تصميم عدسة كهروستاتيكية ثلاثية الاقطاب مغمورة معجلة تعمل تحت ظرف التكبير الصفري

انتهاء احمد محمد
قسم الفيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة(ابن الهيثم)/ جامعة بغداد

استلم في 17تشرين الثاني 2013 قبل في 18 اذار 2014

الخلاصة

لقد أجريت دراسة نظرية حاسوبية في موضوع البصريات الالكترونية لتصميم عدسة كهروستاتيكية مغمورة ، اذ اعتمدت الطريقة العكسية التي تعد من الطرائق المهمة في تصميم العدسات الكهروستاتيكية وذلك من خلال استخدام تقنية تعتمد على تحديد معادلة مناسبة للجهد المحوري على شكل متعددة حدود من الدرجة الرابعة ومن ثم حل معادلة الشعاع المحوري لايجاد مسار الجسيمات الذي يحقق معادلة الجهد المفروضة .

في هذا البحث صممت عدسة ثلاثية الاقطاب مغمورة طولها L=10mm تعمل تحت ظروف التشغيل الصفري، اذ تم الحصول على شكل الاقطاب لهذه العدسة باستخدام حلول معادلة لابلاس. وقد بينت نتائج البحث الحصول على قيم قليلة للزيغين الكروي واللوني التي تعطي مؤشراً جيدا لتصميم العدسة. كما رسم شكل اقطاب العدسة ببعدين وبثلاثة ابعاد من خلال استخدام برنامج المحاكاة المعروف باسم (سيميون7)

الكلمات المفتاحية: بصريات الكترونية ،عدسة كهروستاتيكية مغمورة ،الزيغ الكروي ،الزيغ اللوني، برنامج(سيميون7).

المقدمة

يعد علم البصريات الالكترونية احد فروع الفيزياء التي تتعامل مع حركة الجسيمات المشحونة في المجالين الكهربائي والمغناطيسي . النظريات التي وضعت لدراسة البصريات الضوئية ملائمة لحل مسائل البصريات الالكترونية ، من خلال البحوث الاولى التي ظهرت في عشرينات القرن الماضي التي عدت موضوع البصريات الالكترونية موضوعاً حديثاً نسبياً، اذ أن أول من اثبت امكانية تكوين صورة بوساطة الالكترونات هو H. Busch في عام 1926 [1]. إن انتشار استخدام الكومبيوتر في التصاميم النظرية أدى إلى التوسع الكبير في البحوث والدراسات في مجال تصميم منظومات البصريات الإلكترونية، فقد قام Munro & Smith عام 1986 بوضع برامج حاسوبية جديدة لتطوير التصاميم المتعددة والمتنوعة لأنظمة الحزم الإلكترونية والايونية وباستخدام طرائق رياضية مختلفة مثل طريقة كثـافة الشـحنة (Charge Density Method)، وطريقة العناصر المحددة (Finite Element Method (FEM)) وذلك لحساب توزيع المجال على العدسات الالكترونية و الخواص البصرية لها [2] .

قامت الباحثة فاتن عبد الجليل بدراسة في مجال البصريات الالكترونية، اذ حيث تركز البحث على محاكاة تصميم منظومة نقل وتبئير بصرية –ايونية مكونة من مختلف انواع العدسات الكهروستاتيكية تعمل باطوار وظروف تكبير مختلفة في عام 2001 [3]. ومن الدراسات الحديثة درس تاثير اقطار فتحة القطبين على عدسة مغمورة ثنائية القطب وايجاد قيمة مثلى لقطر فتحة القطب للحصول على افضل خواص بصرية للعدسة.[4] هدف الدراسة الحالية تصميم عدسة مغمورة تعمل عدسة معجلة باقل زيوغ ممكنة وافضل خواصا" بصرية،اذ صممت العدسة باستخدام الطريقة العكسية، اذ يبدا المصمم في هذه الطريقة باختيار معادلة مناسبة للجهد المحوري وبعدها نقوم بدراسة توزيع الجهد لهذه العدسات ،ومن ثم دراسة الخواص البصرية من بعد بؤري وزيوغ كروية ولونية لهذه العدسة للوصول الى الخطوة الاخيرة وهي شكل الاقطاب.

الجزءالنظري

صممت عدسة كهروستاتيكية ثلاثية الأقطاب واستخدمت دالة متعددة (polynominal) من الدرجة الرابعة لتمثيل شكل الجهد المحوري U(z) على المحور البصري Z للعدسة مغمورة التي تحقق الشروط الاتية :

$$U(0)= A \ , \ U(L/2) =B \ , \ U(L)=C \ , \ U'(0)=0 \ , \ U'(L)=0$$

والتي اعطت معادلة توزيع الجهد المحوري للعدسة المغمورة ثلاثية الاقطاب

$$U(z) = A + BZ + CZ^2 + DZ^3 + EZ^4 \text{ -------(1)}$$

ان العوامل A,B,C,D,E من الممكن اختيارها حسب الشروط التي تعبر عن شكل الجهد المحوري.

اذ أن z المحور البصري ، L طول العدسة المؤثرة ، A قيمة الجهد عند بداية العدسة U(0) ونهايتها U(L) و B قيمة الجهد عند منتصف العدسة (L/2) . تم حل معادلة الشعاع المحوري باستخدام طريقة راينج كتا (Range-Kutta) من الدرجة السادسة للحصول على الخواص البصرية للعدسة[5]:

$$\frac{\partial^2 r}{\partial z^2} + \frac{U'(z)}{2U(z)}\frac{\partial r}{\partial z} + \frac{U''(z)}{4U(z)} r = 0 \text{ ----------(2)}$$

تمثل هذه المعادلة وصفاً لمسار الجسيمات المشحونة في المجال الكهروستاتيكي المتماثل دورانياً . وهي معادلة تفاضلية متجانسة خطية من الدرجة الثانية يمكن استعمالها لكل انواع الجسيمات المشحونة كما تمتاز المعادلة (2) بأنها متجانسة بالنسبة الى الجهد U . لذلك فأن زيادة الجهد أو نقصانه في كل نقاط المجال سوف لن يغير من المسار وتكون هذه المعادلة متجانسة بالنسبة الى Z و r وهذا يعني ان اي زيادة في ابعاد النظام باكمله ينتج منها زيادة مماثلة في ابعاد المسار ، أي ان شكل المعادلة لن يتغير [6] .

إن حساب شكل الاقطاب للعدسة الكهروستاتيكية المغمورة اعتماداً على توزيع الجهد المحوري الذي يكون دالة الى قيمة الموقع والمحور البصري ويتم ذلك باستخدام المعادلة الاتية [7]:-

$$U(r,z) = U(z) - U''(z)\frac{r^2}{4} \text{ ----------(3)}$$

يتم حساب الخواص البصرية للعدسة بعد حل معادلة الشعاع المحوري ومعرفة توزيع الجهد المحوري ومشتقتيه الاولى والثانية.

ان التدفق الذي يسبب تشتت الاشعة المختلفة الى نقاط مختلفة يسمى الزيغ ففي المنظومات البصرية المثالية جميع الاشعة المنبعثة من نقطة في مستوي سطح الجسم سوف تتفرق الى النقطة نفسها في مستوى سطح الصورة مكونة صورة واضحة ، والزيوغ انواع عدة وان من اهم الزيوغ التي تؤثر في تصميم العدسات هما الزيغ الكروي والناتج من انحراف حزمة الاشعة عند وصولها العدسة بسبب الاختلاف في نقاط تبئير الالكترونات فالالكترونات الخارجية تبئر في نقاط اقرب للعدسة من الالكترونات المحورية والزيغ اللوني والناتج من اختلاف في نقاط تبئير الجسيمات ، اذ الجسيمات ذوات الطاقات العالية يكون تبئيرها ابعد عن العدسة من الجسيمات ذوات الطاقات الواطئة ،ولايجاد قيمة معاملي الزيغ الكروي Cs_o واللوني Cc_o للجسم استعملت المعادلات الاتية [9,8]:

$$Cs_{\mathrm{O}} = \frac{U^{-1/2}}{16 r_o'^4} \int_{zo}^{zi} \left\{ \left[\frac{5}{4}\left(\frac{U''(z)}{U(z)}\right)^2 + \frac{5}{24}\left(\frac{U'(z)}{U(z)}\right)^4 \right] r^4(z) + \frac{14}{3}\left(\frac{U'(z)}{U(z)}\right)^3 \times \right.$$

$$\left. r'(z) r^3(z) - \frac{3}{2}\left(\frac{U'(z)}{U(z)}\right)^2 r'^2(z) r^2(z) \right\} \mathrm{U}^{1/2}(z)\, \mathrm{dz} \quad \text{---------- (4)}$$

$$Cc_{\mathrm{O}} = \frac{U^{1/2}(z_o)}{r_o'^2} \int_{zo}^{zi} \left[\frac{1}{2}\frac{U'(z)}{U(z)} r'(z) r(z) + \frac{U''(z)}{4U(z)} r^2 \right] U^{-1/2}(z)\, dz \quad \text{----------(5)}$$

النتائج والمناقشة

حسب توزيع الجهد الكهروستاتيكي المحوري U(z) ومشتقته الاولى U'(z) [المجال الكهروستاتيكي] لعدسة مغمورة معجلة استناداً الى المعادلة رقم (1)، اذ ان الشكل (1) يوضح منحني توزيع الجهد المحوري لعدسة معجلة ،اذ يلاحظ ان توزيع الجهد المحوري يملك نقطة انقلاب واحدة عندما يصل المجال المحوري لاعظم قيمة وهذا يعني ان العدسة تتكون من اقطاب مختلفة الجهد ،اذ أن الجهد يكون اقل ما يمكن(صفر أو اقل) على القطب الاول وبعدها يزداد على القطب الثاني والثالث ولذلك يكون توزيع الجهد، يأخذ شكل حرف S وهذا يدل على ان العدسة التي تم تصميمها هي مغمورة وليست احادية الجهد.

من المعادلات (5,4) درست الخواص البصرية للعدسة المغمورة من معاملات زيوغ كروية ولونية ، اذ يبين الشكلان (2،3) معاملات الزيوغ الكروية واللونية نسبة للبعد البؤري وطول العدسة دالة لنسب الجهود المعجلة عند قيمة D=1000 volt ، اذ يبين الشكل انخفاض قيم الزيوغ الكروية بزيادة نسب الجهود المعجلة ،اذ يصل قيمة الزيغ الكروي نسبة الى البعد البؤري 0.23 عند نسبة الجهد 30 كما تصل قيمة Cc/f عند نسبة الجهد 30 الى 0.16

يوضح الشكلان (5,4) العلاقة بين معاملات الزيوغ الكروية واللونية نسبة الى البعد البؤري وطول العدسة L=10mm دالة لنسب الجهود المعجلة عند D=500V ، اذ نلاحظ من الشكلين انخفاض نسبة الزيوغ الكروية بزيادة نسب الجهود المعجلة بحيث تصل الى 0.38 عند نسبة الجهود 15 كما تصل Cc/f الى 0.235 عند نسبة الجهد نفسه وهذا يبين كفاءة العدسة التي تم تصميمها .

لقد استعمل برنامج SIMION 7 وهو من البرامج الحديثة المستعملة في مجال بصريات الجسيمات المشحونه وذلك لرسم اقطاب العدسات بشكل ثنائي وثلاثي الابعاد، اذ يوضح الشكلان (7,6) رسم اقطاب العدسة المغمورة بابعاد ثلاثية وثنائية للعدسة ثلاثية الاقطاب

الاستنتاجات

1- ان العامل المؤثر في تصميم العدسة المغمورة هو المجال الكهروستاتيكي الاعظم Emax في نقطة الانقلاب.
2-ان زيادة قيمة المجال الكهروستاتيكي تؤدي الى الحصول على قيم زيوغ اقل أي ان قيم الزيوغ تقل بزيادة Emax.
3-إن نسبة الجهود Vi/Vo تحدد الخواص البصرية للعدسة .
4-زيادة نسبة الجهد Vi/Vo يقل من قيمة الـ Cs/f بينما تزداد قيم Cc/f.

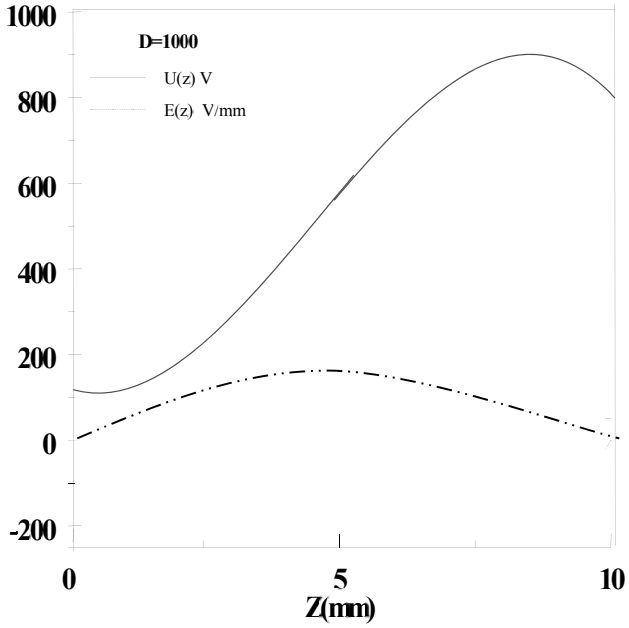
المصادر

1.Septier, A. (1980) applied charged particles optics, Part A, Academic pres : NewYork

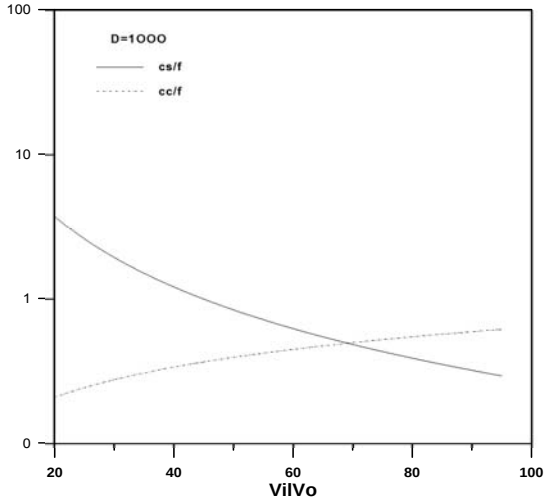
2.Smith, M. R. and Munro, E. (1987) Computer programs for designing multipole electron and ion optical systems, J.Vac. Sci. Technol, B5 , 161-164.
3.Fatin, A.J.AL-Mudarris (2001) computer-Aided-Design of an ion-optical transport and focusing system Ph.D.Thesis ,AL-Nharin University.
4.Muna, A. Al-Khashab,Abdullah E. Al- Abdullah (2013) ,The Effect of Bore Diameters in Two Electrodes Electrostatic immersion Lens Design"Raf. J. Sci., 24: (2)82-91.
5. Ahmad, A. K. (1993) Computerised investigation on the optimum design and properties of the electrostatic lens, Ph.D. Thesis, Nahreen University,Baghdad,Iraq.
6. Zhigarev,A.(1975) Electron Optics and electron-beam devices,. Mir publishers , Moscow
7. Baszkowski, B. (1968) Electron optics, Iliffe Book, London
8. Szilagyi, M. (1988), Electron and ion optics, pinum press, NewYork
9. Http://hyperphysics.physics.phyasr.gsu.edu/hlpace/ligcon.htm/hcl (2005) Eric : weissten's world of physics. Science world , wolfram.com/physics/spheaircal aberration.htm-13K.

جدول رقم (1): يبين خواص العدسة الكهروستاتيكيه المغمورة المعجلة ثلاثية الاقطاب تحت شرط التكبير الصفري ويبين تغيير معاملات الزيوغ المعيرة عند تغيير قيمة D لقيم نسب الجهود نفسها

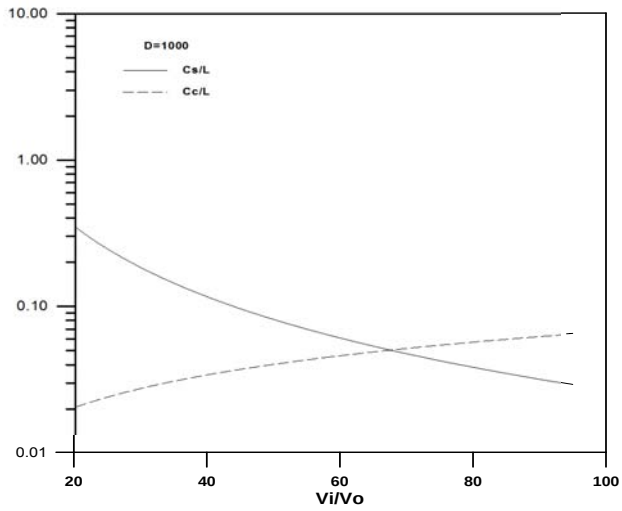
D=1000V		
Cc/f	**Cs/F**	**نسب الجهود**
0.16	**0.23**	**30**
D=500V		
0.63	**0.818**	**30**



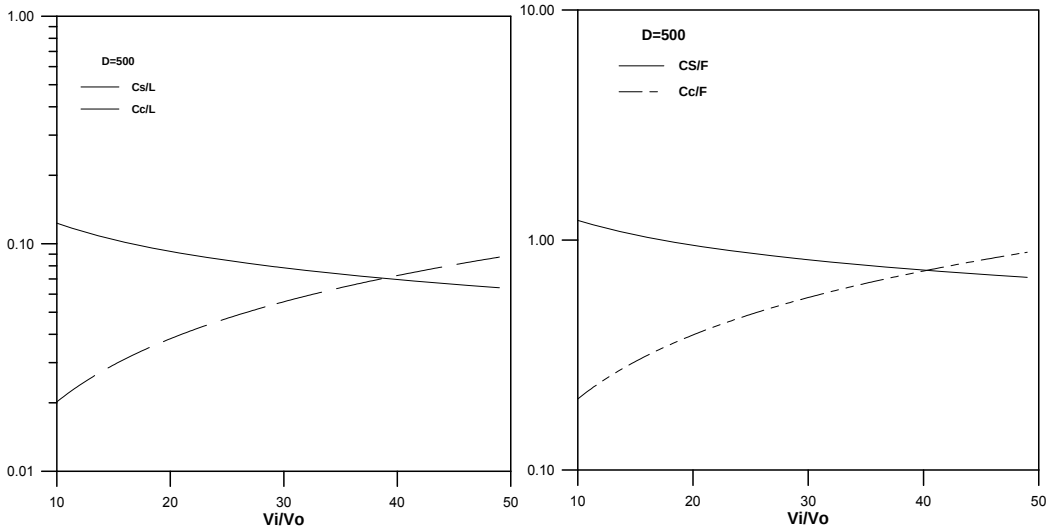
شكل رقم (1): يوضح توزيع الجهد الكهروستاتيكي المحوري U(z) ومشتقته الاولى E(z) لعدسة مغمورة معجلة



شكل رقم(2) :العلاقة بين الزيغ الكروي واللوني نسبة الى البعد البؤرى دالة لنسب الجهود

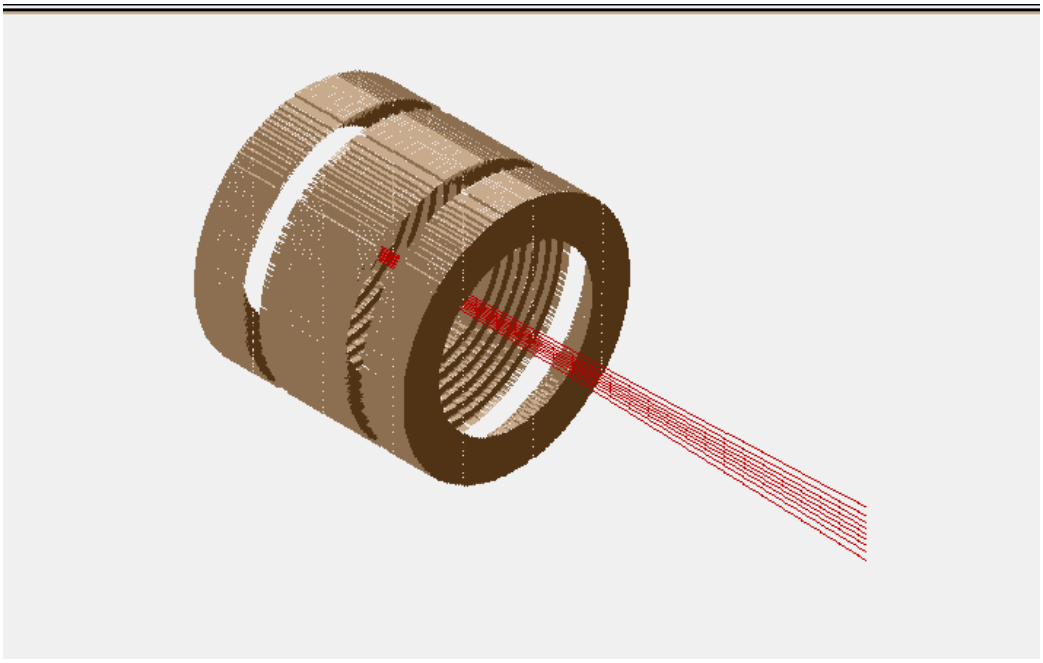


شكل رقم (3): العلاقة بين الزيغ الكروي واللوني نسبة الى طول العدسة دالة لنسب

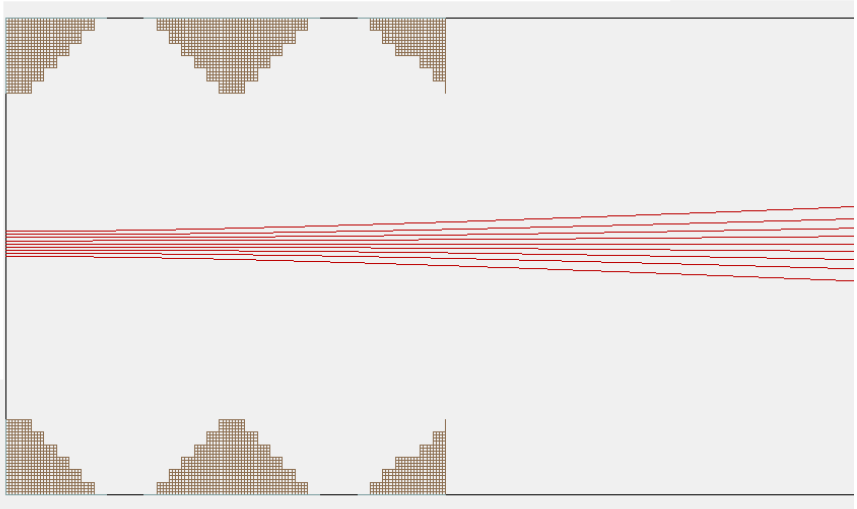


شكل رقم (5): العلاقة بين معامل الزيغ الكروي واللوني نسبة الى طول العدسة دالة لنسب الجهود المعجلة عند D=500 V

شكل رقم (4) :العلاقة بين معامل الزيغ الكروي واللوني نسبة الى البعد البؤري دالة لنسب الجهود المعجلة عند D=500 V



شكل رقم (6): يوضح رسم ثلاثي الابعاد لعدسة المغمورة ثلاثية الاقطاب باستخدام برنامج simion



شكل رقم (7): يوضح رسم ثنائي الابعاد للعدسة المغمورة كما يوضح مسار الجسيمات المشحونة

Design of Electrostatic immersion Lens Accelerating Operated Under Zero Magnification Conditions

Intehaa A. Mohmmed
Dept. of Physics/College of Education for pure Sciene (Ibn Al-Haitham) /University of Baghdad

Received in :17 November 2013Accepted in 18March2014

Abstract

Theoretical study computerized has been carried out in electron optics field, to design electrostatic immersion lens , the inverse problem is important method in the design of electrostatic lenses by suggesting an axial electrostatic potential distribution using polynomial function. The paraxial –ray equation is solved to obtain the trajectory particles that satisfy the suggested potential function.

In this research, designed immersed lens length L = 10mm operated under zero condition, as it was obtained the electrode shape of this lens solutions using the Laplace equation The results of the search showed low values of spherical and chromatic aberrations, which gives a good indication of the design of the lens.

It was also drawn the electrodes shape of the lens two-dimensional and three dimensions through the use of simulation software, known as (Simion7)

Keywords: electron optics, Electrostatic Lens, immersion lens, spherical aberrations, chromatic aberrations, simion 7