



جامعة الموصل

كلية العلوم

تصميم وتصنيع منظومة حرف وتبئير مغناطيسية للحزمة الالكترونية

مروة ثامر محمود حمودي الشماع

أطروحة دكتوراه

في

الفيزياء / فيزياء البصرات الإلكترونية

بإشراف

الأستاذ الدكتور منى عبد الكريم الخشاب

المستخلص

تُعد منظومة الحرف والتبئير من الأجزاء الرئيسة والمهمة في العديد من الأجهزة الإلكترونية، وتتكون هذه المنظومة من عدسة شبيئية مغناطيسية لتبئير الحزمة الإلكترونية لتوليد مجس الكتروني دقيق وملفات حَرف لتوجيه الحزمة الإلكترونية.

تم تصميم ودراسة نموذجين من العدسات المغناطيسية الشبيئية اللامتناظرة، النموذج الأول يسمى عدسة الثقب (Pinhole lens)، والآخر يسمى عدسة سنوركل (Snorkel lens). تمت المقارنة بين النموذجين باستخدام أحد برامج المحاكاة والمعروف باسم (EOD) (Electron Optical Design) والذي يستخدم طريقة العناصر المحددة، لتحليل كثافة الفيض المغناطيسي والخواص البصرية عند تهيج ثابت ($NI = 2000 \text{ A-t}$). تم دراسة النموذج الأمثل (عدسة سنوركل) والذي حقق أفضل الخواص المتوافقة مع أغراض البحث بالتفصيل، كتغيير الفجوة الهوائية فضلاً عن قطر الفتحة المحورية للقطب على الأداء البصري للعدسة المغناطيسية. يُستخدم هذا النوع من العدسات في المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) ذي الطاقات الواطئة، والتي تُحقق أدنى قيم لمعاملات الزيوغ عند مسافة شغل لمديات واسعة.

كما تم تصميم حارف مغناطيسي نوع السرج ودراسة تأثير المعلمات الهندسية على خواصه البصرية، وباستخدام البرنامج ذاته، إذ وجد أن لتغيير كلٍ من قطر الفتحة المحورية وطول الحارف تأثيراً كبيراً على خواصه البصرية وعلى مقدار الانحراف المغناطيسي، في حين كان تأثير تغيير سمك الحارف ضئيلاً جداً على تلك الخواص. كذلك تمت دراسة تأثير الزاوية النصفية للحارف ومقدار التهيج ووجد أن لهذين المعلمين تأثيراً مباشراً على مقدار الانحراف المغناطيسي فقط. وتم تصنيع حارف مغناطيسي نوع السرج بمواصفات هندسية فضلى ووضحت النتائج التي تم الحصول عليها وجود تشابه بين توزيع كثافة الفيض المغناطيسي المحوري (B_z) للحارف المغناطيسي المصمم نظرياً وعملياً.

كذلك تم تصميم منظومة حَرف وتبئير مغناطيسية للحزمة الإلكترونية وتتكون من العدسة الشبيئية المفضلة المسماة بعدسة سنوركل ومنظومة حَرف مغناطيسية بأبعاد هندسية تُلائم الحيز المُخصص لها في العدسة الشبيئية، (وتتألف منظومة الحَرف من حارفين مغناطيسيين نوع السرج، إذ يوضعان مع بعضهما على التوالي. وتم احتساب الخواص البصرية للمنظومة المصممة) وتبين أن تشغيل الحارفين بتهيجين مختلفين مقداراً واتجاهاً قد حقق نجاحاً بالتحكم في مسار الحزمة الإلكترونية على سطح العينة، ووجد أن هنالك قيمة مُثلى لنسبة تهيج الحارف العلوي الى تهيج الحارف السفلي عند ($E_R = 0.6$) وعند هذه النسبة حققت منظومة الحَرف والتبئير المغناطيسية على أفضل خواص بصرية متمثلة بمعاملات زيوغ واطئة. ولأجل اجراء عملية مسح العينة بالحزمة الالكترونية باتجاه محور معين يتم معايره منظومة الحرف بزواوية معينة والتي تتغير تبعاً لتصميم منظومة الحرف والتبئير والاتجاه المطلوب لعملية المسح.

Abstract

The deflecting and focusing system is one of the main and important parts of the many electron devices. This system consists of a magnetic lens to focusing the electron beam to generate a precise electron probe and deflecting coil to guide the electron beam.

Two models of asymmetrical magnetic objective lens geometries have been designed and studied. These two models are called Pinhole and Snorkel lenses. The comparison between these models was realized by the aid of simulation EOD program (Electron Optical Design), using the finite element method to analyze the magnetic flux density and optical properties at constant excitation ($NI= 2000 \text{ A-t}$). The optimal model (Snorkel Lens) gives the best characteristics that compatible with the research purposes in details, such as the changing of air gap and the axial polepiece bore diameter on the optical performance of the snorkel magnetic lens. This type of lens was used in low energies scanning electron microscope (SEM), which achieved the lowest values of the aberrations coefficient at long working distance.

In addition, the saddle magnetic deflector has been designed, and studied the effect of the geometrical parameters on the characteristics of the magnetic deflector by using the same program. It has been found that the variations of the axial bore diameter and length of deflector have a great effect on its properties as well as the amount of magnetic deflections. The effect of variation of the thickness of deflector very small. The effect of the half-angle of the deflector and its excitation was also studied and found that there is a direct effect on the value of a magnetic deflection only. The saddle magnetic was manufactured with better geometrical specifications and the results obtained showed a similarity between the distribution of axial magnetic flux density (B_z) for the deflector designed theoretically and practically.

The magnetic focusing deflecting system has been designed. It consists of the preferred objective magnetic lens called the Snorkel lens and a magnetic

deflecting system with geometrical dimensions suitable for the space located to it in the objective lens, (the deflecting system consists of two magnetic deflector, the type of saddle, where they are placed respectively one after the other). The optical properties of the designed system were calculated and it was found that the operation of the two deflector with excitation different values and direction was successful in controlling the beam path on the surface specimen and found that there is an optimal value of the upper deflector excitation to the lower deflector excitation at ($E_R = 0.6$), at this value the designed system obtained the better optical properties are represented by low aberrations coefficient. In order to scanned the sample by electron beam towards a specific axis we calibrate the deflecting system at a certain angle, which changes according to the deflecting and focusing design and direction required for the scan process.

University of Mosul

College of Science



Design and Fabrication of the Magnetic - Deflecting and Focusing System of the Electron Beam

Marwa Thamer Mahmood Hamoody Al-Shamma

Ph.D. Thesis

Physics/ Electron Optics Physics

Supervised by

Prof. Dr. Muna A. K. Al-Khashab