

تصميم وبناء منظومة تفريغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

حامد حافظ مربط علياء حسين علي ايمان عبد الستار الحميدي نسرين خليل عبد الامير

تصميم وبناء منظومة تفريغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

حامد حافظ مربط علياء حسين علي ايمان عبد الستار الحميدي نسرين خليل عبد الامير

قسم الفيزياء - جامعة بغداد - كلية العلوم للبنات

الخلاصة

في بحثنا هذا تم تصميم وبناء منظومة تفريغ الحاجز العازل (Dielectric Barrier Discharge DBD) لانتاج البلازما غير الحرارية. تتكون من قطبين كهربائيين اسطوانيين من عنصر النحاس قطر كل منها (50) ملم يحيط الاقطاب مادة عازلة من التفلون (Teflon) بسمك (10) ملم ، ثبت القطبان على حامل بحيث يمكن تحريك احد القطبين الى الاعلى او الاسفل وهذا يمكننا من التحكم بمسافة الفاصلة (d) بين القطبين ، يوصل القطبان الى مصدر فولتية متناوبة عالي القدرة ، يغطي أحد الاقطاب أو كلاهما بمادة عازلة كهربائية ولقد تم استخدام نوعين من العوازل (الزجاج والتفلون) باسمك (1, 2, 3) ملم لكل منهما. درست الخواص الكهربائية للمنظومة من خلال دراسة منحني التيار – الفولتية (I - V)، وبتغيير كل من المسافة الفاصلة بين الاقطاب وسمك العازل وتردد فولتية التفريغ ونوع العازل، وقد وجد ان تيار التفريغ يزداد مع زيادة المسافة الفاصلة وسمك العازل والتردد. وكذلك درست فولتية الانهيار للمنظومة بتغيير كل من المسافة الفاصلة وسمك العازل. وقد وجد بان فولتية الانهيار تزداد مع زيادة كل من المسافة الفاصلة وسمك العازل. وكذلك درس تأثير تغيير نوع العازل على تيار التفريغ وفولتية الانهيار ، فقد وجد بانه عند استخدام التفلون بدلا من الزجاج، فان تيار التفريغ للمنظومة يقل بينما تزداد فولتية الانهيار لها.

الكلمات المفتاحية: تفريغ الحاجز العازل، المسافة الفاصلة بين الاقطاب، سمك العازل، الزجاج، التفلون.

Design and Fabrication of Non-thermal Dielectric Barrier Discharge Plasma System and Study the Electrical Properties.

Hamid H.Murbet Alyaa Hussein Ali Iman Abdulstar ALhmeedi
Nisreen Kaleel A.ALameer
Department of Physics - Baghdad University

Received : 17 October 2015 ; Accepted : 21 February 2016

تصميم وبناء منظومة تفريغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

نسرین خليل عبد الامير

ايمان عبد الستار الحميدي

علياء حسين علي

حامد حافظ مربط

Abstract

In this research the design and construction of dielectric barrier discharge system was done. It consist of two cylindrical electrode made of copper with diameter (50 mm), the electrode was surrounding by Teflon with thickness (10 mm). The two electrodes were fixed such that one of them can be moved vertically to change the distance between the electrodes. The two electrodes were connected to high power Ac voltage. One of the electrodes was covered by dielectric material; however, we used two kind of dielectric (glass and Teflon) with thickness (1, 2, 3) mm. The electrical characteristic of the system were studied from (I - V) curves by changing gap distance , thickness of dielectric, frequency of the applied voltage kind of the dielectric distance, thickness of the dielectric and the frequency. Also, the breakdown voltage of the system was studied with gap distance and thickness of the dielectric, it is observed that increases the breakdown voltage with increasing gap distance and thickness of the dielectric. It is found that decreasing the discharge current when the Teflon is used as a dielectric sheet instead of glass, while increasing of the breakdown voltage.

Key words: Dielectric Barrier Discharge ,the distance between the poles, the thickness of insulation , glass , Teflon.

المقدمة

البلازما هي الحالة الرابعة للمادة (بالإضافة الى حالات المادة الثلاث المألوفة: الصلبة ، السائلة والغازية). تصنف البلازما اعتمادا على درجة حرارتها الى نوعين رئيسيين هما: بلازما ذات درجات الحرارة العالية او بلازما الاندماج النووي (fusion plasma) و بلازما ذات درجات الحرارة المنخفضة او ما تسمى ببلازما التفريغ الغازي (gas discharges)، ان البلازما ذات درجات الحرارة العالية هي التي تكون جميع اصناف الجسيمات فيها (الالكترونات، ايونات و جسيمات متعادلة) في حالة اتزان حراري ($T_e \approx T_i \approx T_n$)، اما البلازما ذات درجات الحرارة المنخفضة فتقسم الى قسمين فرعيين ايضا هما: البلازما الحرارية (thermal plasma) وهي التي تكون مكوناتها في حالة اتزان موضعي وبلازما غير حرارية (non thermal plasma) وهي التي درجة حرارة الكتروناتها اكبر بكثير من درجة حرارة بقية الاصناف اي: $(T_e \gg T_i \approx T_n)$ [1].

تصميم وبناء منظومة تفريغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

نسرين خليل عبد الامير

ايمان عبد الستار الحميدي

علياء حسين علي

حامد حافظ مربوط

البلازما الباردة يمكن ان تنتج تحت ضغوط منخفضة وذلك باستخدام حجر مفرغة او بالامكان انتاجها في الضغط الجوي الاعتيادي، وبالرغم من ان البلازما المنتجة في ضغوط منخفضة ذات اهمية كبيرة في البحوث العلمية الاساسية وصناعة الالكترونييات الدقيقة ومعالجة المواد، ولكن هذا النوع من التقنيات في انتاج البلازما يتطلب الحاجة الى حجر تفريغ محكمة الغلق تجعل من منظومة الانتاج باهضة الثمن والتجارب المنجزة فيها تستغرق وقتا طويلا نسبيا في انجازها،بالاضافة الى ان كثافة الجسيمات النشطة فيها قليلة نسبيا. ولذلك تركزت اتجاهات البحوث الحديثة في ايجاد مصادر لانتاج البلازما الباردة في الضغط الجوي الاعتيادي. [1].

هنالك العديد من الطرق لانتاج البلازما غيرالحرارية منها طريقة تفريغ الحاجز العازل Dielectric Barrier Discharge (DBD)، تفرغ الهالة Corona Discharge نفاث بلازما الضغط الجوي Atmospheric Pressure Plasma Jet (APPJ) وابرة البلازما Plasma Needle [2].

ان الميزة المهمة وذات الفائدة الكبيرة لطريقة تفريغ الحاجز العازل هي امكانية انتاج بلازما باردة بطريقة اقتصادية وموثوقة. هذه الميزة ادت الى استخدامها في كثير من التطبيقات الصناعية المهمة، منها بيئية [3,4]، ويطبية [5,6]، تطهير البكتريا [7,8] ومعالجة السطوح [9]، وتوليد الاوزون [10].

يهدف بحثنا هذا لتصميم وبناء منظومة حاجز تفريغ العازل مختبريا ودراسة خواصها الكهربائية وتأثير نوع مادة العازل المستخدم.

الجزء العملي

1. منظومة الحاجز العازل (DBD)

تم تصنيع منظومة الحاجز العازل الكهربائي للحصول على البلازما الباردة بتقنية تفريغ حاجز العزل الكهربائي والتي تتكون من:

قطبين كهربائيين اسطوانيين من عنصر النحاس (Copper) قطر كل منها (50) ملم يحيط الاقطاب مادة عازلة من التفلون (Teflon) بسمك (10) ملم ، يثبت القطبان على حامل بحيث يمكن تحريك احد القطبين الى الاعلى او الاسفل وهذا يمكننا من التحكم بمسافة الفاصلة (d) بين القطبين ، يوصل القطب الاعلى الى جهاز القدرة المتناوبة للفولتية العالية أما القطب الآخر يوصل الى الطرف الارضي منه ، يغطي أحد الاقطاب أو كلاهما بمادة عازلة كهربائية ولقد تم استخدام نوعين من العوازل (الزجاج والتفلون) باسمك (1, 2, 3) ملم لكل منهما . يوضح الشكل(1) مخطط للمنظومة والابعاد الهندسية للقطب ، و يوضح شكل (2) صورة فوتوغرافية للمنظومة (DBD) المصنعة.

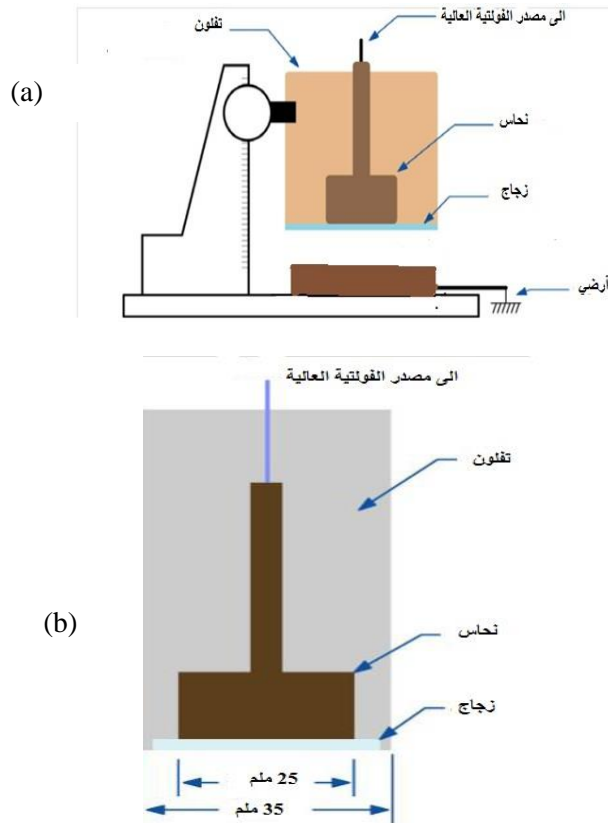
تصميم وبناء منظومة تفريغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

نسرين خليل عبد الامير

ايمان عبد الستار الحميدي

علياء حسين علي

حامد حافظ مربط



الشكل (1) (a) مخطط لمنظومة (DBD) لتوليد البلازما الباردة
(b) مخطط لاقطاب منظومة (DBD) لتوليد البلازما الباردة



شكل (2) صورة فوتوغرافية للمنظومة (DBD) المصنعة

تصميم وبناء منظومة تفريغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

نسرین خليل عبد الامير

ايمان عبد الستار الحميدي

علياء حسين علي

حامد حافظ مربط

2. مجهز فولتية عالية القدرة

وقد استعمل نوعين من مجهزات فولتية عالية القدرة هما :

مجهز فولتية عالية القدرة مصنع مختبريا يعمل لمدى الترددات (1500-100) هيرتز قادر على توليد فولتية نبضية عالية تصل ذروتها (25) كيلوفولت. وكذلك تم استعمال محولة رافعة للفولتية العالية نوع (Sigrtrade, model: NT-15) (OUT, 50Hz) تعمل بفولتية أمدخال (220) فولت وتردد (50) هيرتز ، وفولتية الاخراج (15) كيلوفولت. تم قياس فولتية التفريغ الكهربائي بين قطبي منظومة توليد البلازما بواسطة مجس قياس الفولتيات العالية نوعه (probe) fluke, 80K- 40 H. V يعمل لمدى (1-40) كيلوفولت ونسبة التحويل (1:1000)، ولحساب تيار التفريغ في الدائرة الكهربائية، تم بواسطة قياس الفولتية على طرفي مقاومة كهربائية مقدارها (10) كيلو اوم تستعمل كجزء للفولتية تربط على التوالي بالقطب العالي الفولتية لمنظومة توليد البلازما. ولغرض دراسة تأثير نوع مادة العازل على الخواص الكهربائية لمنظومة توليد البلازما الباردة تم استعمال الزجاج والتفلون كحاجز عازل كهربائي بين اقطاب المنظومة، التفلون ثابت العزل الكهربائي له تقريبا ثابتة المقدار (2) [11]، وشدة العزل الكهربائي له (19.7) ميكافولت/متر [12]، اما الزجاج فان ثابت العزل الكهربائي له (3.6 - 10) [14]، شدة العزل الكهربائي (Dielectric Strength) له (- 13.8 - 9.8) ميكافولت/متر [15].

النتائج والمناقشة

1. الزجاج كمادة عازلة

(1) تأثير المسافة الفاصلة بين الاقطاب على تيار التفريغ

الشكل (3) يوضح العلاقة بين تيار التفريغ (I) كدالة لفولتية التفريغ (V) ولمسافتين مختلفتين بين الاقطاب (1 , 2) ملم باستخدام الزجاج كحاجز عازل كهربائي بسمك (2) ملم وتردد (50) هيرتز. يلاحظ بأن قيم تيار التفريغ (I) تبقى قليلة (أقل من 1 ملي امبير) مع زيادة فولتية التفريغ الى ان تصل الفولتية الى قيمة معينة تدعى بفولتية الانهيار (V_b - breakdown voltage) عند هذه القيمة تبدأ خيوط التفريغات الدقيقة بين القطبين بالظهور في مناطق متفرقة بين القطبين، وتعتمد قيمة فولتية الانهيار على هذه المسافة بين القطبين. تبدأ قيم التيار بالزيادة الحادة مع زيادة الفولتية بعد فولتية الانهيار، وكذلك لوحظ عمليا ان خيوط التفريغات الدقيقة بين القطبين تزداد انتظاما وتجانسا في المنطقة ما بين القطبين.

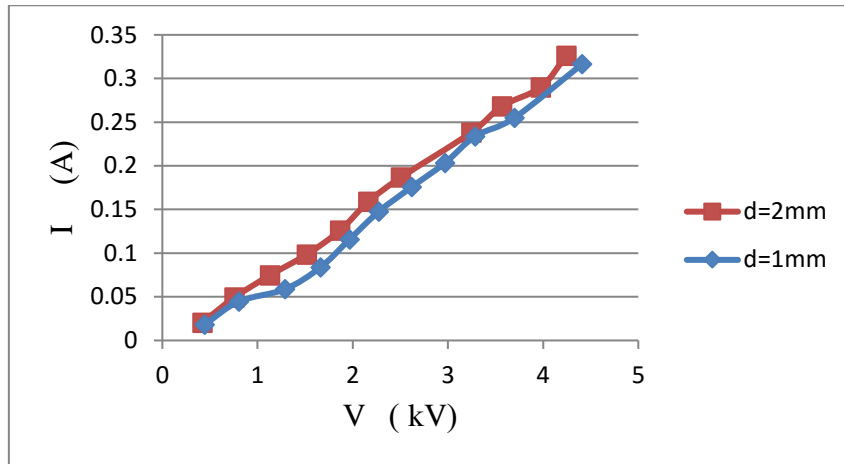
تصميم وبناء منظومة تفرغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

نسرین خليل عبد الامير

ايمان عبد الستار الحميدي

علياء حسين علي

حامد حافظ مربوط



شكل (3) تيار التفريغ (I) كدالة لفولتية التفريغ (V) لمسافة التفريغ (1, 2) ملم باستعمال الزجاج كحاجز عازل .

ان السبب في زيادة شدة تيار التفريغ (I) بعد قيمة فولتية الانهيار هو : عندما تكون قيم فولتية التفريغ (V) قليلة (اقل من فولتية الانهيار) فإن الطاقة المجهزة للالكترونات الحرة من قبل المجال الكهربائي تكون قليلة وغير قادرة على احداث التأينات الابتدائية والثانوية للجزيئات، ومع زيادة قيم الفولتية المسلطة تبدأ عملية التأين الابتدائي للجزيئات مسجلة قيم قليلة لتيار التفريغ (I) وعند الوصول الى فولتية الانهيار فإن الطاقة المزودة للالكترونات من قبل المجال الكهربائي تكون كافية لاجداث التأينات الابتدائية والثانوية للجزيئات فنتأين بذلك معظم جزيئات الهواء فيتحوّل الى حالة البلازما . وكذلك وجد بأنه عن ثبوت فولتية التفريغ (V) فإن قيمة تيار التفريغ (I) عندما تكون المسافة الفاصلة بين الاقطاب (2) ملم تكون أكبر من قيمتها للمسافة الفاصلة (1) ملم .

(2) تأثير سمك العازل على التيار

الشكل (4) يوضح العلاقة بين تيار التفريغ (I) كدالة لفولتية التفريغ (V) ولسمكين مختلفين من العازل الكهربائي (2, 3) ملم والمسافة الفاصلة بين الاقطاب (2) ملم ولتردد ثابت (50) هيرتز باستعمال الزجاج كحاجز عازل كهربائي ، يلاحظ من الشكل أن قيم تيار التفريغ (I) تبقى قليلة (أقل من 1 ملي امبير) مع زيادة فولتية التفريغ (V) الى ان تصل الفولتية الى قيمة فولتية الانهيار (V_b) عند هذه القيمة تبدأ خيوط التفريغ بالظهور كما ذكر سابقا . وتبدأ قيم تيار التفريغ (I) بالزيادة مع زيادة فولتية التفريغ (V) بعد فولتية الانهيار .

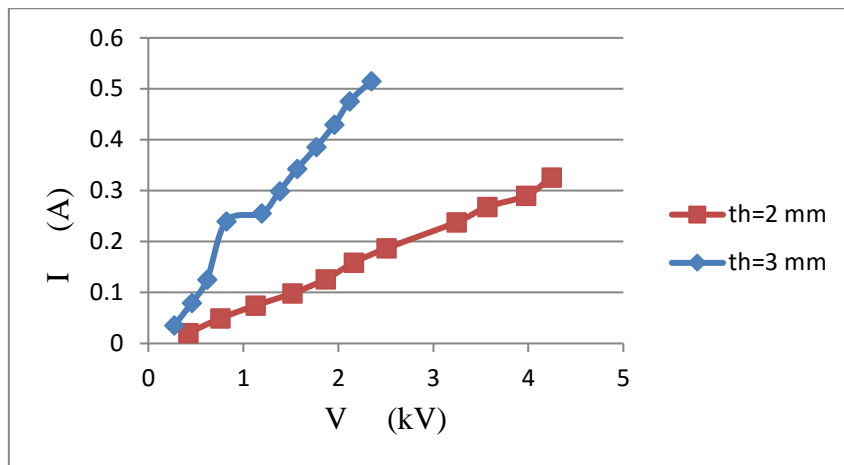
تصميم وبناء منظومة تفرغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

نسرين خليل عبد الامير

ايمان عبد الستار الحميدي

علياء حسين علي

حامد حافظ مربوط

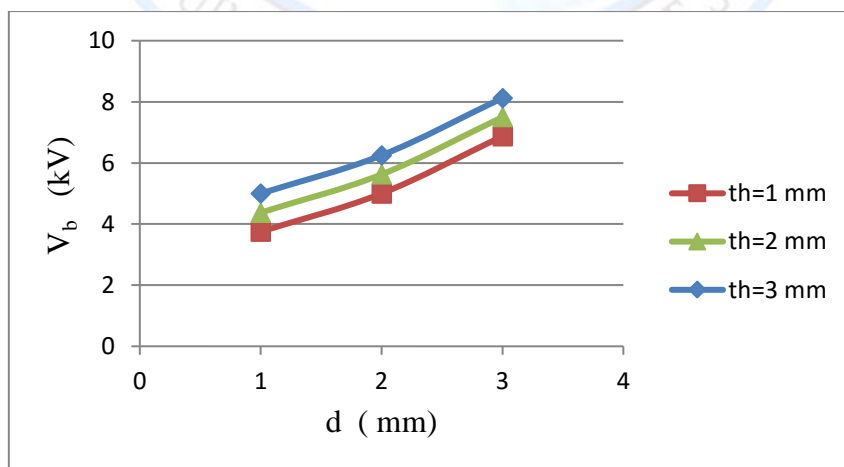


شكل (4) تيار التفرغ (I) كدالة لفولتية التفرغ (V) لقيمتين من سمك العازل (2, 3) ملم .

ويمكن الملاحظة من الشكل ايضا ان عند ثبوت فولتية التفرغ تكون قيمة تيار التفرغ اكبر عند سمك العازل (3) ملم.

(3) تأثير المسافة الفاصلة بين الاقطاب على فولتية الانهيار

الشكل (5) يوضح العلاقة بين فولتية الانهيار (V_b) كدالة للمسافة الفاصلة بين الاقطاب لثلاث قيم من سمك العازل (الزجاج) (1, 2, 3) ملم، يلاحظ من الشكل ان سلوك المنحني متشابه، وتظهر خيوط التفريغات الكهربائية بوضوح عند مسافة الفاصلة (2, 3) ملم وتكون اكثر انتظاما ووضوحا مما عند المسافة الفاصلة (1) ملم وتزداد قيم فولتيات الانهيار مع زيادة المسافة الفاصلة (d) بين الاقطاب ولجميع الاسماك (1, 2, 3) ملم، وهذا ما يتوافق مع قانون باشن .



شكل (5) فولتية الانهيار كدالة للمسافة الفاصلة (d) باستعمال الزجاج كحاجز عازل كهربائي.

تصميم وبناء منظومة تفريغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

نسرین خليل عبد الامير

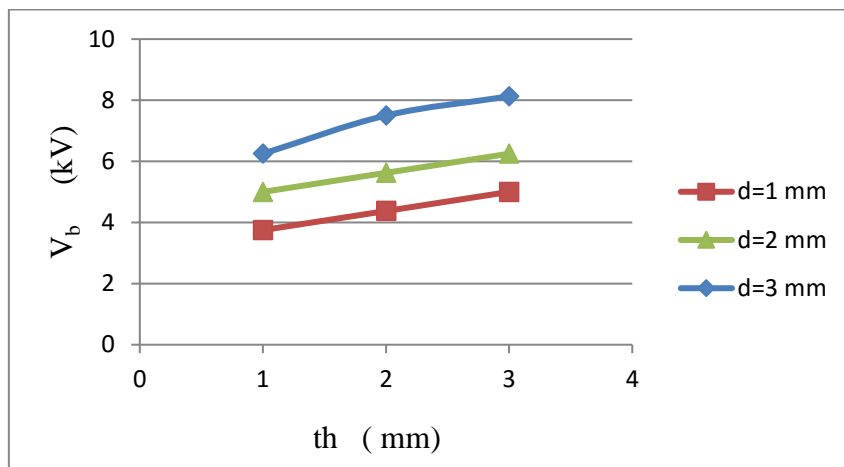
ايمان عبد الستار الحميدي

علياء حسين علي

حامد حافظ مرابط

(4) تأثير سمك المادة العازلة على فولتية الانهيار

الشكل (6) يوضح العلاقة بين فولتية الانهيار كدالة لسمك العازل للمسافات الفاصلة بين الاقطاب (1, 2, 3) ملم ولتردد ثابت (50) هيرتز باستعمال الزجاج كحاجز عازل، يلاحظ من الشكل ان سلوك المنحنيات متشابه ، حيث تزداد قيم فولتيات الانهيار مع زيادة قيم سمك العازل ولجميع قيم المسافات الفاصلة بين الاقطاب .



شكل (6) فولتية الانهيار كدالة للسمك باستعمال الزجاج كحاجز عازل كهربائي.

ويمكن تفسير سبب زيادة قيم فولتية الانهيار بزيادة سمك العازل الكهربائي عند ثبوت المسافة الفاصلة بين الاقطاب بأن زيادة سمك العازل ينتج عنه زيادة في شدة العزل الكهربائي (Dielectric Strength) مما يؤدي الى زيادة قيمة الفولتية اللازمة للوصول الى حالة التفريغ الكهربائي لحصول التأين التام وهذا يعني زيادة في قيمة فولتية الانهيار .

(5) تأثير التردد

الشكل (7) يوضح العلاقة بين تيار التفريغ كدالة لفولتية التفريغ لقيمتين مختلفتين من التردد (50) هيرتز و(1000) هيرتز، وبسمك عازل (2) ملم ، ولمسافة بين الاقطاب (2) ملم باستعمال الزجاج كعازل، اذ ظهر ان السلوك العام لمنحني (I-V) يكون متشابه، و يلاحظ من الشكل عند ثبوت الفولتية المسلطة (V) فان قيمة تيار التفريغ تزداد مع زيادة التردد. ويمكن تفسير ذلك : أن الطاقة المجهزة للالكترونات الحرة المتواجدة في الفسحة ما بين القطبين تزداد مع زيادة التردد (f) ولذلك تزداد احتمالية تأين الجزيئات والالكترونات مع زيادة التردد (f) وبالتالي زيادة تيار التفريغ (I) .

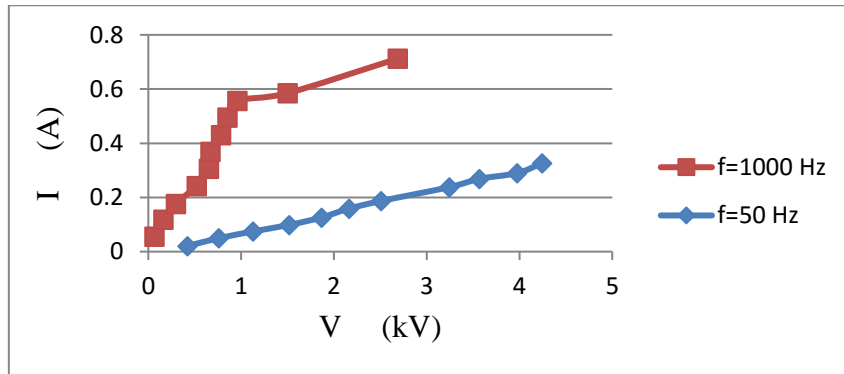
تصميم وبناء منظومة تفرغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

نسرين خليل عبد الامير

ايمان عبد الستار الحميدي

علياء حسين علي

حامد حافظ مرابط

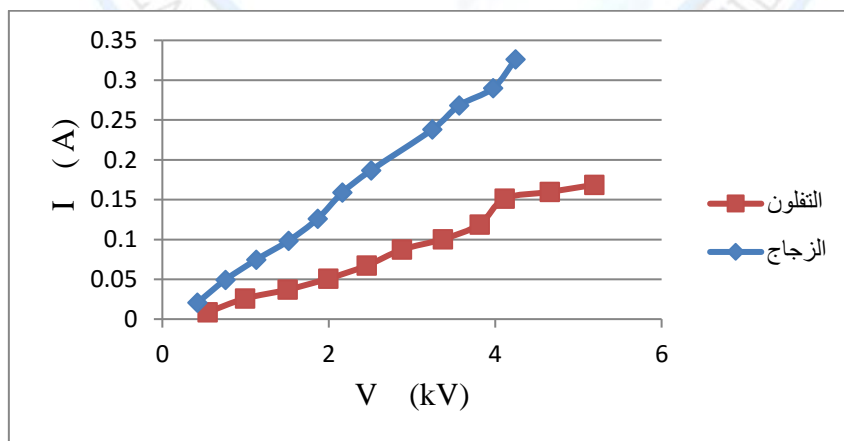


الشكل (7) تيار التفريغ (I) كدالة لفولتية التفريغ (V) ولقيمتين مختلفتين من التردد (50, 1000) هيرتز باستعمال الزجاج كحاجز عازل.

2. تأثير نوع المادة العازلة بين القطبين

(1) تأثير نوع المادة على التيار

الشكل (8) يوضح علاقة بين تيار التفريغ كدالة لفولتية التفريغ ، باستعمال نوعين من العوازل هما (الزجاج ، التفلون)، وبثبوت كل من التردد (50) هيرتز والسمك (2) ملم والمسافة بين الاقطاب (2) ملم، يلاحظ من الشكل ان سلوك منحنى العازلين متشابه حيث يبدأ تسجيل التيار (I) عند فولتية الانهيار (V_b) ثم يزداد تدريجياً مع زيادة فولتية التفريغ (V)، وقد وجد بأنه عند ثبوت الفولتية فإن قيمة التيار تكون أكبر في حالة استعمال الزجاج كحاجز عازل كهربائي ، وذلك لان شدة العزل الكهربائي (Dielectric Strength) للتفلون (19.7) كيلوفولت /ملم وهي اكبر من شدة العزل الكهربائي للزجاج والتي تساوي (9.8 – 13.8) كيلوفولت /ملم .



الشكل (8) علاقة بين تيار التفريغ كدالة لفولتية التفريغ ، باستعمال نوعين من العوازل هما (الزجاج ، التفلون)، وبثبوت كل من التردد (50) هيرتز والسمك (2) ملم والمسافة بين الاقطاب (2) ملم.

تصميم وبناء منظومة تفرغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

نسرين خليل عبد الامير

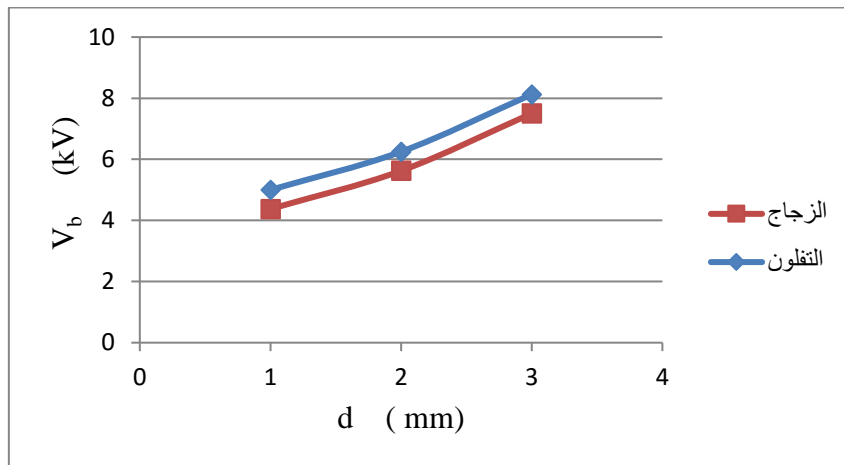
ايمان عبد الستار الحميدي

علياء حسين علي

حامد حافظ مربط

(2) تأثير نوع المادة على فولتية الانهيار

الشكل (9) يوضح العلاقة بين فولتية الانهيار (V_b) كدالة للمسافة الفاصلة بين الاقطاب ، لسلك العازل الكهربائي (2) ملم ولتردد (50) هيرتز باستعمال الزجاج والتفلون كحاجز عازل .



الشكل (9) العلاقة بين فولتية الانهيار (V_b) كدالة للمسافة الفاصلة بين الاقطاب ، لسلك العازل الكهربائي (2) ملم ولتردد (50) هيرتز باستعمال الزجاج والتفلون كحاجز عازل .

يمكن الملاحظة من الشكل (9) بأنه عند ثبوت المسافة الفاصلة بين الاقطاب فإن قيم فولتية الانهيار تكون اكبر في حالة استعمال التفلون كحاجز عازل من قيمها في حالة استعمال الزجاج.

(2) تأثير سمك المادة العازلة على فولتية الانهيار

الشكل (10) يوضح العلاقة بين فولتية الانهيار كدالة لسلك العازل الكهربائي لمسافة بين الاقطاب (2) ملم ولتردد (50) هيرتز باستعمال الزجاج والتفلون كحاجز عازل، يلاحظ من الشكل أنه عند ثبوت سمك المادة العازلة فإن فولتية الانهيار تكون أعلى في حالة استعمال التفلون كعازل بين الاقطاب . ويمكن تفسير ذلك : أن شدة العزل الكهربائي في التفلون اكبر من شدة العزل الكهربائي للزجاج لذا نلاحظ من الشكل ان قيمة فولتية انهيار التفلون اكبر من قيمة فولتية انهيار الزجاج عند ثبوت السمك.

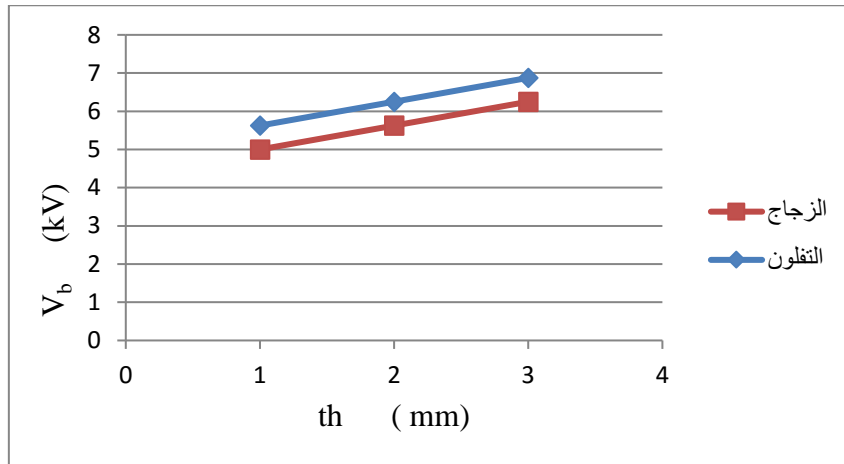
تصميم وبناء منظومة تفريغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

نسرین خليل عبد الامير

ايمان عبد الستار الحميدي

علياء حسين علي

حامد حافظ مربوط



الشكل (10) العلاقة بين فولتية الانهيار كدالة لسمك العازل الكهربائي لمسافة بين الاقطاب (2) ملم ولتردد (50) هيرتز باستعمال الزجاج والتفلون كحاجز عازل.

الاستنتاجات

من خلال دراستنا للخواص الكهربائية للمنظومة المصنعة بدراسة منحنى التيار - الفولتية ($I - V$)، وبتغيير كل من المسافة الفاصلة بين الاقطاب وسمك العازل ونوع العازل وتردد فولتية التفريغ، وقد وجد ان تيار التفريغ يزداد مع زيادة المسافة الفاصلة وسمك العازل والتردد. كذلك وجد بان فولتية الانهيار تزداد مع زيادة كل من المسافة الفاصلة وسمك العازل. وعند استخدام التفلون بدلا من الزجاج، فان تيار التفريغ للمنظومة يقل بينما تزداد فولتية الانهيار لها.

المصادر

1. Vijay Nehra, Ashok Kumar and H K Dwivedi, "Atmospheric Non-Thermal Plasma Sources". International Journal of Engineering, Vol (2) : Issue (1), 2007.
2. Clotilde Hoffmann¹, Carlos Berganza¹ and John Zhang^{1,2} Medical Gas Research 2013, 3:21
3. Arben Kojtari¹, Utku K Ercan², Josh Smith¹, Gary Friedman³, Richard B Sensenig², Somdev Tyagi, Suresh G Joshi, Hai-Feng Ji and Ari D Brooks , Nanomedicine Biotherapeutic Discov 2013, 4:1
4. Janga D. I., Leea S. B., Moka, c Y. S., Jangb D. L., International Journal of Chemical and Environmental Engineering . June 2013, Volume 4, No.3

تصميم وبناء منظومة تفرغ حاجز العزل الكهربائي لانتاج البلازما غير الحرارية ودراسة خواصها الكهربائية

حامد حافظ مربط علياء حسين علي ايمان عبد الستار الحميدي نسرین خليل عبد الامير

5. Garcia-Alcantara E, Lopez-Callejas R, Morales-Ramirez PR, Pena-Eguiluz R, Fajardo-Munoz R, Mercado-Cabrera A, Barocio SR, Valencia-Alvarado R, Rodriguez-Méndez BG, Munoz-Castro AE, de la Piedad-Beneitez A, Rojas-Olmedo IA, Arch Med Res, 2013, 44(3):169–177.
6. Fridman G, Friedman G, Gutsol A, Shekhter AB, Vasilets VN, Fridman A, Plasma Processes Polym 2008, 5:503–533..
7. Chiper AS, Chen W, Mejlholm O, Dalgaard P, Stamate E, Plasma Sources Sci Technol 2011, 20:10.
8. Chiang MH, Wu JY, Li YH, Wu S, Chen SH, Chang CL, Surf Coat Technol 2010, 204:3729–3737.
9. Wagner HE, Brandenburg R, Kozlov KV, Sonnenfeld A, Michel P, Behnke JF, Vacuum 2003, 71:417–436
10. Kogelschatz U, Hirth M, Eliasson B, J Phys D: Appl Phy 1987, 20:1421–1437.
11. OU PONT COMP , " Teflon PTFE " Properties Handbook Retrieved 11, October 2012.,
12. W.T.Shugg , Handbook of Electrical and Electronic Insulating Materials , Van Nostrand Reinhold , New York ,1986.
13. The Engineering ToolBox .WWW. The Engineering ToolBox .Com.
14. Materials Selector Guide , " Materials and Methods".Reinhold Publ. New York ,1973 .