Ministry of Higher Education

and Scientific Research

University of Baghdad

Institute of Laser for Postgraduate Studies

Laser Produced Plasma Computations for Shorter Wavelength EUV Generation

A thesis submitted to the Institute of Laser for Postgraduate Studies /

University of Baghdad in Partial fulfillments for the requirements for the

degree of Doctorate of Philosophy in Laser Applications in Nuclear Engineering

By

Mahmoad Shakir Mahmoad

1433 AH
2012 AD

Abstract

In this work, the hydrodynamic properties of laser produced plasma (LPP) were investigated for the purpose of create a light source working at 13.5nm (in EUV region). Such a light source is very important for next generation lithography (NGL) semiconductor manufacturing.

Cowan simulation code was used to calculate the transitions between atomic configurations using the Hartree-Fock method. A steady-state time dependent plasma model is presented. This model was analyzed using a 1- dimensional hydrodynamic LPP code, the improved MEDUSA (Med103) code.

One of the features of the code Med103 is the ability to calculate the plasma hydrodynamic properties (velocity, electron density, ion density, pressure, electron temperature, ion temperature and average ionization Z*). Two different targets were considered in these calculations, Al (Z=13) and Sn (Z=50). Laser parameters were varied to get the optimum results and to study the plasma behavior with different parameters.

For examining the validity and reliability of the codes, the hydrodynamic properties of deuterium-tritium nuclear fusion plasma were also studied by using the med103 code while the Cowan code calculates the transitions between the hydrogen isotopes atomic configurations.

Using the three laser power densities (10^{12}, 10^{15} and 10^{18}W/cm^2) with a 10 ns pulse width for two laser wavelengths (800 nm and 1064 nm) give high ionization Z (27-48) for electron temperature from 160-10000 eV.

It wass also found that the laser pulse width of 10 fs for the same conditions is not suitable for lithography and using 800 nm and 1064 nm laser wavelengths for the same conditions give similar results.

]

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بغداد

معهد الليزر للدراسات العليا

حسابات البلازما المنتجة بالليزر لتوليد اقصر الاطوال الموجية في مدى الاشعة فوق البنفسجية البعيدة

رسالة مقدمة الى

معهد الليزر للدراسات العليا / جامعة بغداد وهي جزء من متطلبات نيل درجة الدكتوراه في تطبيقات الليزر / هندسة نووية

من قبل

محمود شاكر محمود

تحت اشراف

أ.د. خليل ابراهيم حاجم

أ.د. مازن مانوئيل الياس

١٤٣٣ ه

٢٠١٢ م

الخلاصة

في هذا العمل ,تم تحقيق الخصائص الهايدروداينميكية للبلازما المنتجة بالليزر لتوليد مصدر ضوئي عند الطول الموجي ١٣.٥ نانومتر (في المنطقة الفوق بنفسجية الشديدة) التي تكون مهمة جدا كمصدر ضوئي للجيل القادم للطباعة النقشية في صناعة اشباه الموصلات.

استخدم برنامج محاكاة (Cowan) لحساب الانتقالات بين التوزيعات الذرية بطريقة (Hartree-Fock) . تمت دراسة نموذج الحالة المستقرة للبلازما المعتمدة على الزمن. حلل هذا النموذج مستخدما برنامج حاسوبي للبلازما المنتجة بالليزر ببعد هايدروداينميكي واحد, برنامج (Med103) المطور.

احدى خصائص برنامج ميديوسا المطور (Medusa, MED103) هي قابليته لحساب صفات البلازما الهايدروداينميكية (السرعة, كثافة الالكترون, كثافة الايون, الضغط, درجة حرارة الالكترون, درجة حرارة الايون ومعدل الايونات). تمت دراسة عنصرين مختلفين في هذه الحسابات, الالمنيوم (Al, Z=13) والقصدير (Sn, Z=50) . استخدمت مختلف معلمات الليزر للحصول على افضل النتائج ودراسة سلوك البلازما مع مختلف المعلمات.

كذلك درست الصفات الهايدروداينميكية لبلازما الاندماج النووي ديتريوم-تريتيوم باستخدام برنامج ميديوسا الحاسوبي (Med103) في حين تم حساب الانتقالات بين مستويات الطاقة الذرية للهيدروجين عن طريق برنامج (Cowan).

تضمنت الحسابات استخدام ثلاث قيم لكثافة قدرة الليزر ($١٠^{١٢}$, $١٠^{١٥}$ و $١٠^{١٨}$ واط/ سم ^{٢}) مع عرض نبضة لنوعين من الليزر (٨٠٠ نانومتر و ١٠٦٤ نانومتر) يعطي تاين عالي بدرجة حرارة الالكترونات من ١٦٠ الى ١٠٠٠٠ الكترون فولت.

ان عرض نبضة الليزر ١٠ فمتو ثانية بنفس الشروط اعلاه غير ملائمة للنقش الطباعي (Lithography).

وجد ان استعمال نوعين من الليزر (٨٠٠ نانومتر و ١٠٦٤ نانومتر) بنفس الشروط يعطي نتائج متقاربة