

تصميم قاذف الكتروني باستخدام عدسة مغمورة ثنائية الاقطاب ذات زيوغ قليلة

د. سمير خضر ياسين العاني*
د. احمد كمال احمد**
بشرى هاشم حسين علي***

تاريخ قبول النشر ٢٥/٦/٢٠٠٧

المقدمة:

يعتبر علم البصريات الالكترونية احد فروع علم الفيزياء والذي يتعامل مع حركة الجسيمات المشحونة في المجالين الكهربائي والمغناطيسي ويعتبر القاذف الالكتروني هو المصدر الرئيسي للحزم الالكترونية والجزء المهم في أي نظام بصري الكتروني. ان أي مجال الكتروستاتيكي متماثل محورياً يمكن اعتباره كعدسة كهروستاتيكية. [1] , [2] وتعتبر العدسة الكهروستاتيكية المغمورة والتي تم تصميمها في هذا البحث من انواع العدسات المهمة في تطبيقات البصريات الالكترونية والتي تمتاز بان لها جهدين ثابتين ومختلفين عن بعضهما البعض على جانبي الجسم والصورة.

ان اول نجاح لتصميم قاذف الكتروني نظرياً كان من قبل الباحثين Nordhim وFowler عام ١٩٢٨. وفي عام ١٩٦٨ وضع اول تصميم عملي لقاذفة المجال وكانت من نوع العدسة المغمورة ذات القطبين. [3], [4]

لقد استمرت البحوث والدراسات لتطوير القاذف الالكتروني باستخدام العدسات الكهروستاتيكية وباستخدام الحاسوب ، ففي عام ١٩٩٣ قام Yang,et,al بتصميم قاذف الكتروني باستخدام كاثود فوتوني من مادة GaAs للحصول على اضاءة عالية وتحت تأثير شحنة الفراغ. [5]

كذلك قام الباحثان Sawada and Yaneda في عام ١٩٩٧ بوضع نظرية جديدة لتحسين حسابات مسار الالكترون وقاموا بحساب المجال المغناطيسي. [6]

النظرية:

تعتبر طريقة العناصر المتناهية (FEM) من اهم الطرق التي يتم من خلالها اختيار اشكال ملائمة لاقطاب ذات جهود مناسبة ويتم توزيع الجهد المحوري لهذه العدسة من حل معادلة لابلاس وباستخدام المعادلة التالية: [7]

$$\nabla^2 V = 0 \dots\dots\dots(1)$$

حيث ان V هو الجهد الكهروستاتيكي.

ان مسار الحزمة الالكترونية يتم حل معادلة الشعاع المحوري المعادلة ٢ باستخدام طريقة رانج-كوتا من المرتبة الرابعة [Fourth order Runge- Kutta]: [7]

$$r'' + \frac{v'}{2v} r' + \frac{v''}{4v} r = 0 \dots\dots\dots(2)$$

الخواص البصرية وحساب معاملات الزيوغ الكروية Cs، ومعاملات الزيوغ اللونية Cc، اجري باستخدام المعادلات التالية: [8]

* رئيس قسم الحاسبات-كلية التربية للبنات-جامعة بغداد.

** رئيس قسم الفيزياء- كلية العلوم- جامعة النهرين.

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

$$C_s = \frac{1}{16 V_o^{1/2} r_o^4} \int_{Z_o}^{Z_i} \left(\left\{ \frac{5}{4} \left(\frac{V''}{V} \right)^2 + \frac{5}{24} \left(\frac{V'}{V} \right)^4 \right\} r^4 + \frac{14}{3} \left(\frac{V}{V} \right)^3 r' r^3 - \frac{3}{2} \left(\frac{V'}{V} \right)^2 r'^2 r^2 \right) V^{1/2} dz \dots (3)$$

$$C_c = \frac{V^{1/2}}{r'^2} \int_{Z_o}^{Z_i} \left(\frac{V'}{2V} r' r + \frac{V''}{4V} r^2 \right) V^{-1/2} dZ \dots (4)$$

بعد اجراء الحسابات لاختيار العدسة المناسبة ذات الزيوغ القليلة لاستخدامها كقاذف الكتروني تم حساب خواص القاذف الالكتروني وكما يلي:

- كثافة التيار والتي تمثل كمية التيار المار بوحدة المساحة من المعادلة التالية:- [1]

$$J_c = 0.0233 V a^{3/2} / d^2 \dots (5)$$

حيث ان:

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

Va يمثل الجهد على الانود ووحدته volt.

- الاضاءة او السطوعية تحسب من المعادلة: [9]

$$B = \frac{I}{(\pi r \gamma)^2} \dots (6)$$

γ تمثل زاوية نصف قطرية.

- الانتشارية والتي تمثل النسبة بين تيار الحزمة الى فولتية تعجيل الانود مرفوع للاس $3/2$ تعطى بالعلاقة التالية: [10]

$$P = I V^{3/2} \dots (7)$$

- كثافة شحنة الفراغ تعطى بالعلاقة التالية: [11]

$$\rho = \frac{1}{s(2\eta V_a)^{1/2}} \dots (8)$$

S يمثل مساحة المقطع العرضي للحزمة و يساوي πr^2 .

η تمثل النسبة بين (شحنة/ كتلة) الإلكترون.

النتائج والمناقشة:

تم حساب توزيع الجهد المحوري لهذه العدسة من حل معادلة لابلاس باستخدام طريقة العناصر المتناهية من المعادلة (١) وكما موضح في الشكل (١) الذي يبين توزيع الجهد المحوري لعدسة مغمورة حيث نلاحظ وجود نقطة انقلاب واحدة عندما يكون الجهد اعلى ما يمكن على العدسة وهذا يعني ان العدسة تتكون من قطبين مختلفين في الجهد وبذلك فان العدسة هي عدسة مغمورة [10].

تم دراسة الخواص البصرية لهذه العدسة تحت تأثير حالي التكبير الصفري واللانهايي.

• حالة التكبير الصفري

الشكل (٢) يوضح مسار الحزمة الالكترونية ابتداء من جانب الجسم $Z=0$ وانتهاءً بجانب الصورة Z_i لحالة التكبير الصفري حيث اجريت الحسابات من حل معادلة الشعاع المحوري. الشكل (٣) يبين العلاقة بين معامل الزيوغ الكروية ومعامل الزيوغ اللونية نسبة الى البعد البؤري في جانب الصورة C_{ci}/F , C_{si}/F كدالة الى نسبة الجهد V_i/V_o حيث ان F يمثل البعد البؤري للصورة، V_i تمثل فولتية القطب في جانب الصورة، V_o تمثل فولتية القطب في جانب الجسم حيث نلاحظ انخفاض قيمة الزيوغ الكروية بزيادة نسبة الجهد المعجل التي تتراوح بين)

٣٠-٥) حيث تصل قيمتها الى ٤.٦ عند نسبة الجهد ٣٠ وزيادة في معامل الزيغ اللوني بشكل اسي بسبب زيادة طاقة الجسيمات المشحونة.

• حالة التكبير اللانهائي

الشكل (٤) يوضح مسار الحزمة الالكترونية لعدسة مغمورة ثنائية القطب بطول (16mm) تحت تأثير حالة التكبير اللانهائي والذي يبدأ مسار الحزمة من جانب الصورة Zi وينتهي في جانب الجسم Zo.

الشكل (٥) يبين العلاقة بين معامل الزيوغ الكروية ومعامل الزيوغ اللونية نسبة الى البعد البؤري في جانب الجسم C_{Co}/F , C_{So}/F كدالة الى نسبة الجهود المعجلة V_i/V_o حيث ان بسبب زيادة نسب الجهود المعجلة تقل الزيوغ الكروية بحيث يصل الى (١.٩٥) عند نسبة الجهد (٣٠) اما الزيوغ اللونية فانها تقل كذلك بزيادة نسب الجهود المعجلة بحيث تصل قيمتها الى (١.٠٨) عند نسبة الجهد (٣٠).

نلاحظ من الشكلين (٣)، (٥) ان معاملات الزيوغ في حالة التكبير اللانهائي افضل من معاملات الزيوغ في حالة التكبير الصغري وذلك بسبب اختلاف المسار والذي يؤدي الى اختلاف في الخواص البصرية للعدسة.

اعطت نتائج البحث قيم قليلة للزيوغ مقارنة بماهو منشور لاعمال مماثلة حيث يبين الجدول (١) مقارنة بين العمل الحالي واعمال الباحث Scheinfien.M, 1986 لحالة التكبير اللانهائي والتي يتضح منها ان قيم الزيوغ نسبة الى طول العدسة في العمل الحالي هي اقل بشكل وهذا يعود الى الاختيار الافضل لشكل وابعاد العدسة وقيم الجهد عليها.

جدول رقم (١) مقارنة بين العمل الحالي وعمل للباحث Scheinfien.M, 1986

J A/m ²	B A/m ² Stread	Scheinfien.M, 1986		نسب الجهود
Cc/L	Cs/L	Cc/L	Cs/L	Vi/Vo
٠.٢٩	٢.١	٧.٦	٣٠.٧	8
٠.١٨	٠.٧٣	٧.٤	٢٢.٧	١٠

بعد دراسة خواص هذه العدسة تم استخدامها في تصميم القاذف الالكتروني حيث تمت دراسة خواص هذا القاذف من كثافة تيار، تيار، اضاءة، انتشارية وشحنة الفراغ من المعادلات ٨،٧،٦،٥ والذي تظهر في الجدول (٢).

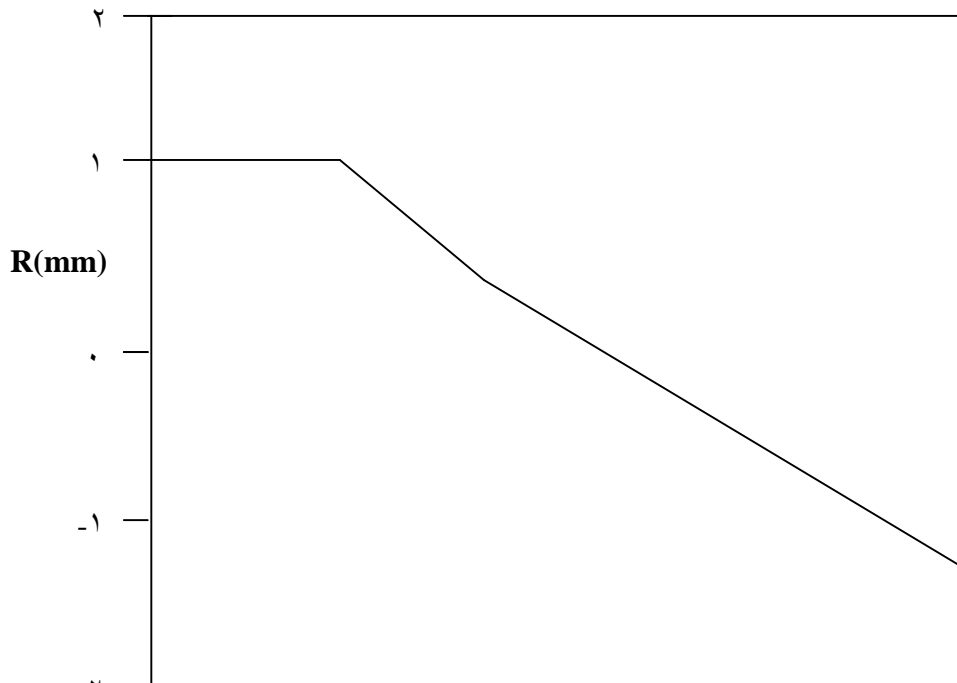
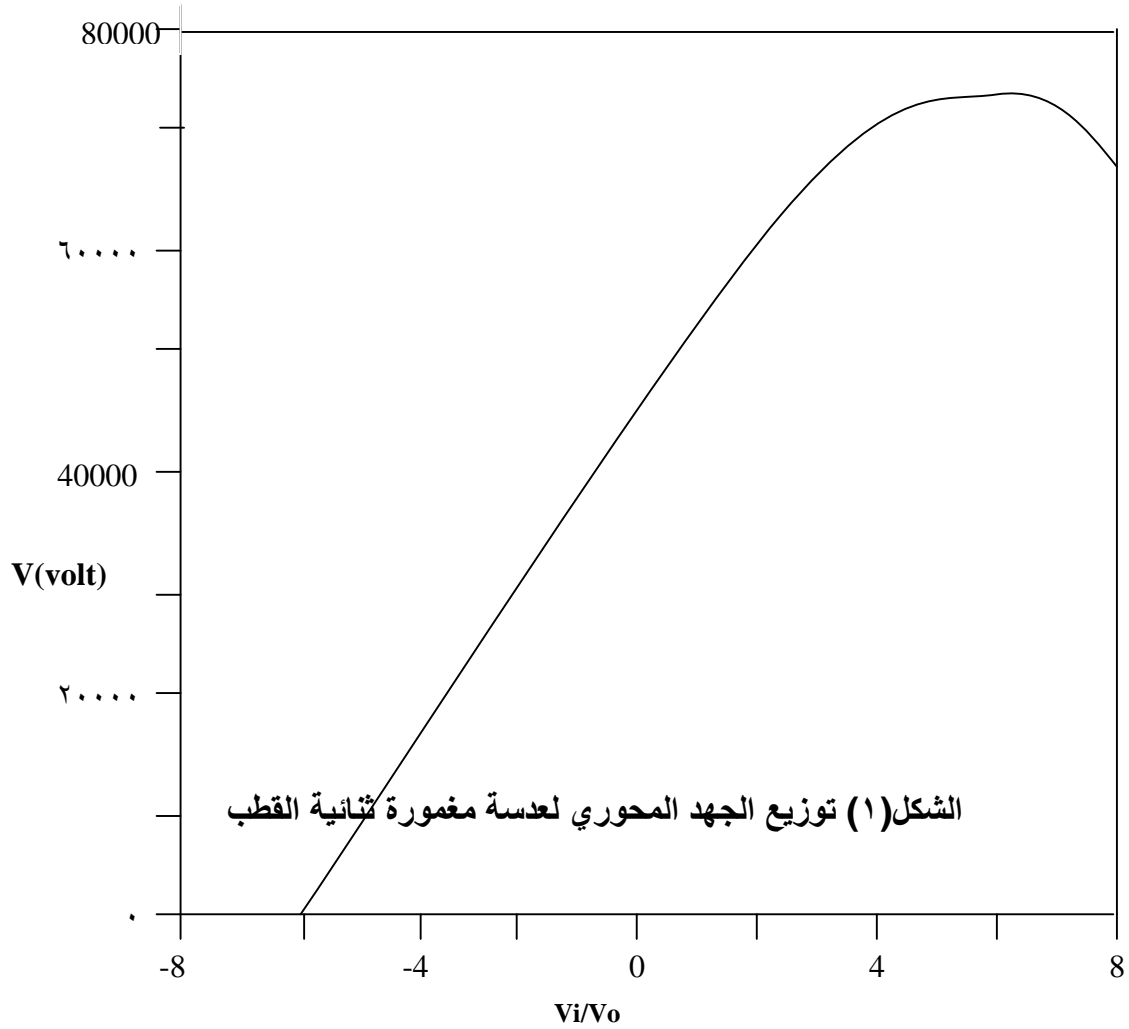
الجدول (٢) يوضح خصائص القاذف الالكتروني لعدسة مغمورة ثنائية القطب.

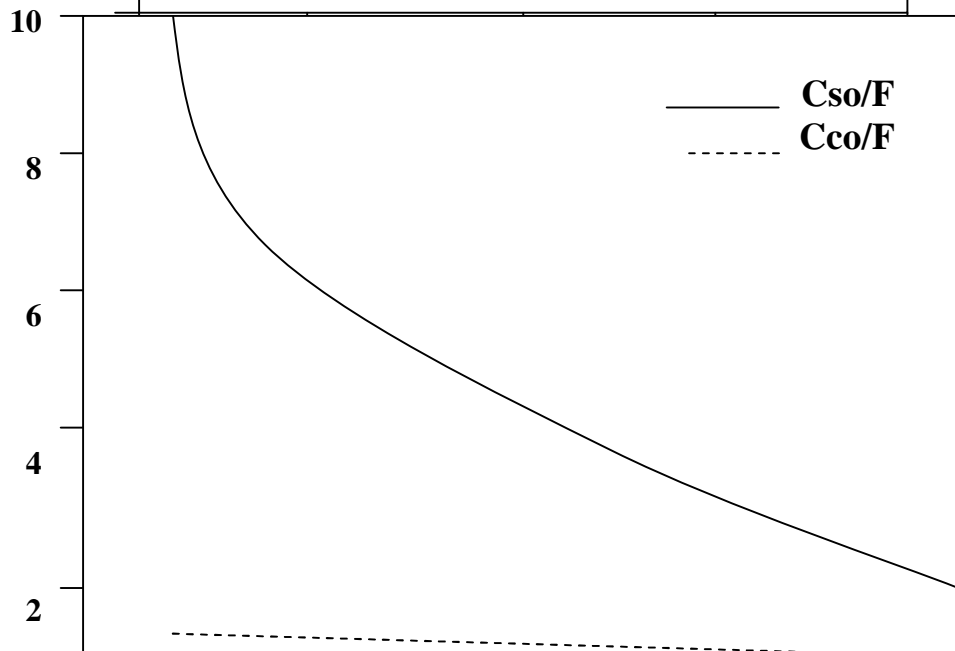
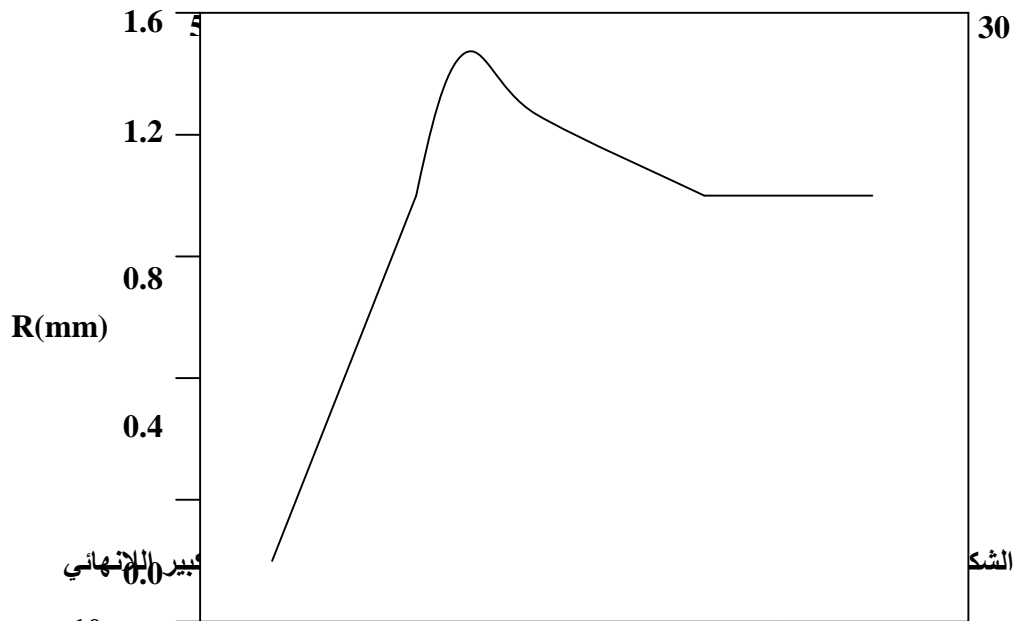
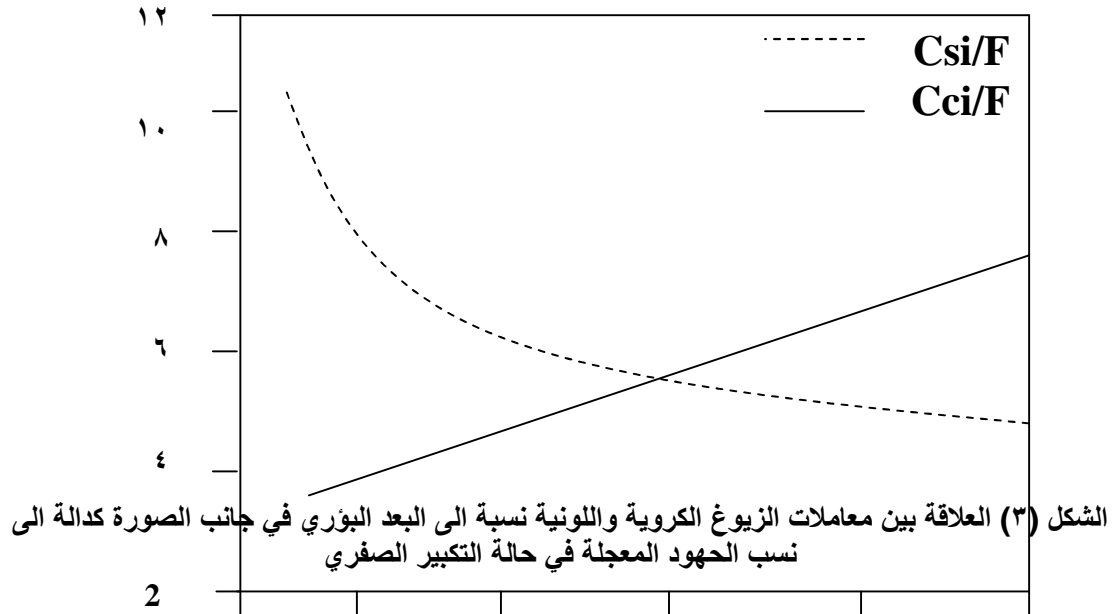
I A	J A/m ²	B A/m ² Stread	P A/V ^{3/2}	ρ
5.7*10 ⁻⁶	1.8*10 ¹⁰	2.3*10 ¹⁶	2.8*10 ⁻¹³	-113

الاستنتاجات:

١. ان نسب الجهود V_i/V_o لها تأثير كبير على معاملات الزيوغ الكروية واللونية حيث انه عند زيادة نسب الجهود تقل معاملات الزيوغ.

٢. انخفاض قيم الزيوغ الكروية واللونية في حالي التكبير اللانهائي عنها في حالة التكبير الصفري لنسب الجهود ذاتها بسبب شكل العدسة.
٣. ان شكل وابعاد الكاثود والانود لها تاثير كبير على خصائص القاذف الالكتروني.





الشكل (٥) العلاقة بين معاملات الزيوغ الكروية واللونية نسبة الى البعد البؤري في جانب الجسم كدالة الى نسب الجهود المعجلة في حالة التكبير اللانهائي

المصادر:

1. Bakish, R.(1962) Introduction to electron beam technology " Inc. New York" London.
2. Sziligy, M.(1988) Electron and ion optics " plenum press" New York.
3. Barer, R. and Cosslett, V.E.(1982) Advances in optical and electron microscopy Ed, Kasper.E. "Academic Press" London.
4. El-Gomati, M. M., Prutton, M. and Browning, R.(1985) An all-electrostatic small beam, diameter, high probe current field emission electron probe. J.Phys.E: Sci. Instrum., 18,32-39.
5. Yang, B., Ciullo, G., and Tecchio, L.(1993) Analytical calculation of space charge current of high-voltage plane diode electron gun. I1 Nuovo Cimento, 106A, No.10,1291-1294.
6. Sawada, T. and Yoneda, K.(1997) Improvement of the Accuracy of 3-D Electron Trajectory Calculations using both the Finite Element Method and Boundary Element Method IEEE Trans., Magnetics, 33, 1730-1735.
7. Ahmed, A.K.(1993) Computerized investigation on the optimum design and properties of the electrostatic lenses Ph.D. Thesis, Saddam University, Baghdad, Iraq.
8. Sziligy, M.(1987) A systematic Analysis of Two-Electrode Electrostatic Lenses IEEE. Trans., Electron Device, ED-34, 1848-1858.
9. Venklasen, L. H and Siegel, B. M.(1972) Oxygen-Processed Field Emission Source, J.Appl. Phys., 43, 1600-1604.
10. Grivet, P.(1972) Electron optics, " Pergamon Press" Oxford and New York.
11. Zhigarev, A.(1975) Electron Optics and Electron-Beam Devices "Mir Publishers" Moscow.
12. Scheinfein, M.(1986) High-Performance Two-Electrode Electron Gun Lenses: beyond the Butter Gun, Ultramicroscopy, 19, 225-234

Design of an Electron Gun Using two Electrode Low Aberration Immersion Lens

Dr. Samir Khudhir Yassin*

Dr. Ahmed K.

Ahmed**

Bushra H. Hussain***

* College of Education for Women - Baghdad University

** College of Science – Al-Nahrain University

*** College of Education/Ibn Al-Haitham – Baghdad University

Abstract

A two electrode immersion electrostatic lens used in the design of an electron gun, with small aberration, has been designed using the finite element method (FEM). By choosing the appropriate geometrical shape of these electrodes the potential $V(r,z)$ and the axial potential distribution have been computed using the FEM to solve Laplace's equation.

The trajectory of the electron beam and the optical properties of this lens combination of electrodes have been computed under different magnification conditions (Zero and infinite magnification conditions) from studying the properties of the designed electron gun can be supplied with a beam current of 5.7×10^{-6} A, electron gun with half acceptance angle of (5mrad).