© Балакин А.А., Скобелев С.А., Фрайман Г.М., 2019, Океанологические исследования, 2019, Том 47, № 1, С. 18–20

УДК 533.951 DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(1).4

ПЛАЗМА ИЗ КЛИНОВИДНОЙ СТРУИ ГАЗА ДЛЯ РАМАНОВСКОЙ КОМПРЕССИИ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Балакин А.А., Скобелев С.А., Фрайман Г.М.

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, БОКС - 120, ул. Ульянова, 46
603950, Россия, e-mail: balakin@appl.sci-nnov.ru
Статья поступила в редакцию 25.12.2018, одобрена к печати 30.01.2019

В прозрачной плазме обсуждаются два процесса укорочения интенсивного лазерного импульса: при возбуждении кильватерной волны (Balakin et. al., 2013) и в результате обратного рамановского рассеяния (Malkin et. al., 1999). Изучение возможности усиления и компрессии сверхкоротких (вплоть до нескольких периодов поля) лазерных импульсов в плазме на основе процесса стимулированного обратного рамановского рассеяния является актуальной задачей, направленной на создание сверхмощных лазерных систем следующего поколения, генерирующих сверхкороткие петаваттные и экзаваттные импульсы электромагнитного излучения. Однако существует ряд негативных физических процессов, которые могут ограничить эффективность рамановского усиления. Большинство этих негативных процессов были изучены, а также были предложены способы их нейтрализации. Среди наиболее опасных следует отметить нелинейный сдвиг частоты вблизи порога опрокидывания плазменной волны (Balakin et. al., 2018).

Использование сильно неоднородной плазмы, получаемой при ионизации струи газа, дает значительный градиент плотности вдоль струи. Соответственно, в такой плазме возможна компенсация излишне большой частотной модуляции накачки за счет использования неоднородности плотности вдоль газовой струи. При этом рамановская компрессия происходит без существенной потери энергетической эффективности.

Использование сопла для струи газа в виде длинной щели позволяет создать длинную и однородную в одном из направлений плазму, имеющую клиновидную форму. Предсказана возможность получения высокоэнергичного выходного сигнала при использовании широко-апертурных лазерных импульсов в клиновидной плазме. Предложены оптимальные параметры газовой струи и лазерных импульсов для обеспечения высокой эффективности и фокусируемости, близкой к идеальному случаю.

Исследования выполнены при поддержке РНФ (проект №17-72-20111).

Ключевые слова: рамановская компрессия, неоднородная плазма, плазма струи газа, высокоэнергичные лазерные импульсы, частотно-модулированные импульсы

Литература

Balakin A.A., Litvak A.G., Mironov V.A., Skobelev S.A. Compression of femtosecond petawatt laser pulses in a plasma under the conditions of wake-wave excitation // Phys. Rev. A. 2013. Vol. 88. P. 023836.

Balakin A.A., Fraiman G.M., Jia Q., Fisch N.J. Influence of nonlinear detuning at plasma wavebreaking threshold on backward Raman compression of non-relativistic laser pulses // Phys. Plasmas. 2018. Vol. 25. P. 063106.

Malkin V.M., Shvets G., and Fisch N.J. Fast compression of laser beams to highly overcritical powers // Phys. Rev. Lett. 1999. Vol. 82. P. 4448.

WEDGE-SHAPED JET PLASMA FOR RAMAN COMPRESSION OF LASER PULSES

Balakin A.A., Skobelev S.A., Fraiman G.M.

Institute of Applied Physics RAS, Nizhniy Novgorod, 603950, Russia
e-mail: balakin@appl.sci-nnov.ru
Submitted 25.12.2018, accepted 30.01.2019

Two processes of shortening an intense laser pulse are discussed in a transparent plasma: self-compression at wake wave excitation (Balakin et. al, 2013) and at stimulated Raman backscattering (Malkin et. al, 1999). Studying the possibility of amplification and compression of ultrashort (up to several field periods) laser pulses in a plasma based on the process of stimulated Raman backscattering is an important task aimed at creating next-generation super-power laser systems that generate ultrashort petawatt and exawatt laser pulses. However, there is a number of negative physical processes that may limit the effectiveness of Raman amplification. Most of these negative processes have been studied and ways are suggested to neutralize them. Among the most dangerous is the nonlinear frequency shift near the threshold for the overturning of the plasma wave (Balakin et. al, 2018).

The use of a highly inhomogeneous jet plasma gives a significant density gradient along the jet. Accordingly, it is possible to compensate an excessively large frequency modulation of the pump due to the use of density inhomogeneity along the gas jet. In this case, Raman compression occurs without a significant loss of energy efficiency.

Using a nozzle for a gas jet in the form of a long slit allows one create a long and uniform plasma in one of the directions having a wedge shape. The possibility of obtaining a high-energy output signal using wide-aperture laser pulses in a wedge-shaped plasma is predicted. Optimal parameters of the gas jet and laser pulses are proposed to ensure high efficiency and focusability, close to the ideal case.

This research was supported by the Russian Science Foundation (Project 17-72-20111).

Keywords: Raman compression, inhomogeneous plasma, jet plasma, high-energy laser pulses, pulse chirping

References

Balakin A.A., Litvak A.G., Mironov V.A., and Skobelev S.A. Compression of femtosecond petawatt laser pulses in a plasma under the conditions of wake-wave excitation. *Phys. Rev. A*., 2013, Vol. 88, pp. 023836.

Balakin A.A., Fraiman G.M., Jia Q., and Fisch N.J. Influence of nonlinear detuning at plasma wavebreaking threshold on backward Raman compression of non-relativistic laser pulses. *Phys. Plasmas.,* 2018, Vol. 25, pp. 063106.

Malkin V.M., Shvets G., and Fisch N.J. Fast compression of laser beams to highly overcritical powers. *Phys. Rev. Let.,* 1999, Vol. 82, pp. 4448.