

تصميم حاسوبي لعدسة كهروستاتيكية ثلاثية الأقطاب

أ.د.سمير خضر العاني*

ندى عبد الفتاح محمد**

الخلاصة:

تم تصميم عدسة كهروستاتيكية ثلاثية الأقطاب ذات قيم قليلة للزيغين الكروي واللوني حيث تم الحصول على شكل الأقطاب للعدسة باستخدام حلول معادلة لابلاس بينت نتائج البحث قيماً متدنية للزيغين الكروي واللوني وكانت النتائج جيدة مقارنة مع البحوث المنشورة بهذا الصدد. تم اعتماد تقنيته جديدة في التصميم الحاسوبي للعدسة ثلاثية الأقطاب حيث جرى تحديد معادلة مناسبة للجهد المحوري على شكل متعدد الحدود من الدرجة الثالثة ومن حل معادلة الشعاع المحوري وإيجاد مسار الجسيمات والذي يحقق معادلة الجهد المفروضة. بينت النتائج قيم قليلة لمعاملات الزيغين حيث كانت بحدود 1.4 للزيغ الكروي 0.98 للزيغ اللوني جهد 20 وهذا يعطي مؤشر جيد لتصميم العدسة.

المقدمة:

ان اي مجال كهروستاتيكي متماثل محوريا هو عدسة الكهروستاتيكية، الالكتروستاتيكية تنتج من مجموعة من الأقطاب ذات جهود ملائمة وتستخدم لتبشير الحزم الالكترونية. يعد علم البصريات الالكترونية احد فروع الفيزياء التي تعمل مع حركة الجسيمات المشحونة في المجاين الكهربائي والمغناطيسي حيث ان اول من اثبت امكانية تكوين صورة بواسطة الالكترونات هو H. Busch عام ١٩٦٢ [1] ، وفي عام 1978 قام Riddle بحساب معاملات الزيوغ والخواص البصرية للعدسات احادية الجهد (enzial) [2] ، تعتبر العدسات احادية الجهد ثلاثية الأقطاب والتي تم بام احد انواعها في هذا البحث من انواع العدسات المهمة في تطبيقات البصريات الالكترونية التي تمتاز بانها تمتلك نفس الجهد في جانبي الجسم والصورة بحيث تبقى طاقة الجسيمات المشحونة ثابتة.

التصميم النظري للعدسة:

لتصميم عدسة الكترونية تم اختيار اشكال أقطاب ذات جهود مناسبة وتم حساب توزيع الجهد المحوري لهذه العدسة من حل معادلة لابلاس المبينة في المعادلة (١) باستخدام طريقة العناصر المحددة (Finite element method).

$$\nabla^2 V = 0 \text{ ----- [1]}$$

حيث ان V يمثل الجهد الالكتروستاتيكي. تم حساب [2] مسار الجسيمات المشحونة في المجال الكهروستاتيكي المتماثل دورانيا وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية (٢) تتميز هذه المعادلة بانها معادلة متجانسة بالنسبة للجهد (V) لذلك فان زيادة الجهد او نقصانه في كل نقاط المجال سوف لن تغير من المسار وتكون هذه المعادلة متجانسة بمعنى 'ي زيادة في ابعاد النظام باكملة ينتج عنها زيادة مماثلة في ابعاد المسار وان الكمية (Q/m) نسبة الشحنة الى الكتلة لا تظهر بالمعادلة (3) وهذا يعني ان الجسيمات ذات الشحنة المختلفة تبتثر في نفس النقطة ولكنها تصل في اوقات مختلفة (4).

* - كلية التربية للبنات -

** قسم الفيزياء - كلية العلوم للبنات -

$$r'' + \frac{V'}{2V} r' + \frac{V''}{4V} r = 0 \text{-----[2]}$$

باستخدام طريقة رنج- كتا من الدرجة السادسة ومعرفة توزيع الجهد المحوري ومشتقته الاولى والثانية تم حساب معاملي الزيغ الكروي Cs واللوني حيث Cc تم حساب الخواص البصرية للعدسة بعد (5) ولحساب معامل الزيغ الكروي Cso

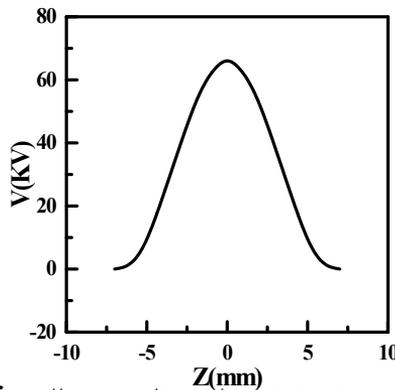
$$C_{S_0} = \frac{U^{-1/2}(z_0)}{16r_0'^4} \int_{z_0}^{z_i} \left[\frac{5}{4} \left(\frac{U''(z)}{U(z)} \right)^2 + \frac{5}{24} \left(\frac{U'(z)}{U(z)} \right)^4 \right] r^4(z) + \frac{14}{3} \left(\frac{U'(z)}{U(z)} \right)^3$$

$$r'(z)r^3(z) - \frac{3}{2} \left(\frac{U'(z)}{U(z)} \right)^2 r^2(z)r^2(z) \} U^{1/2}(z) dz \text{-----[3]}$$

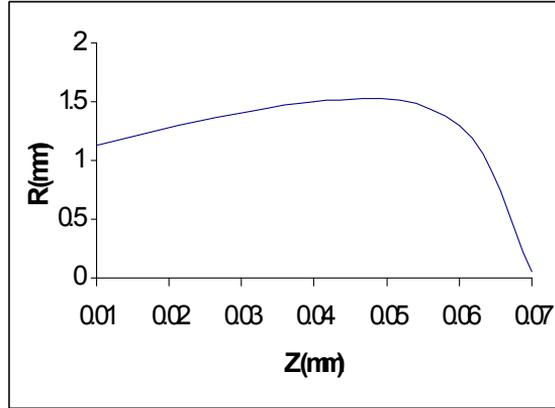
$$C_{C_0} = \frac{U^{1/2}(z_0)}{r_0'^2} \int_{z_0}^{z_i} \left[\frac{1}{2} \frac{U'(z)}{U(z)} r'(z)r(z) + \frac{U''(z)}{4U(z)} r^2 \right] U^{-1/2}(z) dz \text{-----[4]}$$

حيث ان Cso Cco يمثلان معاملي الزيغ الكروي واللوني في جانب الجسم على التوالي ويعبر عن معامل الزيغ الكروي واللوني في جانب الصورة Csi Cci حيث ان المحور Z هو المحور البصري الذي يمثل محور التماثل ويبعد عن الجهد (U) إحداثيات (r,z) = U(r,z) وبما أن النظام متماثل دورانياً فيمكن إهمال U هي U(r,z).

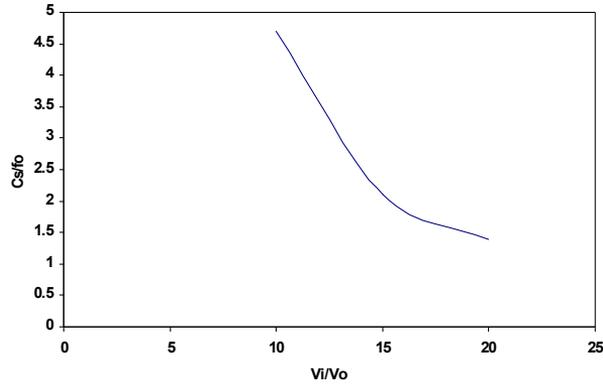
() يوضح توزيع الجهد المحوري لعدسة ثلاثية ،والذي يبين توزيع الجهد يمتلك وذلك بالاعتماد على فولتية القطب المركزي والتي تؤثر على قوة التكبير اذ تزداد مع زيادة فولتية القطب المركزي ،ويلاحظ من الشكل ايضاً ان الجهد المحوري متساو في جانبي الجسم والصورة أي V(Zi) = V(Zo) لقد تمت دراسة الخواص البصرية عند تغيير نسب الجهود .



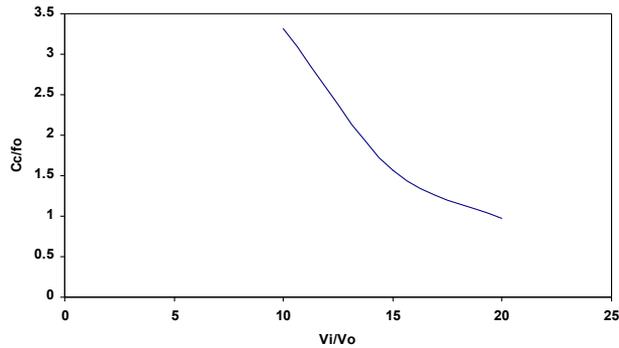
شكل (١) يوضح توزيع الجهد المحوري للعدسة



شكل (٢) يوضح مسار الحزمة الالكترونية للعدسة



شكل (٣) يوضح العلاقة بين معامل الزيغ الكروي نسبة الى البعد البؤري للعدسة Cs/fo مع نسب الجهد Vi/Vo



شكل (٤) يوضح العلاقة بين معامل الزيغ اللوني نسبة الى البعد البؤري للعدسة Cc/fo مع نسب الجهد Vi/Vo

النتائج والمناقشة :

البصرية لعدسة كهروستاتيكية ثية الاقطاب كالبعد fo ، معامل الزيغ اللوني Cc ، Zi ، Zo .

الشكل (١) يوضح توزيع الجهد المحوري لعدسة ثلاثية الاقطاب احادية الجهد طولها 16mm اذ ان توزيع الجهد المحوري للعدسة يمتلك قمة واحدة وذلك بالاعتماد على فولتية القطب المركزي والتي تؤثر على قوة التكبير اذ تزداد مع زيادة فولتية القطب المركزي ويلاحظ من الشكل ايضا ان الجهد المحوري متساو في جانبي الجسم والصورة اي ان $V(Zi)=V(Z0)$ وهذا يدل على توزيع الجهد هو لعدسة احادية الجهد .

الخواص البصرية لهذه العدسة عند تغير نسب الجهود بمعدل يتراوح بين (10- (20) يبين مسار الحزمة الالكترونية والشكل (3) يوضح العلاقة بين معامل الزيغ الكروي

ة الى البعد البؤري fo كدالة لنسبة الجهد المعجلة Vc/Vo اذ ان Vc تمثل فولتية Vo تمثل فولتية القطب في جانب الجسم والتي تساوي فولتية القطب في جانب الصورة

Vi ، اذ ان الشكل يبين انخفاض قيم الزيوغ بسبب زيادة نسب الجهود المعجلة Csi/fo ، 1.4 ، 20 قيم الزيوغ اللوني لنفس نسب الجهد تصل الى 0.98 في الشكل (4) وهذه تمثل قيم مناسبة للعدسة والتي يستفاد منها في تصنيع مثل هذا النوع من العدسات .

يوضح الجدول (١) قيم معامل الزيغ الكروي في جانب الصورة Csi ومعامل الزيغ اللوني في Cci نسبة الى البعد البؤري للعدسة حيث تم اختيار قيمة نسبة الجهد (١٠) لغرض المقارنة مع عمل الباحثة انتهاء حيث ان نتائج الباحثة عند نسبة الجهد (١٠) وان اقل قيمة للزيوغ المستحصل عليها في هذا البحث عند قيمة Vi/Vo عند القيمة (٢٠) ، نلاحظ ان قيم الزيوغ الكروية واللونية مقبولة نسبيا، وهذا يرجع الى ان توزيع الجهد على الأقطاب وكذلك شكل العدسة يؤثر في شكل المسار وبدوره يؤثر في الخواص البصرية باستخدام حلول معادلات لابلاس $\nabla^2 U = 0$ حيث U يمثل الجهد الالكتروني . ()

جدول (١) يبين مقارنة بين نتائج العمل الحالي وعمل الباحثة انتهاء (٧)

Vi/Vo	INTEHAA Cs/F	INTEHAA Cc/F	العمل الحالي Cs/F	العمل الحالي Cc/F
10	6.12	0.79	4.7	3.31

الاستنتاج:

- ان نسب الجهود المعجلة Vi/Vo لها تاثير كبير على معاملات الزيوغ الكروية واللونية اذ عند زيادة نسب الجهود تقل معاملات الزيوغ الكروية واللونية
- شكل العدسة الهندسي له تاثير على مسار الحزمة وعلى معاملات الزيوغ .

المصادر:

- 1- Septier A., (1980) "Applied charged particles optics" , Part A (Acade Press:New York).
- 2- Riddle , G., N (1978) ., "Electrostatic enzal lenses with reduced spherical aberration for use in field emission guns"
- 3 - Paszkowski B.,(1968), "Electron Optics" , (Iliff Books : London).

- 4 – EL-Karah A.B and EL-Kareh J.C. J.,(1970),”Electron Beam,Lenses and Optics” ,Vol.I (Academic Press: New York and London)
- 5- Kiss L.,(1988) , “Computerized investigation of electrostatic lens potential distribution”,12th IMACS World Congress, ed. R. Vieheretsky, Paris.
- 6- Polyanin,A. D. Handbook of Linear Partical Differential Equations for Equations for Engineers and Scientists Boca Ration :Chapman&Hall/CRC Prees (2002).
- 7- Intehaa A.M (2002) , "Theoretical design of un electron gun lenses using numericalmethodes P h. M. Thesis education for woman university , Baghdad,Iraq.

Design of three electrode electrostatic lens Computational

Prof. Dr. Samir kh. Al-ani*

N. A. Mohammed**

* Dept. of Computer -College of education for women -Baghdad university

** Dept. of Physics -College of Science for women-Baghdad University

Abstract

A low aberration electrostatic lens of three electrode was design, The electrode shapes were determined using solution of Laplace equation .

A new Computational technique were used to design an electrostatic lens which depends on the determination polynomial function of the third order with the solution of axial -equation to find the trajectory of particles which satisfy the suggested potential function besides the other optical properties such as brightness ,perveance and current density.

The results showed low values of spherical and chromatic aberrations comparing with other searches about 1.4 for spherical aberration and 0.98 of chromatic aberration with values of potential of 20 which are considered as good criteria for good lens's design.