تفسير نظري لديناميكية انتشار نبضات من أشعة الليزر في غاز الأرجون : دراسة تأثير الضغط

هيفاء محمد عبد الله العبدلي الغامدي

المستخلص

يقدم هذا البحث دراسة نظرية لظاهرة الانهيار المستحث بواسطة أشعة الليزر و تولد البلازما في الأرجون عند قيم مختلفة لضغط ا لغاز . تم الحصول على الانهيار باستخدام حزمة مجمعة من أشعة الليزر ذات شدة استضاءة عالية بطول موجي 532 nm و زمن نبضة 8.0 ns وطاقة عظمى تصل إلى 500 mJ لتشعيع غاز الأرجون على مدى من ضغط الغـــاز يتراوح م ـــا بيـــن (10-760) torr والتي تعـــادل من 0.013 إلى 1 ضغط جـــوي (Bindhu et al ,2003). لعمل ذلك طُبق نموذجا مطوراً للتدرج الإلكتروني (Gamal et al,1999) يعتمد على الحل العددي لمعادلة بولتزمان المتغيرة مع الزمن متلازماً مع مجموعة من معـــادلات المعدل التي تصف معدل تغير كثافة المستويات المثارة المتكونة.و بفرض أن شدة الاستضا ءة تأخذ شكلاً جاوسياً كدالة في الزمن فقط ،أعطت مقارنة قيم الحسابات لشدة الاستضاءة اللازمة للانهيار كدالة في ضغط الغ ـــاز و القيم المقاسة عملياً توافقاً جيداً على مدى ضغط الغاز . وهذا بالتالي أكّد صلاحية النموذج العددي لتفسير ظاهرة انهيار غاز الأرجون . بالإضافة إلى ذلك أوضحت دراسة تغير دالة توزيع طاقة الإلكترونات ومعاملاتها خلال زمن النبضة كدالة في ضغط الغاز الترابط بين العمليات الفيزيائية المسئولة عن انهيار الغاز وضغطه . كما أخذت الدراسة في الاعتبار تأثير عمليات كسب وفقد الإلكترونات عند القيم المختلفة لضغط الغاز .ولدراسة انتشار البلازما في الحجم البؤري اخذ النموذج في الاعتبار التغير الزمني والبعدي لشدة الاستضاءة في حيز التفاعل حيث أجريت الحسابات عند قيم مختلفة لطاقة أشعة الليزر لتوضيح العلاقة بين كثافة البلازما المتكونة و معدل امتصاصها للطاقة الساقطة وكذلك معدل انتشارها في الحجم البؤري كدالة في طاقة الليزر . أشارت نتائج هذه الدراسة إلى زيادة معدل انتشار البلازما في الحجم

البؤري بزيادة طاقة أشعة الليزر الساقطة ، حيث وُجد أنه عند طاقة ساقطة تصل إلى ثلاثة أمثال ونصف من قيمة الطاقة اللازمة للانهيار فإن البلازما المتكونة تنتشر لتغطي طول رايلي في اتجاه حزمة الليزر . من جهة أخرى أوضحت دراسة تأثير ضغط الغاز على انتشار البلازما في الحجم البؤري لقيم من ضغط الغاز تساوي 1، 10 ،100 ضغط جوي أن أكثر معدل انتشار للبلازما يقع عند الضغوط المتوسطة .

Theoretical investigation of laser pulses propagation dynamic in argon gas : Pressure effect study

By(Haifa Mohammed Abdullah AL-Ghamdi)

Abstract

This research presents a theoretical study of the phenomenon of laser induced breakdown and plasma generation in argon at different values of the gas pressure .The breakdown is obtained using a focused high intensity laser beam of wavelength 532 nm , pulse duration 8 ns and maximum energy 500 mJ , to irradiate the argon gas over a pressure range varies between 10-760 torr, which is equivalent to 0.013-1.0 atm (Bindhu et al ; 2003). In doing so a modified electron cascade model (Gamal et al , 1999) in applied which depends on the numerical solution of the time dependent Boltzmann equation simultaneously with a set of rate equations that describe the rate of change of the formed excited states density. Assuming the intensity has a Gaussian shape that varies only in time, comparison of the calculated threshold intensity as a function of the gas pressure and the experimentally measured ones showed good agreement over the whole pressure range. This in turn validate the numerical model in investigating the breakdown phenomenon of argon. In addition the study of the variation of the electron energy distribution function(EEDF) and its parameters during the laser pulse as a function of the gas pressure demonstrated the correlation between the physical processes responsible for the gas breakdown and the gas pressure. The study takes also into account the effect of electron gain and loss processes at the different gas pressure

values. To study the plasma propagation in the focal volume the model considered the temporal and spatial variation of the laser intensity in the focal volume, where the calculations are carried out at different values of the laser energy to clarify the relation between the density of the formed plasma and its rate of absorption for the input energy as well as its propagation rate in the focal volume as a function of the laser energy. The result of this study illustrated the increase rate of plasma propagation by increasing the input energy, where it is found that at input energy equals three and half time its threshold energy value ,the plasma propagates to cover the whole Rayleigh range in the backward direction. On the other hand, the study of the effect of gas pressure on the plasma propagation in the focal volume for gas pressure of 1.0, 10.0 and 100.0 atm showed that the most interesting propagation of the plasma occurs at the intermediate region of the gas pressure.