

العلاقة بين موقع الباعث ونصف قطر فتحة أسطوانة وينلت للقاذف الإلكتروني ذي الانبعاث الحراري

عبدالله إدريس مصطفى

ناجية عبدالله محمد

قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة الموصل

p-ISSN: 1608-9391

e-ISSN: 2664-2786

Article information

Received: 4/12/2021

Accepted: 31/12/2021

DOI: 10.33899/rjs.2022.174277

corresponding author:

عبدالله إدريس مصطفى

abdullahidrees@uomosul.edu.iq

ناجية عبدالله محمد

najia-

scp86@student.uomosul.edu.iq

المخلص

يتضمن البحث الحالي إيجاد علاقة رياضية تربط بين المسافة من الباعث (Cathode) الى عرض فجوة أسطوانة وينلت وبين قطر تلك الفجوة، من خلال دراسة تأثير وترابط هذين المعلمين على جودة الحزمة الإلكترونية. إذ تم تصميم مجموعة من القاذفات الإلكترونية ذات المعاملات الهندسية المتطابقة ومتغيرة لقيم نصف قطر فتحة أسطوانة وينلت لكل حالة من موقع الباعث والذي يمثل المسافة من رأس الباعث إلى فتحة أسطوانة وينلت، بالإضافة الى ذلك تم حساب مسارات الحزمة الإلكترونية لكل تصميم وتوزيع المجال الكهربائي المحوري والجهود الكهربائية المحورية وحساب كل من قطر الحزمة الإلكترونية والسطوعية والانبعاثية (Emittance)، وجد أن العلاقة الرياضية التي تربط بين هذين المعلمين هي علاقة خطية $(h = S + 3)$.

الكلمات الدالة: برنامج SIMION8.0، تصميم القاذف

إلكتروني ذي الانبعاث الحراري، بصريات

الحزمة الإلكترونية

المقدمة

يستخدم القاذف الإلكتروني في العديد من الأجهزة الإلكترونية لتحويل الطاقة الكهربائية إلى شعاع إلكترون (Molokovsky and Sushkov, 2005). إذ تتضمن أجهزة الحزمة الإلكترونية على مصادر التردد اللاسلكي للعديد من التطبيقات مثل: الاتصالات والرادار والمسجلات ذات الطاقة العالية. وتستخدم الحزم الإلكترونية أيضاً في أجهزة الأشعة السينية الطبية والصناعية وفي قاذفات أشعة الكاثود وأجهزة الذبذبات (Peter and Brady, 2004) و (Abdelrahman, 2013). قبل إدخال الحزمة في النظام، من المهم الحصول على معلومات كاملة عنها، والانبعاثية هي أهم عامل في إنتاج شعاع عالي الجودة وكمية مهمة يجب مراعاتها (El-Saftawy *et al.*, 2012). يمكن أن تعمل القاذفات الإلكترونية في وضعين: مستمر ونبضي. في القاذفات الإلكترونية توجد عدة طرق لتوليد الإلكترونات. إذ تعد طريقة انبعاثات المجال الحراري والكهروضوئي والكهربائي أكثر الطرق شيوعاً (Hoseinzade *et al.*, 2016). يحتوي كاثود القاذفات الإلكترونية على خاصيتين مهمتين: استمرارية الانبعاثات وتوحيدها (Sedlacek, 1996).

الاعتبارات النظرية

في حالة عدم وجود مجال مغناطيسي يتم حساب المجال الكهربائي لقاذف الإلكترون باستخدام معادلات بواسون، ويتم حساب مسارات الإلكترون باستخدام معادلات قوة لورنتز. ومعادلات ماكسويل المعتمدة على الزمن هي المعادلات المستخدمة للمجالات (Hoseinzade *et al.*, 2016):

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad \dots \dots \dots (1)$$

إذ إن \vec{E} تمثل شدة المجال الكهربائي، ρ تمثل كثافة الشحنة، و ϵ_0 تمثل سماحية الفراغ.

يمكن تحديد مسارات الإلكترون باستخدام قوة لورنتز من المعادلة التالية:

$$\vec{F} = \frac{dp}{dt} = q (\vec{E} + \vec{V} \times \vec{B}) \quad \dots \dots \dots (2)$$

يتم إهمال المجال المغناطيسي في حالة عدم وجوده، بشكل عام، ويستخدم نموذج (child-Langmuir) لحساب كثافة التيار في قاذف الإلكترون من نوع DC (Spadtke P., 2004) كما في المعادلة الآتية:

$$j_e = \frac{4\pi\epsilon_0}{9} \sqrt{\frac{2e}{m_e}} \frac{V_0^{3/2}}{d^2} \quad \dots \dots \dots (3)$$

حيث ان d يمثل قطر الحزمة مقاساً بالأمتار و V_0 يمثل الجهد المطبق، وعند تعويض عن قيم الثوابت الفيزيائية نحصل على المعادلة التالية:

$$j_e = 2.33 \times 10^{-6} V_0^{3/2} / d^2 \quad \dots \dots \dots (4)$$

مقاساً بوحدة A / m^2

المحاكاة الحاسوبية

باستخدام برنامج (SIMION8.0)، إذ تتم محاكاة الحزمة الإلكترونية ومساراتها بعد تحديد هندسة الأقطاب الكهربائية والجهود المطبقة في شبكة جهد ثلاثية الأبعاد من خلال حل معادلة لابلاس. ان برنامج (SIMION8.0) يستخدم طريقة مكررة لتحليل النظام، إذ تفترض معادلة لابلاس عدم وجود ظاهرة تأثير الشحنة وأن الشروط الحدودية مقيدة للغاية. لذلك باستخدام نظرية كاوس في سطح مغلق بدون شحنة بداخله سيكون لدينا كما في المعادلة (5)، (Adabiah *et al.*, 2020):

$$\nabla \cdot \vec{E} = 0 \quad \dots \dots \dots (5)$$

بالنسبة للحالة الكهروستاتيكية، فإن المجال الكهربائي هو انحدار لمجال عددي، والذي يظهر في المعادلة (6):

$$\nabla \vec{v} = \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial x} \right) \hat{i} + \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial y} \right) \hat{j} + \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial z} \right) \hat{k} = \vec{E} \quad \dots\dots\dots (6)$$

من المعادلتين (5) و (6) نحصل على المعادلة (7)

$$\nabla^2 \vec{v} = 0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

يستخدم SIMION8.0 هذه المعادلة لحساب مجالات الجهد المغناطيسية الكهروستاتيكية والساكنة. في حين أن جميع

مجالات الجهد المغناطيسية الكهروستاتيكية والثابتة مقيدة بمعادلة لابلاس لتتوافق مع افتراض عدم وجود ظاهرة تأثير الشحنة (no space charge).

في حين ان معادلة بواسون تسمح بوجود ظاهرة تأثير الشحنة (space charge)

$$\nabla^2 V = \nabla \cdot \nabla V = 0 \quad \dots\dots\dots (8)$$

عندما تكون كثافة الأيونات عالية بما يكفي (التيارات ذات الحزمة العالية)، فإن مجالات الجهد الكهروستاتيكية تنتشوه بشكل

كبير بسبب وجودها. لتقدير مجال الجهود في هذه الظروف، يجب استخدام معادلة بواسون (بدلاً من معادلة لابلاس). لا يدعم

SIMION8.0 حلول بواسون لمعادلات المجال. من ناحية أخرى، تُستخدم طرق تتأثر الشحنات لتقدير أنواع معينة من ظاهرة

تأثير الشحنة وتتأثر الجسيمات (Manura, 2020) (Manura, 2011) (Manura, 2008).

انبعاث الحزمة

هي خاصية لحزمة الجسيمات التي تميز حجمها، وهي مساحة أو حجم في فضاء الطور للجسيمات، وهناك نوعان من

متغيرات فضاء الطور لكل اتجاه مكاني. متغيرات مساحة الطور للجسيم هي (p_x, x) و (p_y, y) و (p_z, z) مع الزمن كمتغير

مستقل. تتوافق هذه الإحداثيات مع جهود الزخم للجسيم مع الموضع، ويتم أخذ هذه الإحداثيات على أنها أخطاء في الزخم

والموضع إذا كان الجسيم مثاليًا (Edwards and Syphers, 1993). ولوصف الحزمة، يمكن استخدام الانبعاثية لأنها معاكسة

للأبعاد الفيزيائية للحزمة وتختلف وفقاً لكل موقع في المسرعات. تكون الانبعاثات ثابتة في حالة عدم وجود قوى تبديد. نظراً لأن

هذه الحالة هي الأبسط، فسيتم استخدامها للأمثلة وتنص نظرية ليوفيل (Liouville's theory) على أن حركة الجسيمات

المشحونة بتأثير المجالات المحافظة تخلق كثافة الرقم الموضعي في الطور الفضائي ذي الأبعاد الستة باعتبارها كمية محفوظة

(conservative) (Abdelrahman and Zakhary, 2009). إذا كانت مكونات الحركة المستعرضة لمجموعة من الجسيمات

مستقلة بشكل متبادل في الفضاء، فهي أيضاً مستقلة بشكل متبادل في المستويات الفضائية ذات الطور المتعامد (x, p_x) ، (y, p_y)

و (z, p_z) ، مع حفظ مناطق فضاء الطور المقابلة بشكل منفصل. يتناسب انبعاث الحزمة مع مناطق فضاء الطور المستعرض،

والتي يتم الحفاظ عليها إذا كان من الممكن افتراض التماثل الأسطواني. وإن الأيونات التي تمر عبر (y, x) مرتبطة بـ r عند نقطة

معينة على المحور z (مكون الزخم P_z يساوي تقريباً إجمالي زخم الجسيمات p) (Green, 1976). تم حساب قيم انبعاث الحزمة

في موقع معين، وتم تحويله إلى نصوص لوا من قبل (Manura, 2006).

قطر الحزمة الإلكترونية

تتضمن المحاكاة دراسة قطر الحزمة الإلكترونية لإيجاد أفضل قطر للحزمة الإلكترونية وبأقل قيمة، إذ تم حساب قطر الحزمة الإلكترونية عند نقطة العبور (Cross-over) باستخدام معادلة تتبع مسار الحزمة الإلكترونية، إذ تم إيجاد أقرب مسافة لتلك الحزمة من المحور البصري (z) والتي تمثل نقطة عبور (Cross-over) الحزمة الإلكترونية (Manura, 2008).

السطوعية للحزمة الإلكترونية

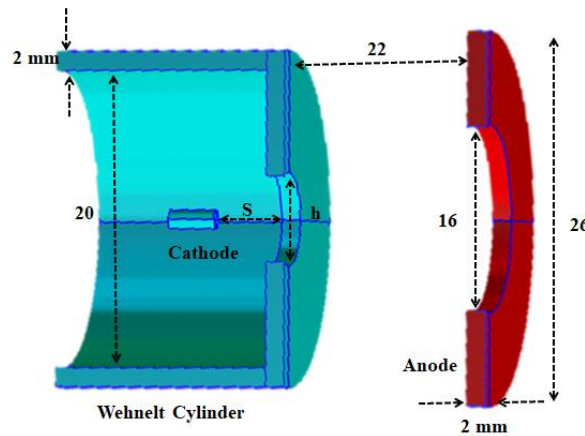
السطوعية هي كثافة التيار مقسوماً على الزاوية المجسمة في الاتجاه المحوري. والحزمة ذات السطوعية العالية تمتلك تياراً عالياً وزاوية مجسمة صغيرة وهي من سمات الإدراك البصري (Merriam, 1984). وهي كمية محفوظة (Conservative) ومتغيرة على مسار الحزمة الإلكترونية. إن القيمة العظمى للسطوعية في القاذف الإلكتروني الحراري تعطى بالعلاقة التالية (Goodhew et al., 2001):

$$\beta = 2 \times 10^5 TVe^{-\Phi/K_B T} \dots\dots\dots (9)$$

تحليل الحساب والنتائج

تصميم القاذف الإلكتروني

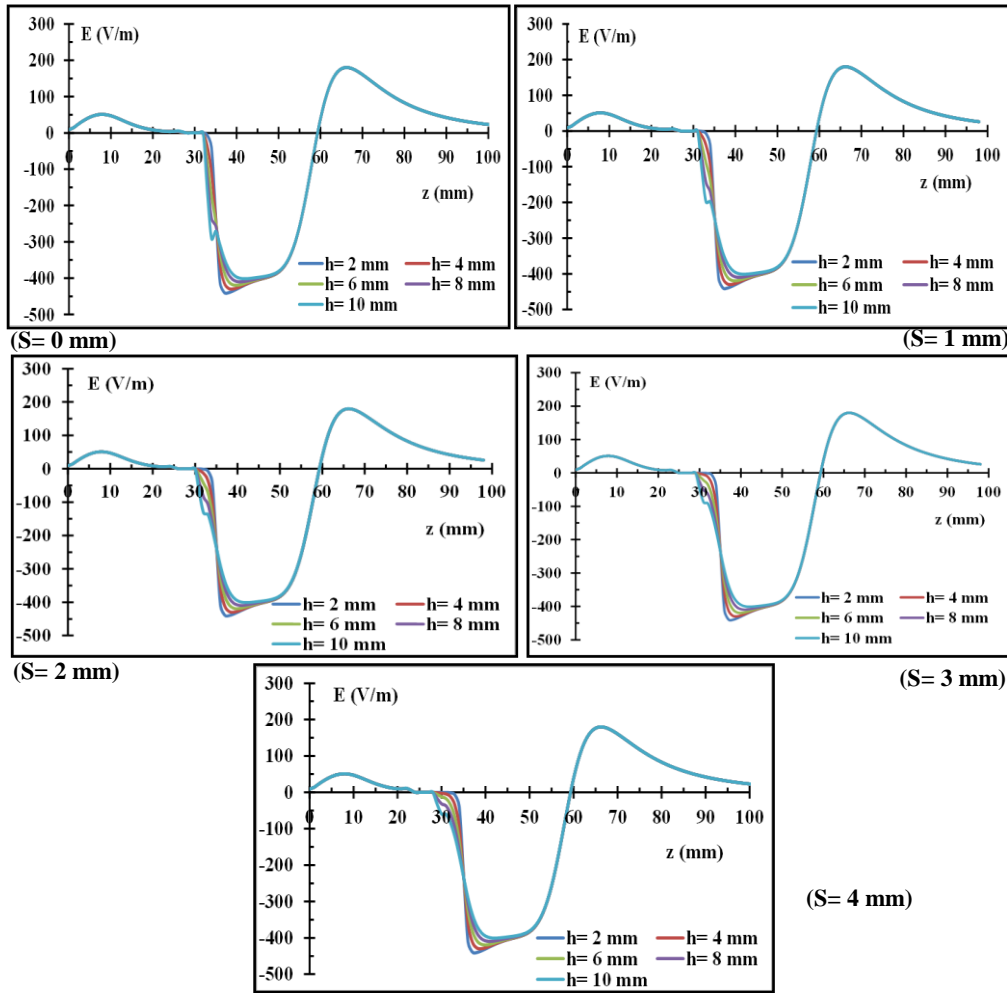
الشكل النموذجي للقاذف الإلكتروني ومعلماته الهندسية موضحة في الشكل (1)، لكل تصميم تم تثبيت المسافة بين الكاثود وفجوة أسطوانة وينلت (المسمى S) بالقيم المأخوذة على النحو التالي (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm) مع تغيير قيم القطر لفجوة أسطوانة وينلت (h) للحالات (h = 2, 4, 6, 8 and 10 mm). يُلاحظ أن المسافة بين الأنود وأسطوانة وينلت تساوي (22 mm)، وقطر الأنود الداخلي (16 mm) والقطر الخارجي للأنود (26 mm) وسمك الأنود (2 mm) أما قطر التجويف الداخلي لأسطوانة وينلت (20 mm) وسمكها الخارجي (2 mm). ومن خلال هذه الدراسة تم إيجاد العلاقة التي تربط بين هذين المعلمين وكيفية تأثيرهما على جودة الحزمة الإلكترونية، والحصول على أفضل قيم تربطها مع بعضها بعلاقة رياضية، وتتضمن الدراسة تأثير هذه العلاقة على شدة المجال الكهربائي المحوري والجهود الكهربائية المحورية ومسارات الحزمة الإلكترونية وقطرها، وحساب سطوعية الحزمة الإلكترونية وموقع قطر الحزمة الإلكترونية عند نقطة العبور (Cross-over)، والاختلاف في زاوية الانفرج للحزمة الإلكترونية. ويتكون القاذف الإلكتروني المصمم من ثلاثة أقطاب كهربائية (Three electrical electrodes)، كل قطب يحمل جهداً تشغيلياً مناسباً، وكانت قيم الجهود المسلطة لكل قطب (-10, -10 and 0 kV) على التوالي، إذ تم تثبيت الجهود لجميع التصاميم.



الشكل 1: الأبعاد الهندسية لتصميم قاذف إلكترون ذي الانبعاث الحراري

تأثير تغير المعلمين (S-h) على توزيع المجال الكهربائي المحوري

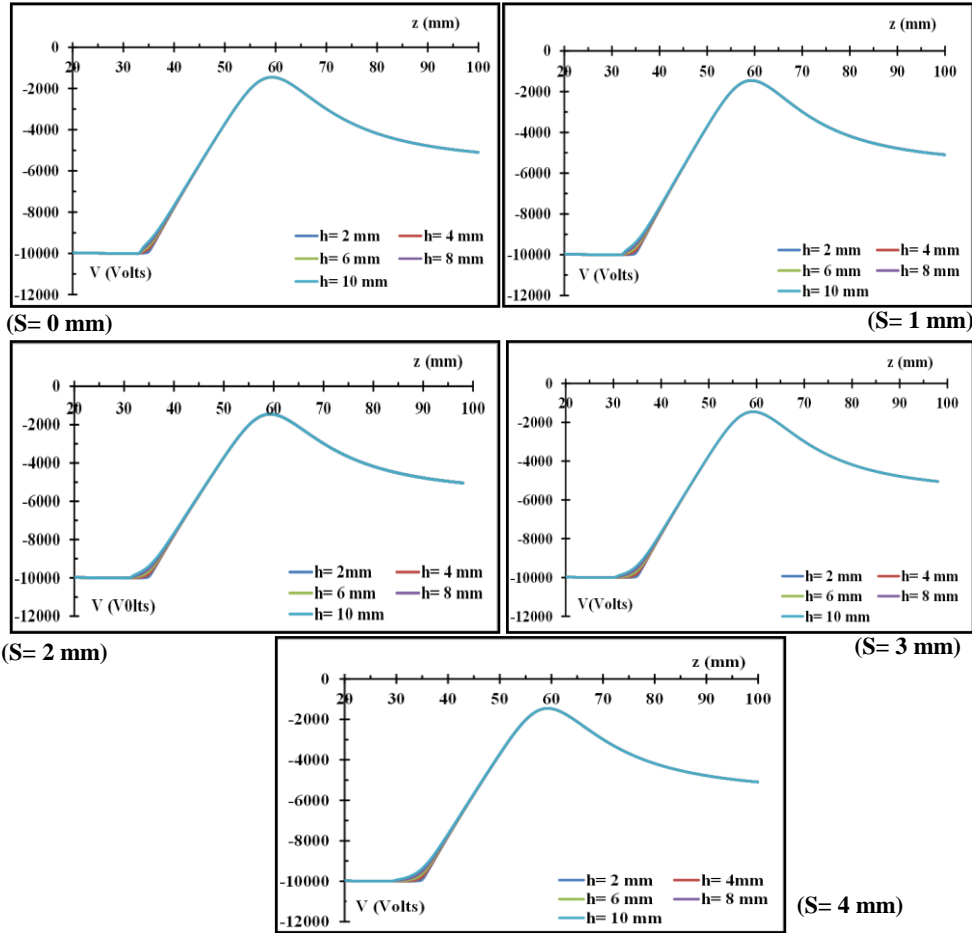
تم حساب تأثير المعلمين (S-h) على شدة المجال الكهربائي المحوري، كما موضح في الشكل (2)، للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm)، ونلاحظ أن هناك تباينا واضحا لقيم المجال الكهربائي المحوري تبدأ عند موقع الفجوة بين أسطوانة وينت وتبين الكاثود للفترة (z = 29-45 mm) للمحور البصري. حيث إن هذا التباين حصل نتيجة تغير الموقع النسبي بين الكاثود وفتحة اسطوانة وينت، لهذا السبب ظهر التباين لقيم المجال الكهربائي.



الشكل 2: تأثير المعلمين (S-h) على شدة المجال الكهربائي المحوري للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm)

تأثير تغير المعلمين (S-h) على الجهود الكهربائية المحورية

تمت دراسة تأثير المعلمين (S-h) على الجهود الكهربائية المحورية للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm). وإن الشكل (3) يوضح مقارنة الجهود الكهربائية المحورية إذ نلاحظ أن هناك تباينا طفيفا في توزيع الجهود الكهربائية المحورية عند موقع الفجوة للفترة (z = 32-42 mm) للمحور البصري وأيضا نلاحظ تطابق المجال في فضاء القاذف الإلكتروني.

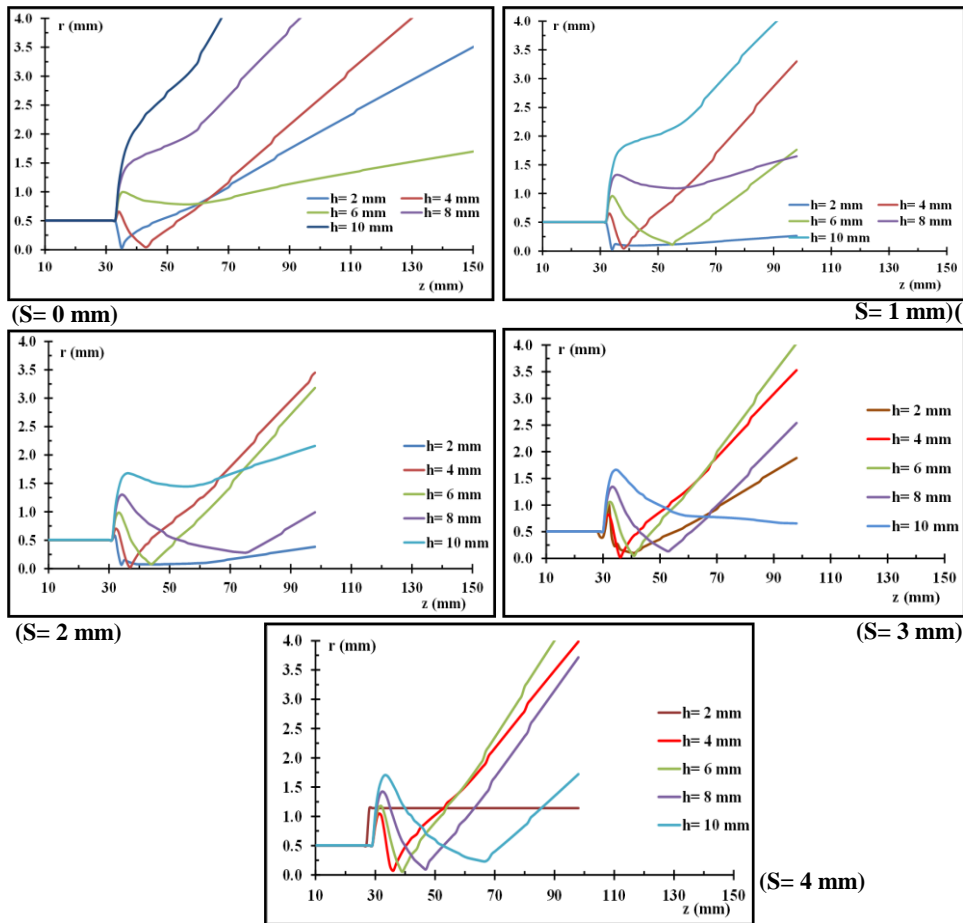


الشكل 3: تأثير المعلمين (S-h) على الجهود الكهربائية المحورية للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm)

تأثير تغير المعلمين (S-h) على مسارات الحزمة الإلكترونية

تم احتساب مسارات الحزمة الإلكترونية للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm). والشكل (4) يوضح مقارنة مسارات الحزمة الإلكترونية للمحور البصري. وإن هذا الشكل يوضح تأثير المعلمين (S-h) على مسارات الحزمة الإلكترونية في كل حالة من حالات (S). فعند الحالة (S = 0 mm) حيث يمكن ملاحظة أن نقطة العبور (Cross-over) لا تتبأر عند القيم (h = 6-10 mm) ولكن محصورة للفترة (z = 35-42 mm) والتي هي من ضمن القيم (h = 2-4 mm)، ومن الأفضل اختيار قيمة مثلى ل (h) عند هذه الفترة، حيث تكون قيم معاملات التشغيل (الانبعاثية والسطوعية في أفضل حالة استقرار) وأيضاً (تغير المسافة ضمن الفترة لا يؤثر على تلك القيم). وعند الحالة (S = 1 mm) نلاحظ أن قيم نقطة العبور (Cross-over) لا تتبأر عند القيم (h = 8-10 mm) ولكن محصورة للفترة (z = 38-54 mm) والتي هي من ضمن القيم (h = 4-6 mm)، ومن الأفضل اختيار قيمة مثلى ل (h) ضمن هذه الفترة، حيث تكون قيم معاملات التشغيل (الانبعاثية والسطوعية في أفضل حالة استقرار) وأيضاً (تغير المسافة ضمن الفترة لا يؤثر على تلك القيم). أما بالنسبة للحالة (S = 2 mm) نلاحظ القيم التي لا تتبأر أيضاً عند (h = 8-10 mm) ولكن تكون محصورة للفترة (z = 36-43 mm) والتي تمثل القيم (h = 4-6 mm)، ومن الأفضل اختيار قيم مثلى ل (h) ضمن هذه الفترة، حيث تكون قيم معاملات التشغيل (الانبعاثية والسطوعية في أفضل حالة استقرار) وأيضاً

(تغير المسافة ضمن الفترة لا يؤثر على تلك القيم). أما بالنسبة للحالة ($S = 3 \text{ mm}$) القيم التي لا تتبأر عند القيمة ($h = 10 \text{ mm}$) ولكن تكون محصورة عند الفترة ($z = 36-52 \text{ mm}$) والتي تمثل القيم ($h = 6-8 \text{ mm}$)، وكذلك من الأفضل اختيار قيم ل (h) ضمن هذه الفترة، حيث تكون قيم معاملات التشغيل (الانبعائية والسطوعية في أفضل حالة استقرار) وأيضاً (تغير المسافة ضمن الفترة لا يؤثر على تلك القيم). وأخيراً للحالة ($S = 4 \text{ mm}$) القيم التي لا تتبأر عند ($h = 4 \text{ mm}$) ولكن محصورة للفترة ($z = 36-46 \text{ mm}$)، والتي تمثل القيم ($h = 6-8 \text{ mm}$) ويفضل اختيار قيم ل (h) ضمن هذه الفترة، حيث تكون قيم معاملات التشغيل (الانبعائية والسطوعية في أفضل حالة استقرار) وأيضاً (تغير المسافة ضمن الفترة لا يؤثر على تلك القيم). إن الشكل يوضح من خلال الرسوم الخاصة لكل حالة من حالات (S) أنه كلما زادت قيم المسافة (S) نلاحظ أن نقطة الالتقاء (Cross-over) تتبأر عند القيم العالية (h) ولا تتبأر عند القيم الواطئة (h)، بينما عندما نقل قيم (S) تكون نقطة الالتقاء (Cross-over) عند القيم الواطئة (h) ولا تتبأر عند القيم العالية (h). قبل اختيار أفضل قيم لكل من (S) و (h) لإيجاد العلاقة التي تربط المعلمين مع البعض، سيتم حساب كل من قطر الحزمة الإلكترونية والانبعائية والسطوعية كما سوف يأتي في الفقرات التالية.

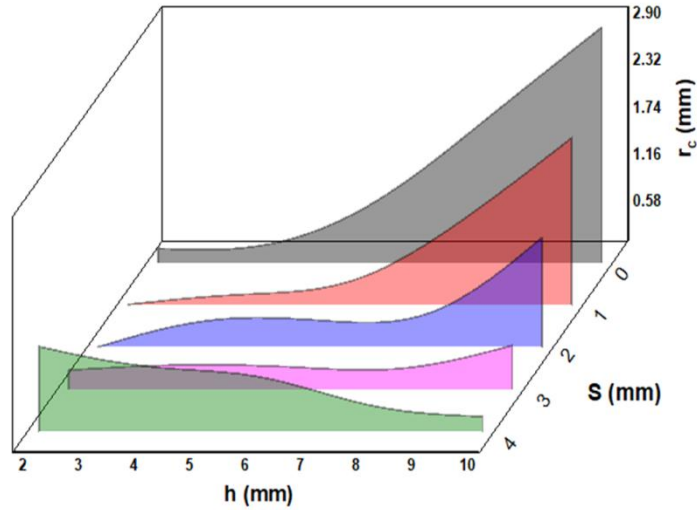


الشكل 4: تأثير تغير المعلمين ($S-h$) على مسارات الحزمة الإلكترونية ($S = 0, 1, 2, 3$ and 4 mm)

تأثير تغير المعلمين ($S-h$) على قطر الحزمة الإلكترونية عند نقطة العبور

تم حساب تأثير تغاير المعلمين ($S-h$) على نصف قطر الحزمة الإلكترونية (r_c) وموقعها (x) عند نقطة العبور للحالات ($S = 0, 1, 2, 3, \text{ and } 4 \text{ mm}$). وإن نتائج هذه الدراسة تم عرضها في الشكل (5)، إذ إن نصف قطر الحزمة الإلكترونية عند

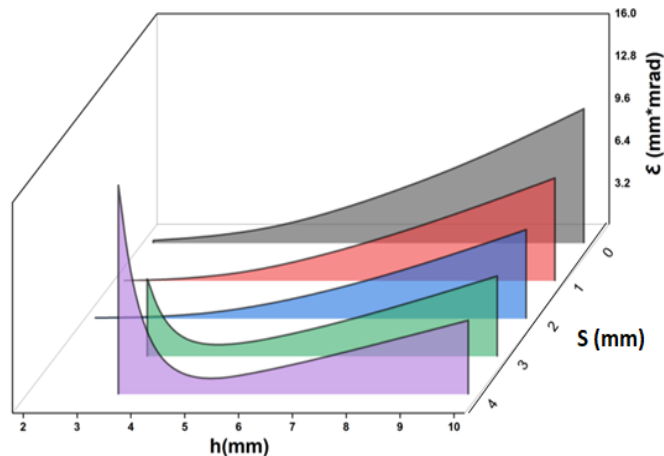
منطقة العبور تتفاوت بالقيم لكل حالة من حالات (S)، وسوف نوضح المناطق المستقرة لكل حالة، فعند (S = 0 mm) تكون القيم المستقرة عندما (h = 2-4 mm)، أما عند (S = 1 mm) فإن القيم المستقرة تكون عند (h = 3-5 mm)، وبالنسبة لقيمة (S = 2 mm) فإن القيم المستقرة تكون عندما (h = 4-6 mm)، وبالنسبة لقيمة (S = 3 mm) فإن القيم المستقرة (h = 5-7 mm)، وأخيرا لقيمة (S = 4 mm) فإن القيم المستقرة (h = 6-8 mm). مع الأخذ بالاعتبار النتائج في الشكل (4). حيث تم استبعاد القيم التي لا تحدث عندها التبار.



الشكل 5: تأثير تغير المعلمين (S-h) على فطر الحزمة الإلكترونية وموقع نقطة العبور للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm)

تأثير تغير المعلمين (S-h) على انبعائيه الحزمة الإلكترونية

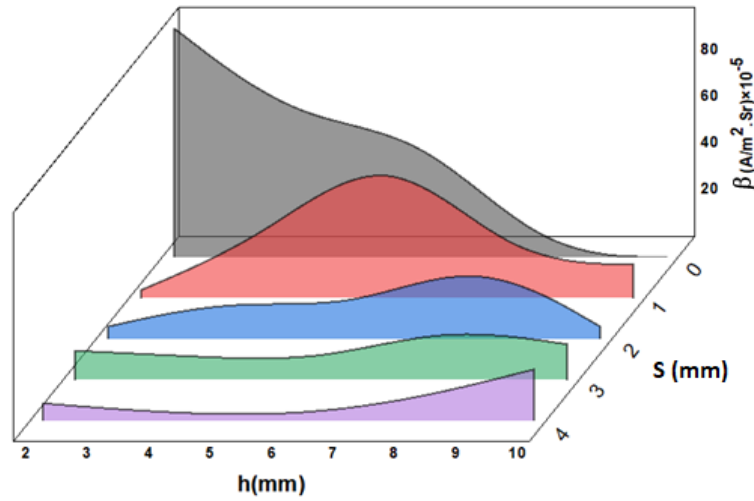
إن الشكل (6) يوضح دراسة تأثير (S-h) على الانبعائية، للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm)، ومن ملاحظة الشكل يتبين أن الانبعائية تبدأ بالقيمة الصغرى وبشكل مستقر لقيم (h = 2-4 mm) عند اقرب مسافة بين الكاثود والفجوة عند القيم (S = 0, 1 and 2 mm) ثم تبدأ بالزيادة كلما زادت المسافة بين هاذين المعلمين، أما بالنسبة لقيم (S = 3 and 4 mm) فإن انبعائية الحزمة تبدأ بالقيمة العظمى عند القيمة (h = 2 mm) ثم تبدأ بالانخفاض وبشكل مستقر عند القيم (h = 4-10 mm).



الشكل 6: تأثير تغير المعلمين (S-h) على الانبعائية للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm)

تأثير تغير المعلمين (S-h) على سطوعية الحزمة الإلكترونية عند نقطة العبور

يوضح الشكل (7) دراسة تأثير المعلمين (S-h) على سطوعية الحزمة الإلكترونية (Electron Beam Brightness) عند نقطة العبور للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm). وإن السطوعية تبدأ بالقيمة العظمى ثم تبدأ بالانخفاض ويشكل مستقر عند الحالة (S = 0 mm)، أما بالنسبة للحالة (S = 1 mm) تبدأ السطوعية بالقيمة الأدنى وصولاً إلى أعلى قيمة لها بعد ذلك تبدأ بالانخفاض، وكذلك الحالة عند (S = 2 mm). أما بالنسبة للحالة (S = 3 mm) فتبدأ بالقيمة عظمى نزولاً بشكل مستقر وبعد ذلك تبدأ بالزيادة وصولاً إلى أعلى قيمة لها وبعدها تبدأ بالانخفاض. وأخيراً عند الحالة (S = 4 mm) تبدأ السطوعية بقيمة معينة وتبقى بشكل مستقر إلى أن تصل إلى أعلى قيمة لها.

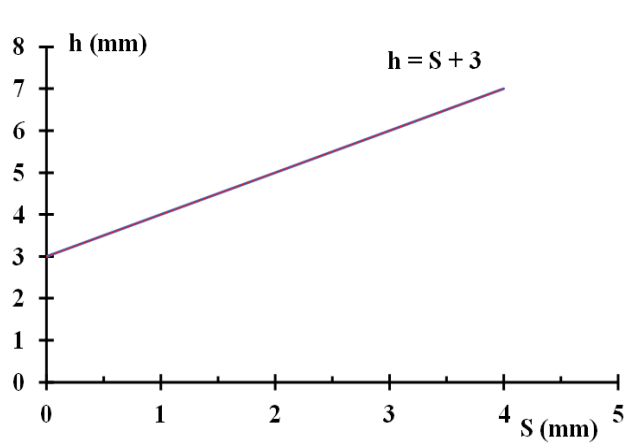


الشكل 7: تأثير تغير المعلمين (S-h) على سطوعية الحزمة الإلكترونية للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm)

ايجاد العلاقة التي تربط بين المعلمين

ومن خلال النتائج التي تم الحصول عليها في الفقرات السابقة تبين أن هناك علاقة رياضية تربط بين البعد من الكاثود إلى فجوة أسطوانة وينلت وبين قطر تلك الفجوة. وإن الشكل (8) يوضح هذه العلاقة مع بيان المعادلة الخاصة بها. وتلك العلاقة هي خطية تحكم تصميم القاذف الإلكتروني، إذ إن فجوة أسطوانة وينلت يجب أن تزيد عن بعد الكاثود عن تلك الفجوة بمقدار ثلاث وحدات للحصول على أفضل خواص تشغيلية للقاذف الإلكتروني. إذ وجد أن العلاقة بين بعد الكاثود عن فتحة أسطوانة وينلت

$$(S) \text{ وبين قطر فتحة أسطوانة وينلت } (h) \text{ حسب المعادلة: } h = S + 3$$



الشكل 8: العلاقة ما بين البعد (S) وقطر الفتحة (h) للحالات (S = 0, 1, 2, 3 and 4 mm) وللحالات

الاستنتاج

وجد أن العلاقة بين بعد الكاثود عن فتحة أسطوانة وينلت وبين قطر فتحة أسطوانة وينلت هي علاقة خطية تحكم تصميم القاذف الإلكتروني، إذ إن فجوة أسطوانة وينلت يجب أن تزيد عن بعد الكاثود عن تلك الفجوة بمقدار ثلاث وحدات للحصول على أفضل خواص تشغيلية للقاذف الإلكتروني من حيث الانبعائية والسطوعية.

المصادر

- Abdelrahman, M.M.; Zakhary, S.G. (2009). Simulation studies for ion beam extraction systems. *Brazilian J. Phys.*, **39**(2), 275–79.
- Abdelrahman, M.M. (2013). Simulation study for electron gun using simion computer program. *J. Asian. Sci. Res.*, **3**(3), 275-285.
- Adabiah, S.R.; Saefurrochman, M.S.; Haniah, S.R. (2020). Simulation study for ion beam extraction of 150 keV/2mA ion-implanted by using SIMION 8.1. *J. Phys. Conf. Ser.*, 1436, **012123**. doi:10.1088/1742-6596/1436/1/012123.
- Edwards, D.A.; Syphers, M.J. (1993). “An Introduction to the Physics of High Energy Accelerators”, Wiley, 1993. ISBN 0-471-55163-5.
- El-Saftawy, A.; Elfalaky, A.S.; Ragheb, M.G.; Zakhary, S. (2012). Numerical simulation of beam formation and transport in an electron gun for different applications. *J. Nucl. Part. Phys.*, **2**(5), 126-131. doi: 10.5923/j.jnpp.20120205.04.
- Goodhew, P.; Humphreys, J.; Beanland, R. (2001). “Electron Microscopy and Analysis”. Ch. 5, Taylor and Frances Inc., pp. 137-138.
- Green, T.S. (1976). Simulation studies for ion beam extraction systems. *IEEE Nucl. Sci. NS.*, **23**, 918-925.
- Hoseinzade, M.; Nijatie, M.; Sadighzadeh, A. (2016). Numerical simulation and design of a thermionic electron gun. *Chinese Phys. C.*, **40**(5), 2-6. doi:10.1088/1674-1137/40/5/057003.
- Manura, D.; Dahl, D. (2008). SIMION version 8.0/8.0.4 user manual. USA: *Scient. Instrum. Serv.*, Inc.
- Manura, D.; Dahl, D. (2011). SIMION version 8.0/8.1 user manual. USA: *Scient. Instrum. Serv.*, Inc.
- Manura, D.; Dahl, D. (2020). “SIMION version 8.1/8.2 user manual”, USA: *Scient. Instrum. Serv.*, Inc.
- Merriam-Webster, Inc. (Ed.). (1984), “Merriam-Webster's Dictionary of Synonyms”. Merriam-Webster.
- Molokovsky, S.; Sushkov, A. (2005). “Intense Electron and Ion Beams. Heidelberg”, Germany: Springer-Verlag Berlin.
- Peter, T.; Brady, A. (2004). “A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelor of Science”. USA: Houghton College.
- Sedlacek, M. (1996). “Electron Physics of Vacuum and Gaseous Devices”. Wiley, New York.
- Spadtke, P. (2004). “The Physics and Technology of Ion Sources” New York: John Wiley.
- Tomi, T. (2008). “Thesis, Liquid-Jet-Target Micro Focus X-Ray Sources: Electron Guns, Optics and Phase- Contrast Imaging”. Department of Applied Physics Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden.

The Relationship Between the Emitter Position and the Wehnelt Cylinder Aperture Radius of the Thermionic Electron Gun

Najia A. Mohammed*

Abdullah I. Alabdullah*

Department of Physics/ College of Science/ University of Mosul

ABSTRACT

This paper includes finding a mathematical relationship between the distance from the emitter to the width of the Wehnelt cylinder bore and the diameter of that bore, by studying the effect and correlation of these two parameters on the quality of the electron beam. A group of electron guns with identical and variable geometric parameters were designed for the values of the Wehnelt cylinder aperture radius for each case from the emitter site, which represents the distance from the emitter head to the Wehnelt cylinder aperture. As well as the calculation of the electron beam diameter and the brightness and emittance, as the mathematical relationship between these two parameters was found to be linear.

Keywords: SIMION8.0 Program, Thermionic Electron Gun Design, Electron Beam Optics.