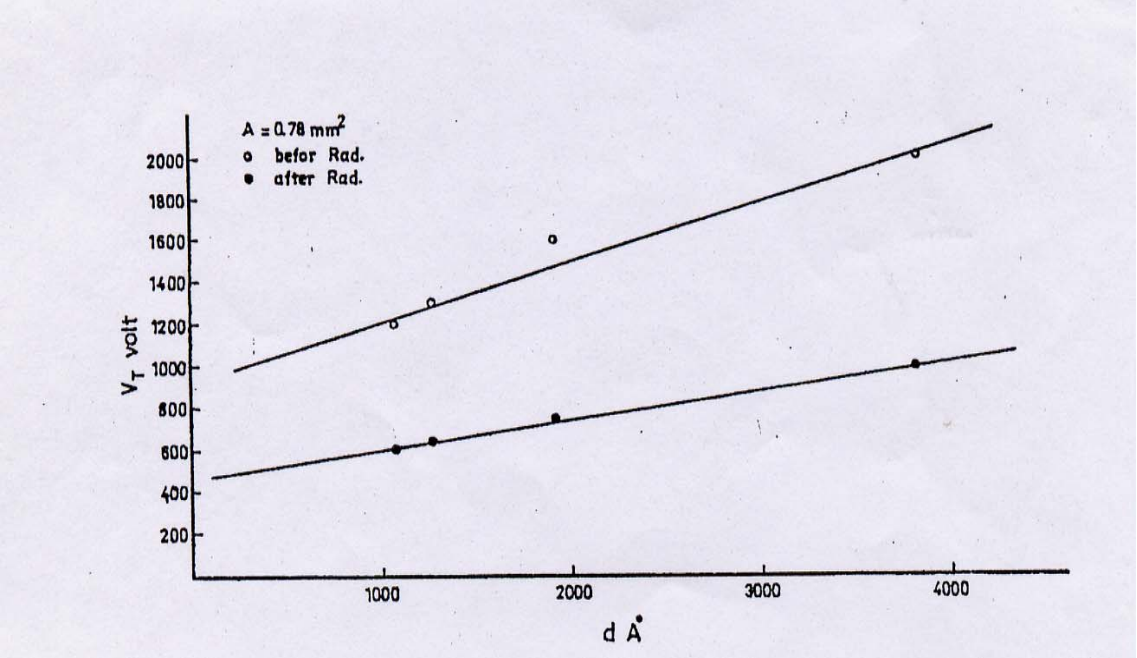
الشكل (2)يبين خواص (التيار – الفولتية) للمتسعات المصنعة من مـادة (PMMA) ذات أسـماك مختلفة بعد تعرضها إلى أشعة كاما لمدة ساعة واحدة ، حيث يبين الشكل إن قيمة فولتيات الانهيار تنخفض بعد تعرض المتسعات إلى الاشـعاع لتـصبح(600V, 650V , 750V, 1000V) للأسـماك (Å 1064, 1277Å, 1915Å , 3830Å) على التعاقب. يلاحظ من هذا الشكل إن خـواص (التيـار – الفولتيـة) للمتسعات المصنعة بعد تعرضها للاشعاع يتكون من منطقتين ، الاولى : تكون فيها استجابة التيار قليـل جدا مع زيادة الفولتية المسلطة. أما المنطقة الثانية : فان استجابة التيار مع الفولتية يكون كبير جدا وبشكل واضح (منطقة انهيار). أما الشكل (3) فيبين قيم فولتيات الانهيار للمتسعات المصنعة قبل وبعد التعرض للاشعاع لمدة ساعة واحدة كدالة لسمك الغشاء العازل. وكما يتبين من الشكل ان قـيم فولتيـات الانهيـار لجميع المتسعات ذات الاسماك المختلفة تنخفض بعد تعرضها للاشعاع. ويمكن تفسير ذلك على ان عملية تعريض المتسعة الى أشعة كاما هي عملية تزويد الغشاء العازل بطاقة، هذه الطاقة سـوف تـؤدي إلـى استحداث ناقلات للتيار (جذور حرة) والتي بدورها تؤدي إلى مرور تيار اكبر وبآليات مختلفـة. لـذلك فان قيمة فولتيات الانهيار تنخفض إضـافة إلـى أن آليـة التيـار المـار تتغيـر (Simmons, 1971) .(Mohammed, 1998)

ب – خو اص (التيار – الفولتية) لازمان تشعيع مختلفة لسمك واحد :

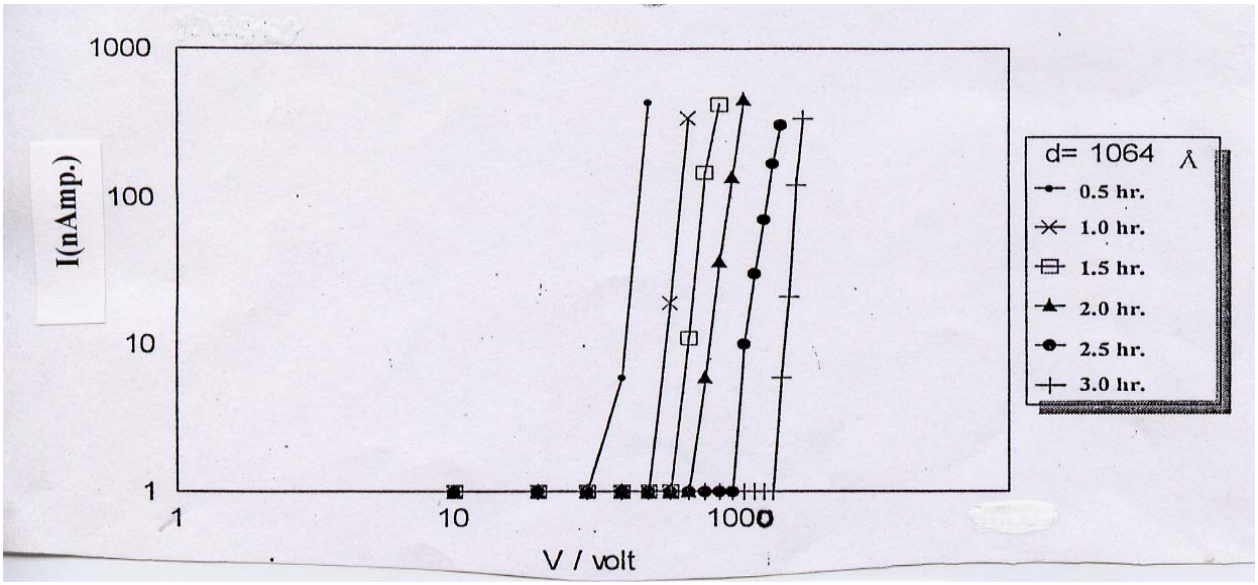
يبين الشكل (4) منحنيات خواص (التيار – الفولتية) لمتسعة الألواح المتوازية ذات الغشاء البوليمري الرقيق(PMMA) وبـسمك (1064Å) بعد تعرضـها لأشـعة كامـا وبأزمـان تشعيع مختلفـة تصل الـى ثلاثـة ساعات وعند درجة حرارة الغرفة، حيث يبين الشكل إن قيمة فولتية الانهيار للمتسعة عند تعرضها إلـى الإشعاع لمدة (0.5hr.) تساوي (400V)، ثم تزداد كلما زاد زمن التعرض لأشعة كاما لتصبح (1400V) عند زمن تعرض مقداره (3hr). ويبين الشكل (5) قيم فولتيات الانهيار للمتسعة ذات الـسمك 1064A° كدالة لزمن التعرض لاشعة كاما، حيث يتضح من الشكل أنه كلما زادت فترة تعرض المتسعة للأشـعاع ازدادت فولتية الانهيار. ويمكن تفسير تغير قيمة فولتية الانهيار عند تعرضها الى جرعات مختلفـة مـن الاشعاع الى حصول ناقلات التيار أي تولد (جذور حرة) أو الى زيادة في الطاقة الداخلية المكتسبة الناشئة جراء التشعيع. مما يؤدي الى تغير لزوجة المادة والعمل على تقليل المقاومة. أما عنـد الاسـتمرار فـي التشعيع فان ناقلات التيار سوف تكتسب طاقة أكبر مما عليه إلى أن تصل إلى قيمة معينة من الطاقة التي تكون كافية لخلق مصائد بالسلسلة البوليمرية.والتي بدورها تعمل على قنص الشحنات المتولدة ممـا قـد تؤدي إلى نقصان في الناقلات الحرة ويعقب ذلك زيادة في فولتية الانهيار (فرهود، 1980).



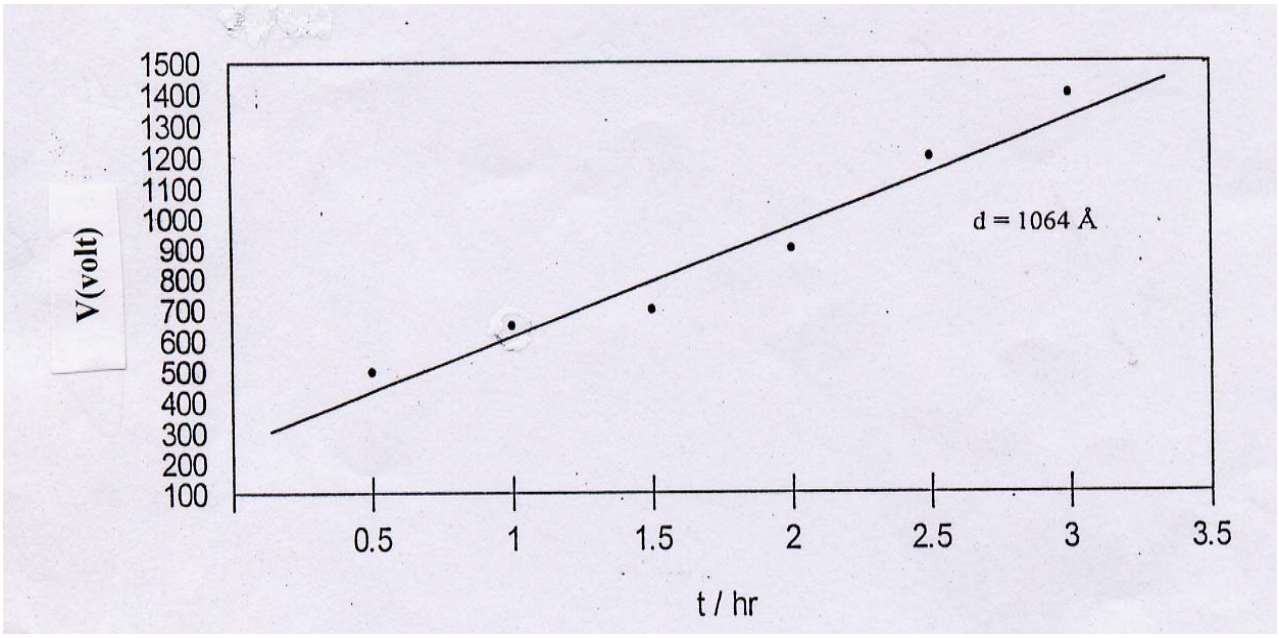
الشكل 2 : خواص I – V لاسماك مختلفة " بعد التشعيع ".



الشكل 3 : فولتية الانهيار كدالة لسمك الغشاء العازل.



الشكل 4 : خواص I – V لأزمان تشعيع مختلفة.



الشكل 5 : فولتية الانهيار كدالة لزمن التشعيع.

تأثيرات الإشعاع على التوصيلية الكهربائية :

من اجل دراسة تأثيرات أشعة كاما على قيمة التوصيلية الكهربائية، تم حساب قيمة التوصيلية الكهربائية للمتسعة المصنعة ذات الغشاء البوليمري وبسمك (1064Å) وبفترات زمنية مختلفة للتشعيع وعند درجة حرارة الغرفة. لقد استخدمنا معادلة التوصيلية التالية:

$$\sigma = \frac{d}{A}\left(\frac{I}{V_{TFL}}\right) \qquad \text{---------(1)}$$

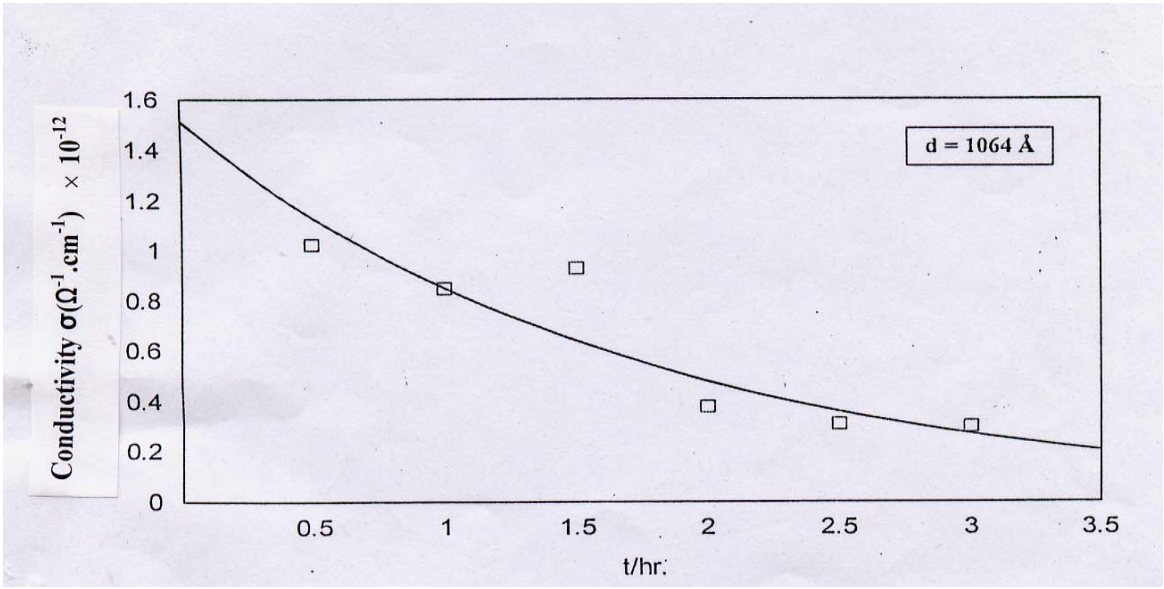
حيث أن : V_{TFL} فولتية الانهيار .

I التيار

d السمك = 1064 A°

A المساحة = 0.78 mm^2

يبين الشكل (6) قيمة التوصيلية الكهربائية كدالة لزمن التشعيع. ومن الشكل نلاحظ أن قيمة التوصيلية الكهربائية تتناقص وبشكل أسي مع زيادة زمن التشعيع، يمكن تفسير ذلك على انه عند تعريض المتسعة للإشعاع فان هذا سوف يؤدي إلى حدوث تشابك بين السلاسل البوليمرية للغشاء العازل (Manssor, 1998) (Al –Chaqmaqchi, 1984).



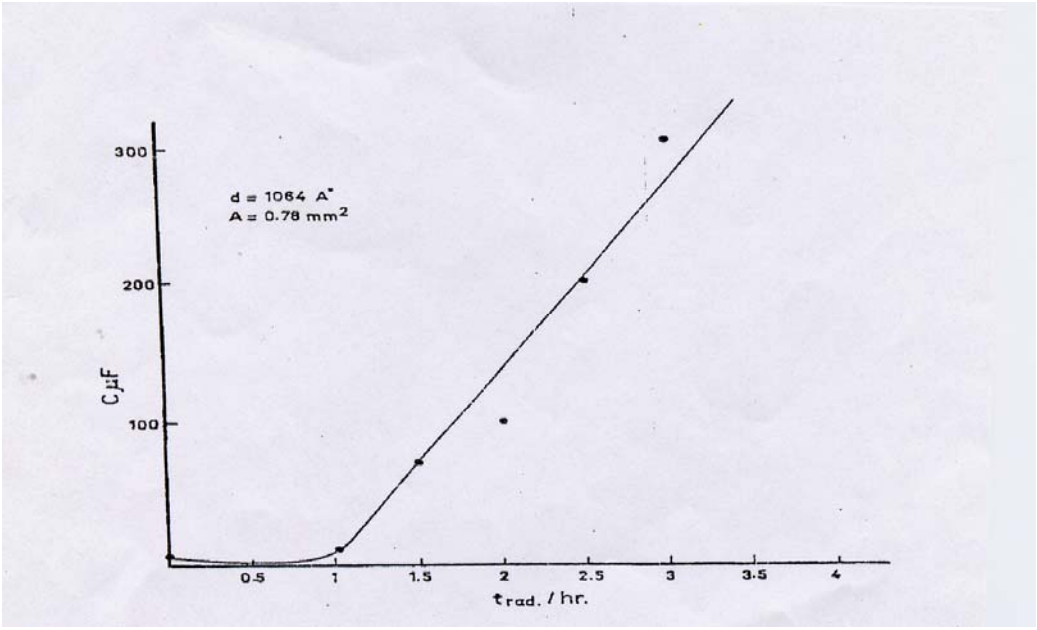
الشكل 6: التوصيلية الكهربائية دالة لزمن التشعيع.

تأثيرات الإشعاع على سعة المتسعة :

يبين الشكل (7) سعة لمتسعة ذات غشاء بوليمري بسمك (1064 Å) كدالة لزمن التشعيع، حيث يوضح الشكل إن هناك زيادة في سعة المتسعة مع زيادة زمن التشعيع، حيث ان سعة المتسعة غير المشععة تكون بحدود (1µF) ان هذه السعة تزداد لتصبح بحدود (300 µF) عند زمن تشعيع (3hr.) (Jun, 1998).

يمكن تفسير ذلك على انه مع زيادة زمن التشعيع فان هناك احتمالية حصول ارتباط ما بين السلاسل البوليمرية هذا بدوره سوف يؤدي إلى زيادة في قيمة ثابت العزل وبالنتيجة سوف يؤدي إلى زيادة في سعة المتسعة حسب العلاقة التالية :

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$



الشكل 7 : السعة دالة لزمن التشعيع

الاستنتاجات

1 – منحنيات (التيار – الفولتية) للمتسعات غير المشععة مكونة من ثلاث مناطق ، اما منحنيات خواص (التيار – الفولتية) للمتسعات مكونة من منطقتين.

2 – فولتيات الانهيار تزداد مع زيادة سمك الغشاء العازل للمتسعة وتزداد مع زيادة التعرض لأشعة كاما.

3 – التوصيلية الكهربائية للبوليمر المستخدم كعازل في المتسعات المدروسة تتناقص أسـيا مـع زيـادة التعرض لأشعة كاما.

4 – سعة المتسعات المصنعة تزداد مع زيادة زمن التعرض للإشعاع.

المصادر العربية

فرهود ، عبد الأمير كاظم 1980، مقياس الجرعة المكافئة للنيوترونات السريعة في البولستيرين باستخدام التغير في متوسط الوزن الجزيئي، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة بغداد.

هاشم ، عقيل يوسف 1988، الخصائص الانتقالية لبعض البوليمرات التوصيل الكهربائي في بولي حامض الاكريلك ، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة البصرة.

الوطني، أحمد نوري محمود 1999 الانهيار الكهربائي في متسعات ذات الاغـشية البوليميريـة، رسـالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل.

المصادر الاجنبية

AL–Chaqmaqchi, F.I., 1989. Study of Destructive Breakdown in bult- up Thin film Capacitor. ,Dept.Phys, M.Sc. Thesis, University of Mosul.

Donald, A.S., 1979. Electrical Properties of Polymer New York.

Ibrahim, E.M. and Dawood, R.I., 1977. Gamma Dose Measurement by Optical Absorption Electrical Conductivity and Mechanical Hardness. Nucl. Inst. and Methods, Vol. 150, pp.555-560.

Jun, Y., 1998. Enhancement of the Ionic Conductivity of Poly (Ethylene Oxide Electrolyte) Film by Polyeniline addition. I. Master. Sci., Vol. 33, pp.2817-2823

Makki, S.A., Al–kubasy, R.K., and Al–Dulghafoor H.F., 2000, Sci. J. Iraq Atomic Energy Commission,Vol. 2, No. 2, pp.82-93 .

Manssor, M.I., and Buni, M.I., 1998. Effect of Nuclear Radiation on the Electrical Conductivity of poly Vinyle Butrals (PVB). J. Edu. Sci., Vol. 29, pp.82-90.

Mohammed, M.A., and Mohammed, A.S., 1998. the Study of Space Charg Limited Current (SCLC) Conductivity on Anodic Tanalum Oxide Film, Vol. 28.

Rose, A., 1955. Theory of Space Charge Limited Current . Phys. Rev, Vol.97 , pp.15-38.

Simmons, J.G., 1971. Dc Conduction in Thin Filmes . Mills and Boan Limited, London .