

ГЕНЕРАЦИЯ ТЕРМОЯДЕРНЫХ НЕЙТРОНОВ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА КОНИЧЕСКИЕ МИШЕНИ

*В.И.Вовченко, А.С.Гончаров, Ю.С.Касьянов,
О.В.Козлов, И.К.Красюк, А.А.Малютин,
М.Г.Пастухов, П.П.Пашинин, А.М.Прохоров*

При воздействии лазерного излучения с интенсивностью 10^{11} *вт/см²* на коническую мишень, заполненную дейтерием, зарегистрирован нейтронный выход $3 \cdot 10^4$ нейтронов.

Успешные опыты по сжатию и нагреву релятивистским электронным пучком дейтериевой плазмы внутри конической мишени [1] побудило нас выяснить возможность инициирования термоядерной реакции в такой мишени с помощью лазерного излучения. Интерес к коническим мишеням, в которых элемент выпуклой сферической оболочки – поршня вгоняется внутрь конической полости, выдавленной в тяжелом материале и заполненной газообразным горючим, вызван тем, что они, по-видимому, позволяют моделировать сферическое сжатие при эквивалентной энергии воздействия в $4\pi/\Omega$ раз, превышающей действующую (Ω – телесный угол конуса).

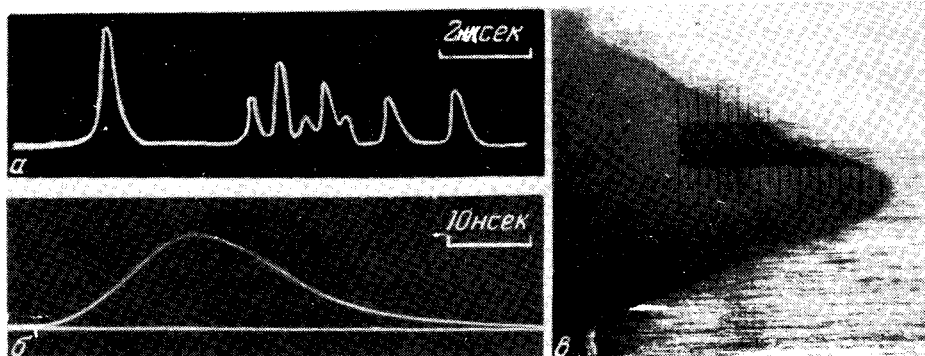
В экспериментах была использована лазерная установка на неодимовом стекле с энергией излучения до 30 *дж* при длительности импульса 5 *нсек* и 80 *дж* при 25 *нсек*. Опыты проводились с мишенями, выдавленными в свинце, закрытыми лавсановой оболочкой толщиной 5 *мм* с радиусом кривизны, равным 1,7 *мм* при такой же величине образующей конуса. Угол при вершине конуса составлял величину 53°. Излучение фокусировалось на мишень в вакууме линзой с $f = 30$ *см*. Диаметр лазерного пучка на линзе был равен 5 *см*. Фокус линзы находился за оболочкой мишени на расстоянии 9 *мм*.

Для регистрации нейтронов использовался сцинтилляционный детектор, состоящий из пластмассового блока размером 50 × 50 × 12 *см³* и двух фотоумножителей ФЭУ-49Б, защищенных стальным кожухом. Время жизни тепловых нейтронов в замедлителе детектора 200 *мксек*, эффективность детектора 0,01, фон – 8 импульсов за 400 *мксек*. Детектор располагается за мишенью на расстоянии 40 *см*. Мишень и детектор были разделены слоем из свинца, латуни, стекла и стали общей толщиной 12 *см*.

Наибольший нейтронный выход, равный $(2,6 \pm 0,2) \cdot 10^4$ нейтронов, был зарегистрирован при воздействии на мишень, наполненную D_2 при давлении 1 *атм*, лазерным излучением с энергией 70 *дж* и длительностью 25 *нсек*. Начальный участок осциллограммы сигнала с нейтронного детектора показан на рис. 1,а. В этих опытах передний фронт лазерного импульса укорачивался с помощью алюминиевой пленки на лавсане [2] (рис. 1,б). В результате воздействия вершина конуса приобретала округлую форму с характерным размером 200 *мм* (рис. 1,в).

Величина наблюдаемого нейтронного выхода не позволила провести подробное количественное исследование влияния различных условий

опыта. Было установлено только, что сокращение длительности лазерного импульса до 5 нсек при уменьшении полной энергии до 30 дж приводило к практически полному исчезновению нейтронов.



a – Осциллограмма сигнала с нейтронного детектора, *б* – осциллограмма лазерного импульса, *в* – срез конической полости после облучения мишени; цена деления шкалы 10 мкм

Из полученных данных можно оценить долю лазерной энергии, преобразуемой во внутреннюю энергию плазмы. Выражение для нейтронного выхода есть $N = 0,5 n_D^2 \epsilon < \sigma v > \tau V_0$, где n_D , V_0 – начальная плотность и объем термоядерного горючего, τ – время протекания реакции. По данным опыта степень сжатия ϵ может лежать в пределах $10^2 \lesssim \epsilon \lesssim 10^3$. Из известной зависимости $< \sigma v >$ от T_i [3], получаем, что ионная температура должна быть $200 < T_i < 300$ эв и слабо зависит от величин ϵ и τ . Для нагрева всей массы D_2 до таких температур требуется (5 – 8) джоулей энергии.

Проведенная оценка показывает, что в энергию сжатой плазмы должно преобразовываться (8 – 14)% энергии лазерного излучения. Для сравнения отметим, что при симметричном сжатии микросфер лазерным излучением с энергией 60 дж и длительностью 200 нсек соответствующий коэффициент преобразования составляет всего 0,1% [4]. Отчасти различие коэффициентов преобразования может быть обусловлено значительным снижением потерь, связанных с отражением и рефракцией при нагреве конических мишеней при малых световых потоках.

Наблюдаемое нами уменьшение нейтронного выхода при сокращении длительности лазерного импульса связано, по-видимому, с уменьшением количества испаренного вещества поршня и соответствующим снижением гидродинамического КПД.

Таким образом, результаты опытов показывают, что воздействие на относительно крупномасштабные конические мишени лазерного излучения умеренной интенсивности ($\sim 10^{11}$ вт/см²) приводит к доста-

точно эффективному инициированию термоядерной реакции. Для понимания происходящих при этом процессов гидродинамики сжатия, нагрева, теплопроводности и т. д. необходимы дальнейшие экспериментальные и теоретические исследования.

Авторы благодарят Н.В.Клюквина, А.П.Любина и А.П.Шевелько, способствовавших выполнению настоящей работы.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
5 октября 1977 г.

Литература

- [1] С.Л.Боголюбский, Б.П.Герасимов, В.И.Ликсонов, А.П.Михайлов, Ю.П.Попов, Л.И.Рудаков, А.А.Самарский, В.П.Смирнов. Письма в ЖЭТФ, 24, 206, 1976.
 - [2] М.П.Ванюков, В.И.Исаенко, П.П.Пашинин, В.А.Серебряков, В.Н.Сизов, А.Д.Стариков. Квантовая электроника, №1, 35, 1971.
 - [3] Л.А.Арцимович. Управляемые термоядерные реакции. М., 1963.
 - [4] Т.М.Henderson, R.R.Jhonson. Appl. Phys. Lett., 31, 18, 1977.
-