دراسة نظرية عن الآليات فائقة السرعة المصاحبة لانهيار الماء المستحث بواسطة نبضات قصيرة من أشعة الليزر

إعداد

ليلى حسين علي جعبور

المستخلص

في هذا البحث أجريت دراسة نظرية عن ظاهرة انهيار الماء المستحث بواسطة نبضات متناهية القصر من أشعة الليزر والآليات الميكانيكية المصاحبة لها . لعمل ذلك تم أ تطبيق نموذجين يطلق عليهما نموذج الانهيار الكلاسيكي ونموذج الانهيار المتحرك . ويأخذ النم وذج الأول في الاعتبار فقط التغير الزمني لشدة استضاءة أشعة الليزر في الحجم البؤري ، بينما يأخذ النموذج الثاني كل من التغير الزمني والموضعي لها. أجريت الحسابات تحت الشروط المعملية المعطاة بواسطة نواك وفوجل (Noack and Vogel ,1999) لتحديد شدة الاستضاءة اللازم ة لانهيار الماء و تكون البلازما تحت تأثير أشعة ليزر بـأطوال موجية مختلفة (532 nm ، 800nm و 1064 nm) عند مدى واسع من أزمنة النبضة يتراوح ما بين 10 fs إلى 10 ns . وأوضحت نتائج الحسابات توافقاً مناسباً بين القيم المحسوبة لشدة الاستضاءة اللازمة لتكو ن البلازما وتلك المقاسة عملياً . بالإضافة إلى ذلك تم مقارنة هذه النتائج التي تم الحصول عليها بواسطة هذين النموذجين لدراسة تأثير معاملات أشعة الليزر على شكل البلازما المتكونة ، والدور الذي تلعبه عمليات الفقد و كذلك التغير الموضعي و الزمني لكثافة الإلكترونات خلال فترة التشعيع في الحجم البؤري .

ومن جهة أخرى أجريت الحسابات لدراسة تأثير انتشار النبضة في الحجم البؤري عند استخدام مصدر ليزر الفيمتو ثانية . تم ذلك بتطبيق نموذج انهيار الفيمتو ثانية الذي أعطي بواسطة فان ومجموعته (Fan et al,2001) لتفسير القياسات المعملية التي أجريت بواسطة فوجل ومجموعته (Vogel et al ,1999) لتحديد شدة الاستضاءة اللازمة لانهيار الماء بطول موجي 580 nm وأزمنة نبضة 100 fs و 300 fs. وتم الحصول على توافقاً مناسباً بين القيم المحسوبة وتلك المقاسة لكل طول نبضة . بالإضافة إلى ذلك أوضحت نتائج الحسابات تأثير طول النبضة وبتالي طول انتشارها على التغير الزمني لكثافة الإلكترونات وكذلك التوزيع البعدي لكل من شدة استضاءة أشعة الليزر وشكل البلازما المتكونة في الحجم البؤري .

واستكمالاً لهذه الدراسة أجريت الحسابات لتعين ديناميكية الفقاع ة المجوفة والموجة التصادمية المتكونة في بلازما الم اء بواسطة نبضات لأشعة الليزر بقيم 40 fs و 170ps بطول موجي 800 nm تحت ا لشروط المعملية التي أ عطيت بواسطة القمحاوي (El kamhwy ,2006) . بالإضافة إلى ذلك تم دراسة تأثير طول النبضة على حجب البلازما كأحد المعاملات الهامة التي تلعب دوراً رئيسياً في التطبيقات الطبية مثل الجراحات الميكروسكوبية في طب العين .

Theoretical Study on The Ultra Fast Mechanisms Associated with the Break Down of Water Induced by Short Pulses of Laser Radiation

By

Layla .H.A.Jaabour

ABSTRACT

In the present work a theoretical study is carried out on the phenomenon of water breakdown induced by ultra short pulses of laser radiation as well as the associated mechanical mechanisms. In doing so, we applied two models namely; the classical breakdown model and the moving breakdown model . The first one takes into account only the temporal variation of the laser intensity in the focal volume, while the second model consider its the influence of both the temporal and spatial variations . Computations are performed under the experimental conditions given by Noack and Vogel (1999) to determine the threshold intensity of water breakdown plasma formation under the influence of different laser wavelengths (532 nm, 800 nm, 1064 nm) with a wide range of pulse duration varies from 10 fs to 10 ns .The results of calculations showed a reasonable agreement between the calculated threshold intensities and the experimentally measured ones. Moreover, a comparison is under taken for the obtained results using these Tow models to study the effect of the laser parameters on the shape of the formed plasma, the role played by the loss processes and the temporal and spatial variation of the electron density during laser irradiation in the focal volume .

On the other hand, Calculations are carried out to study the effect of the propagation of laser pulse in the focal volume using a femto second laser source . This was done by applying a femto second breakdown model given by Fan et al. 2001 to interpret the experimental measurements which carried out by Vogel et al (1999) for the determination of the threshold intensity of water breakdown at laser wavelength 580 nm and pulse durations 100 fs and 300 fs .A reasonable agreement is obtained between the calculated thresholds and the measured ones for each pulse duration . In addition, the result of computations clarified also, the effect of pulse length and in turn its propagation length on the temporal variation of the electron density as well as the spatial distribution of both laser intensity and shape of the formed plasma in the focal volume.

For completeness of this study, computations are carried out to determine the dynamics of cavity bubble and shock wave generation in water plasma by 40 fs and 170 ps laser pulses of wavelength 800 nm under the experimental conditions given by El kamhwy (2006).In addition, a study is performed on the effect of pulse length on the plasma shielding since it is one of the important parameters which plays a principal role for laser medical application (i.e) microsurgery in ophthalmology.