تصميم عدسة كهروستاتيكية احادية الجهد سداسية الاقطاب ذات زيوغ قليلة لقاذف الكتروني

انتهاء احمد محمد *

استلام البحث 16، تشرين الاول، 2008
قبول النشر 2، اب ، 2009

الخلاصة:
تم تصميم عدسة كهروستاتيكية سداسية الاقطاب باقل زيوغ تعمل في حالة التكبير الصفري لاستخدامها بوصفها عدسة معجلة في تصميم القاذف الالكتروني باستخدام طريقة التحليل التي تعد من الطرائق المهمة والشائعة في تصميم العدسات.
تم اختيار شكل مناسب لاقطاب هذه العدسة، ومن ثم دراسة توزيع الجهد على هذه الاقطاب من خلال حل معادلة لابلاس باستخدام طريقة العناصر المتناهية (Finite Element Method)
أجريت دراسة للخواص البصرية لهذه العدسات من معاملات زيوغ وبعد بؤري وتكبير مما له الاثر الكبير في تصميم القاذف الالكتروني، وبينت الحسابات النظرية لخواص القاذف المصمم بهذه الطريقة امكانية تجهيز تيار $8.7*10^{-7}$A للحزمة باستخدام راس كاثود ذي نصف قطر r=10nm .

الكلمات المفتاحية: البصريات الالكترونية، القاذف الالكتروني، العدسات الكهروستاتيكية، عدسة احادية الجهد سداسية الاقطاب،الخواص البصرية للعدسات الكهروستاتيكية

المقدمه:

ان استخدام تقنية الحزم الالكترونية في التطبيقات العملية منذ القدم بدات في مطلع القرن التاسع عشر ويعد القاذف الالكتروني المصدر الرئيس للحزم الالكترونية والجزء المهم لاي نظام بصري الكتروني.[1]
في عام 1926 وضع العالم Busch معادلة لحساب مسار الجسيمات المشحونه واستخدمها في مجال العدسات الكهروستاتيكية. [2]
ان أول نجاح لتصميم قاذفة مجال إلكتروني (field emission electron gun"FEE") نظرياً كان عام 1928 من قبل الباحثين Nordhein & (NF) Fowler . [3]
وفي عام 1933 قام الباحثان Johamson and Scherzer باشتقاق قانون لحساب البعد البؤري للعدسات الكهروستاتيكية .[2]
وفي العام 1989 قام Munro مع الباحث Zhu بتطوير برنامج حاسوبي لتحليل وتصميم القاذفات الإلكترونية وهو يستخدم للحصول على دقة كبيرة لحساب الجهد والمجال للقاذفة. [4]
في عام 2004 تم تصميم قاذف الكتروني يعمل بتيار عالي جدا يمكن استعماله بوصفه مصدر مايكروويف اذ ان القاذف المصمم له قابلية انتاج شعاع حلقي مع تيار عالي واستطاعوا الحصول على هذا القاذف من خلال تحسين التصميم الهندسي لهذا القاذف.[5]
وفي عام 2008 تم تصميم قاذف الكتروني كاثوده من البلازما وتم استخدامه في المايكروويف العالي الكهربائية. [6]
وفي العام نفسهِ صمم قاذف الكتروني مع قطب whenelt لتوليد اشعة سينية X-ray العالية السطوع high-brightness وتوليد تيار عالي 100mA [7].

النظرية:

تم حساب توزيع الجهد المحوري V(z) لهذه العدسة من حل معادلة لابلاس باستخدام طريقة العناصر المتناهية Finite Element Method.[8]

$$\nabla^2 V = 0$$

لحساب مسار الحزمة الالكترونية لهذه العدسة تم حل معادلة الشعاع المحوري المبينة كالاتي.[9]

$$r'' + \frac{V'}{2V} r' + \frac{V''}{4V} r = 0 \quad ...(2)$$

ان الزيغ الكروي واللوني هما من اهم العيوب المرافقة لاي نظام بصري يحتوي على عدسات الكتروستاتيكية اذ تم ايجادهما ودراستهما من المعادلات الاتية:[10]

*قسم الفيزياء-كلية التربية/ ابن الهيثم- جامعة بغداد

$$C_{Si}=\frac{1}{16V_o^{1/2}r_o^{4'}}\int_{Z_o}^{Z_i}\left(\begin{array}{l}\left\{\frac{5}{4}\left(\frac{V''}{V}\right)^2+\frac{5}{24}\left(\frac{V}{V}\right)^4\right\}r^4+\\ \frac{14}{3}\left(\frac{V}{V}\right)^3r'r^3-\frac{3}{2}\left(\frac{V'}{V}\right)^2r'^2r^2\end{array}\right)V^{1/2}dz....(3)$$

اذ ان

Csi معامل الزيغ الكروي في جانب الصورة

Z_i هو مستوي الصورة

V_o يمثل $V_{(Zo)}$ أي تمثل الجهد في مستوي الجسم

$$C_{C_i}=\frac{V^{\frac{1}{2}}}{r'^2}\int_{Z_o}^{Z_i}\left(\frac{V'}{2V}r'r+\frac{V''}{4V}r^2\right)V^{-\frac{1}{2}}dZ.....(4)$$

معامل الزيغ اللوني في جانب الصورةCci

بعد دراسة خواص العدسة يتم حساب خواص القاذف الالكتروني من كثافة التيار، وتيار القاذف، والاضاءة والانتشارية من المعادلات الاتية:

- كثافة التيارالمحدد بشحنة الفراغ التي تمثل كمية التيار المار بوحدة المساحة من المعادلة الاتية:-[1]

$J_C=0.023* Va^{3/2}/d^2$….(6)

اذ ان:

J_C تمثل كثافة التيار المحدد بشحنة الفراغ ووحدتها A/cm.

Va يمثل الجهد على الانود ووحدته volt.

dالمسافة بين الاقطاب.

- تيار القاذف الالكتروني:[8]

$I=\pi r^2J$…(7)

- الاضاءة او السطوعية تحسب من المعادلة:[11]

B= current / area . sold angle

$$B=\frac{I}{(\pi r\gamma)^2}.....(8)$$

γ تمثل زاوية نصف قطرية.

نعطي كثافة شحنة الفراغ بالعلاقة الاتية[12]

$$\rho=\frac{-I}{S(2\eta V_a)^{1/2}}...(9)$$

اذ ان :

S يمثل مساحة المقطع العرضي للحزمة اذ انه يساوي πr^2

r هو نصف قطر الحزمة

η هي كمية تمثل النسبة بين شحنة / كتلة الالكترون وتساوي q / m

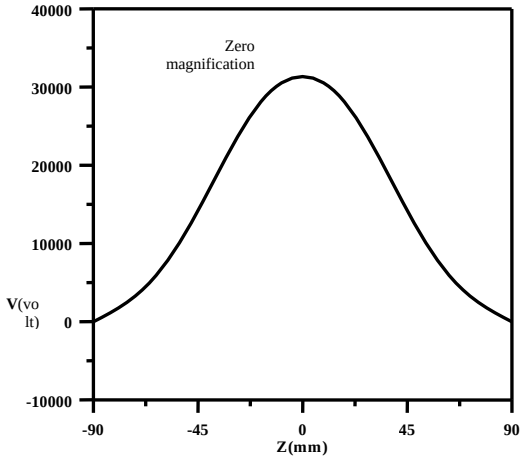
- الانتشارية التي تمثل النسبة بين تيار الحزمة الى فولتية تعجيل الانود مرفوع للاس 3/2 تعطى بالعلاقة الاتية:[13]

$P= I/V^{3/2}$...(10)

النتائج والمناقشة:

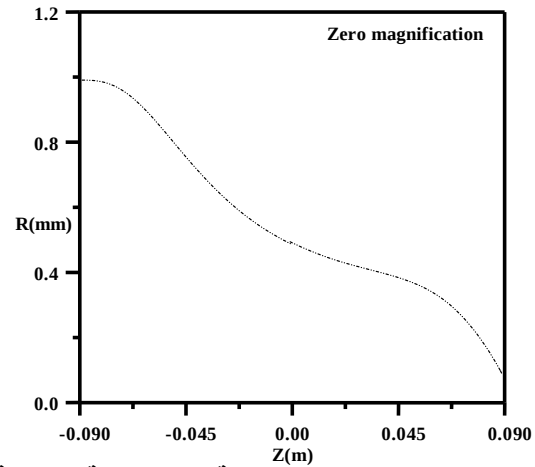
بينت نتائج البحث امكانية الحصول على تصميم لعدسة سداسية الاقطاب بطول 180mm تعمل بوصفها قاذفاً الكترونياً في حالة التكبيرالصفري .

الشكل (1) يبين توزيع الجهد المحوري لهذه العدسة الذي تم الحصول عليه من خلال حل معادلة لابلاس باستخدام طريقة العناصر المتناهية (FEM)، يبين الشكل ان توزيع الجهد يمتلك قمة واحدة وذلك بالاعتماد على فولتية القطب المركزي التي تؤثر في قوة التكبير اذ تزداد مع زيادة فولتية القطب المركزي، و يلاحظ من الشكل ايضاً ان الجهد المحوري متساوي في جانبي الجسم والصورة أي ان V(zi)=V(zo) وهذا يدل على ان توزيع الجهد هو لعدسة احادية الجهد.



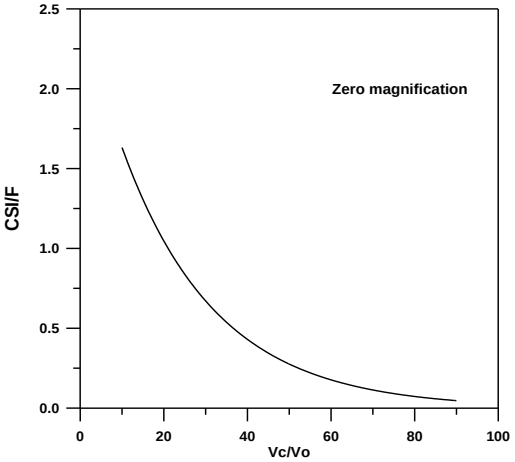
شكل (1) :يمثل توزيع الجهد المحوري لعدسة سداسية الاقطاب احادية الجهد.

الشكل (2) يبين مسار الحزمة الالكترونية لهذه العدسة وذلك من حل معادلة المسار المحوري (2) باستخدام طريقةرنج-كتا من المرتبة الرابعة

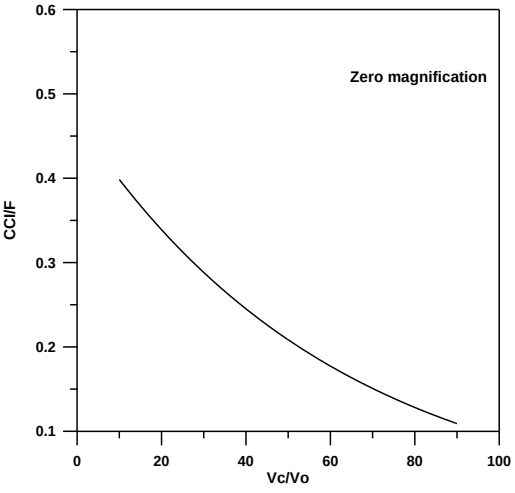


شكل (2) :مسار الحزمة الالكترونية للعدسة احادية الجهد سداسية الاقطاب في حالة التكبير الصفري.

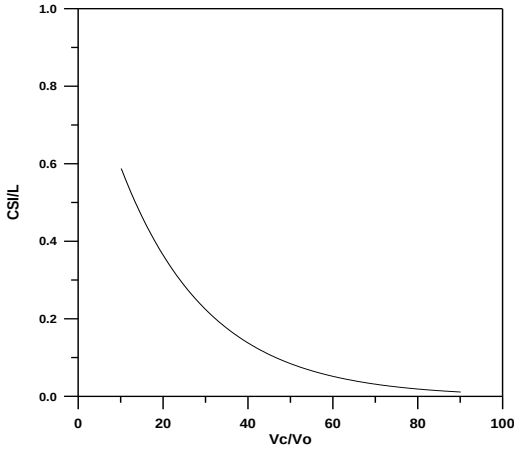
الشكل (3) يوضح العلاقة بين معامل الزيغ الكروي في جانب الصورة نسبة الى البعد البؤري F بوصفها دالة لنسبة الجهد المعجلة Vc /Vo اذ ان Vc تمثل فولتية القطب المركزي، Voتمثل فولتية القطب في جانب الجسم والتي تساوي فولتية القطب في جانب الصورة Vi الشكل (4)يبين معامل الزيغ اللوني في جانب الصورة نسبة الى البعد البؤري F بوصفها دالة لنسبة الجهد المعجلة Vc /Vo ، ، نلاحظ من الشكلين (4,3) انخفاض قيم الزيوغ بسبب زيادة نسب الجهود المعجلة .



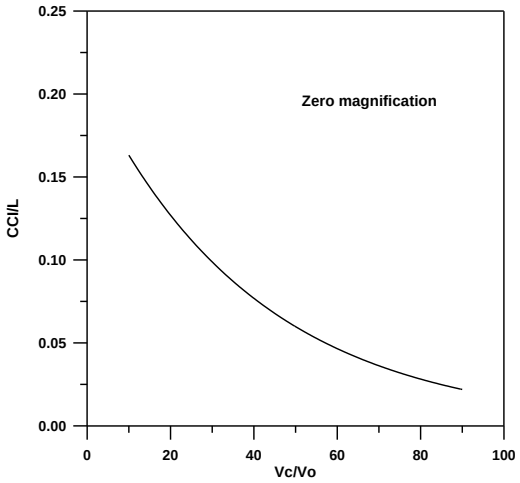
شكل (3) : بين معاملات الزيوغ الكروية في جانب الصورة نسبة الى البعد البؤري بوصفها دالة للجهود المعجلة



شكل (4)العلاقة بين معاملات الزيوغ اللونية في جانب الصورة نسبة الى البعد البؤري بوصفها دالة للجهود المعجلة



شكل (5)العلاقة بين معاملات الزيوغ الكرونية نسبة الى طول العدسة بوصفها دالة لنسب الحهود المعجلة



شكل (6)العلاقة بين معاملات الزيوغ اللونية نسبة الى طول العدسة بوصفها دالة لنسب الحهود المعجلة

كما تم ايجاد العلاقة ما بين معامل الزيغ الكروي في جانب الصورة نسبة الى طول العدسة L بوصفها دالة لنسبة الجهد المعجلة Vc /Vo والشكل (5) يبين هذه العلاقة اذ نلاحظ من الشكل كذلك انخفاضاً في قيم الزيوغ بزيادة نسب الجهود المعجلة فعند نسبة الجهد 90 فان معامل الزيوغ ينخفض الى 0.018 كذلك تم ايجاد العلاقة مابين معامل الزيغ اللوني في جانب الصورة نسبة الى طول العدسة L بوصفها دالة لنسبة الجهد المعجلة Vc /Vo الشكل (6) اذ نلاحظ كذلك انخفاضاً في قيم الزيوغ بزيادة نسب الجهود المعجلة اذ ينخفض معامل الزيوغ الى القيمة 0.02 عند نسبة الجهد 90.

بعد دراسة الخصائص البصرية لهذه العدسة تمت دراسة خواص القاذف الالكتروني لهذه العدسة

السداسية القطب من كثافة تيار وتيار واضاءة وانتشارية والتي تم حسابها باستخدام المعادلات 9،6،7،8، 10 على التوالي وكانت النتائج المستحصلة كما يأتي:

- كثافة التيار $J=0.\ 28*10^{10} A/m^2$.
- تيار القاذف $I=8.7*10^{-7} A$.
- الاضاءة $B=\ 0.35*10^{14} A/m^2$ strad.
- شحنة الفراغ $\rho=2.3*10^{-7}$
- الانتشارية $P=1.08*10^{-13}\ A/V^{3/2}$

الاستنتاجات

1. في حالة التكبير الصفري فان قيم معاملات الزيوغ الكروية واللونية نسبة الى البعد البؤري F تقل بزيادة نسب الجهود المعجلة.
2. لوحظ ان معاملات الزيوغ الكروية واللونية نسبة الى طول العدسة تقل بزيادة نسب الجهود المعجلة، فعند نسبة الجهد 10تكون Cs/L=1,Cc/L=0.25 وعند نسبة الجهد 90 تكون Cs/L=0.018,Cc/L=0.02 .
3. بزيادة عدد الاقطاب تزداد كثافة التيار والاضاءة اي تزداد كفاءة القاذف اذ لوحظ ان العمل الحالي اعطي نتائج جيدة مقارنه بالاعمال السابقة للباحثين ,وكانت نتائج المقارنة كما يأتي:

- الباحث Steigerwald, اجرى دراسة لقاذف الكتروني لعدسة ثلاثية الاقطاب وكانت النتائج التي حصل عليها كما يأتي $B=2*10^7$,$J<1*10^3$ [14]
- الباحث Hozumi, et al اجرى دراسة عام 2005 لقاذف الكتروني باستخدام عدسة ثنائية الاقطاب وكانت النتائج التي حصل عليها كما يأتي $J=9.1A/cm^2$, $I=0.48A$

المصادر:

1. **Bakish, R. 1962.**Introduction to electron beam technology" Inc. New York" London,(452),pp.70
2. **Jon orloff 2008.**Handbook of charged partical optics"CRC press" 680 p517
3. **Barer, R. and Cosslett, V.E. 1982.**Advances in optical and electron microscopy ed, Kasper.E.“ Academic Press” London
4. **Munro,E., Zhu,X. Smith,M.R., Desbruslais.,S. R.,& Rouse, J.A. 1990**. Field computation techniques in electron optics IEEE Trans., **26**(2): 1019-1022
5. **J. E. Han,_ M. Yoony and S. Y. Parkz 2004,**Design Study of an Electron Gun for a High Power Microwave Source.Journal of the Korean Physical Society,. 44(5): 2004,. 1265_1268.
6. **Xiaowei Gu, Lin Meng, Yigin Sun and Xinhua Ya, 2008.**The experimented study of novel pseudo spark hollow cathode plasma electron gun. Journal of infrared and millmeter waves, 29(11): 1032-1037
7. **T.Sugimura, S. Ohsawa and M.Ikeda 2008.**
8. **Sziligyi,M. 1988.**Electron and ion optics" plenum press" New York,(530)pp.131
9. El-Kareh, A. B. and El-Kareh, J.C.J. 1970.Electron beams, lenses, and optics “Academic Press” USA, (411), pp.297
10. **Tahani A.Salama and Basma Hussen 2009.**Some optical properties of non- Equidiameter electrostatic lens using an integral method .Journal of applied sciences 4(1):29-34
11. **Joseph Goldstein, Dale Newbury, Eric lifshin, Linda Sawyer and Joseph Michael 2002 .**Scanning electron microscopy and X-Ray microanalysis“Spring publishers”, New York (658) p33
12. **Zhigarev, A. 1975.**Electron Optics and Electron-Beam Devices“Mir Publishers” Moscow, (562).pp.233
13. **Grivet, P. 1972** Electron optics . “Pergamon Press” Oxford and New York .
14. **Joseph A, Eichmeier, Manfred Thumm 2008.**Vacuum electronics “Spring publishers”, New York (535) p165
15. **Hozumi,Y; Ohsawa, S; Sugimura, T; Ikeda,M. 2005** . Development of electron gun of carbon nanotube cathode.IEEE Xplor ,20 Issue 16-20 p 1392-1394

Design of six electrode Enzial electrostatic lens low aberrations for electron gun

*Intehaa Ahmed Mohammed **

*Department of Physics, college of education/Ibn al-haytheem, Baghdad University

Abstract:

A computerized investigation has been carried out on the design of six electrodes electrostatic lenses used in electron gun application. The Finite-Element Method (FEM) was used in the solution of Laplace equation for determine the axial potential distribution. The electron trajectory under zero magnification condition.

The optical properties, spherical and chromatic aberrations, the object and image focal length and object and image position are calculated.

A very good futures for the electron gun with these lenses have been computed where are a beam current of $8.7*10^{-7}$A can be supplied using cathode tip of radius 10nm.