

04; 07; 12

© 1990

ФОКУСИРОВКА И ТРАНСПОРТИРОВКА
РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
ОТ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫО.Б. А н а н ь и н, Ю.А. Б ы к о в с к и й,
А.А. Ж у р а в л е в, В.Ю. З н а м е н с к и й,
В.Л. К а н ц ы р е в, С.П. Ф р о л о в

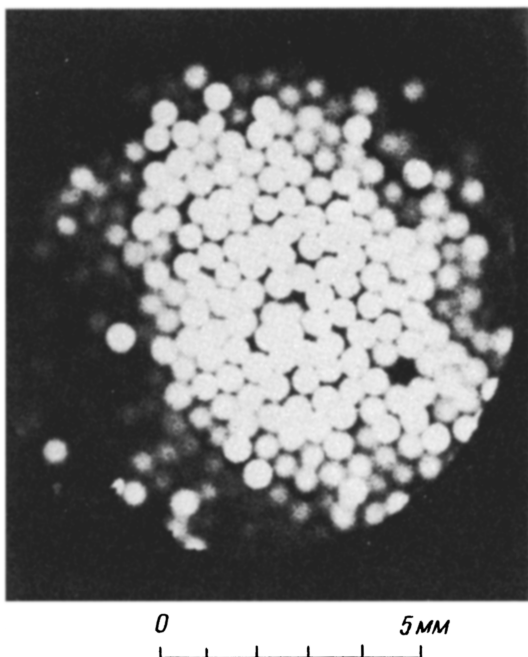
Вопросы формирования потоков интенсивного мягкого рентгеновского излучения (МРИ) и вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) излучения имеют большое значение для ряда как фундаментальных, так и прикладных задач (рентгенолитография, резонаторы ВУФ лазеров, материаловедение, ряд медико-биологических проблем и т.д.).

Известен целый ряд элементов рентгеновской оптики, использующих для формирования потоков рентгеновского излучения эффект полного внешнего отражения (ПВО). Этот эффект связан с тем, что показатель преломления вещества в рентгеновском и ВУФ диапазоне немного меньше единицы. В частности, эффект ПВО приводит к возможности создания рентгеновских волноводов, что впервые предложено, по-видимому, в [1]. Распространение рентгеновского излучения по волноводам ПВО исследовалось в ряде работ [2-4].

В данной работе разработано и испытано устройство для концентрации энергии МРИ и ВУФ излучения от точечного источника с широким спектром МРИ и ВУФ излучения [5]. Устройство представляет собой пакет рентгеновских волноводов (≈ 400 шт.), аналогичное описанному в [2]. В качестве волноводов использованы полые стеклянные капилляры с внутренним диаметром 0.4 мм и толщиной стенки 0.1 мм. Описываемое устройство (концентратор) позволяет собирать излучение из телесного угла $\sim 2 \cdot 10^{-2}$ ср и концентрировать его в малой области размером $\sim 1 \text{ мм}^2$ на расстоянии 0.5 м от источника. Точка расположения источника МРИ и область концентрации находятся на оптической оси концентратора и отстоят от входного и выходного окна концентратора на расстоянии 50 мм соответственно.

Концентратор исследовался совместно с источником импульсного рентгеновского излучения от лазерной плазмы, которая одновременно является источником интенсивных потоков ионов и нейтральных частиц.

Плазма создавалась излучением Nd -лазера (15 Дж, 10 нс) на поверхности плоской мишени. Плотности потока излучения на поверхности мишени составляла $\sim 10^{13}$ Вт/см². При использовании меди в качестве материала мишени полная энергия, излучаемая



0 5 мм

Рис. 1. Структура излучения вблизи выходного окна концентратора.

источником МРИ в спектральном диапазоне $8-18 \text{ \AA}$ составляла $0,8-1 \text{ Дж}$, т.е. коэффициент конверсии составлял $\sim 5-6\%$.

Достоинствами такого источника МРИ, делающими его особенно удобным при совместном использовании с концентратором, являются малый размер излучающей области ($\sim 100 \text{ мкм}$) и ее высокая пространственная стабильность. Кроме того, источник обладает широким спектром с максимумом, лежащим в диапазоне нескольких десятков ангстрем, где рентгеновские волноводы работают наиболее эффективно.

Вся система, включающая лазерную мишень и концентратор, помещалась в вакуумном объеме и откачивалась до давления $\sim 10^{-2} \text{ Тор}$, что позволяло избежать оптического пробоя и поглощения МРИ.

Входное окно концентратора закрывалось лавсановым фильтром толщиной 3 мкм .

С помощью фотопленки УФШ - С регистрировалось пространственное распределение излучения на различных расстояниях от выходного окна концентратора (рис. 1, 2). На рис. 1 видна ячеистая структура МРИ, связанная с конструкцией концентратора. На рис. 2 видно, что минимальные размеры области концентрации составляют $\sim 2 \text{ мм}$.



Рис. 2. Структура излучения в области максимальной концентрации.

Энергия МРИ на выходе концентратора измерялась при помощи термопарного калориметра. Измерения показали, что коэффициент пропускания концентратора (т.е. отношение энергии МРИ на выходе к энергии, попадающей на вход концентратора) составляет (2–3)%, что находится в хорошем согласии с теоретическими оценками. С учетом светосилы концентратора ($\sim 2 \cdot 10^{-2}$ ср) и внутренних потерь коэффициент использования МРИ от такого точечного источника, как лазерная плазма, составляет $\sim 10^{-5}$. Обнаружено, что при наших параметрах лазерно-плазменного источника МРИ (см. выше) плотность потока энергии МРИ в области концентрации составляет $\sim 10^5$ Вт/см². Учитывая, что коэффициент конверсии при плотности потока лазерного излучения $\sim 10^{14}$ Вт/см² может достигать десятков процентов, плотность потока „чистого“ МРИ в области концентрации может достигать $\sim 10^7$ Вт/см².

Таким образом, показано, что устройства на основе эффекта ПВО могут успешно применяться для транспортировки МРИ и концентрации энергии МРИ совместно с лазерно-плазменным источником МРИ. При этом удастся получить высокую плотность потока „чистого“ МРИ на значительных (несколько десятков см) расстояниях от источника.

Авторы выражают благодарность Т.И. Коротковой и О.В. Сагаповской за помощь в изготовлении концентратора.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] P o u n d R.V., R e b k a G.A. // Phys. Rev. Lett. 1959. V. 3. N 9. P. 766-774.
- [2] А р к а д ь е в В.А., К о л о м и й ц е в А.И., К у м а х о в М.А., Л а б у з о в В.В., П о н о м а р е в И.Ю., Х о д е е в И.А., Ч е р т о в Ю.П., Ш а х п а р о н о в И.М. // П и с ь м а в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 2. С. 97-98.
- [3] M o s h e r D., S t e r p h a n a k i s S. // Appl. Phys. Lett. 1976. V. 29. N 2. P. 105-107.
- [4] А н а н ь и н О.Б., Б ы к о в с к и й Ю.А., З в е р ь к о в А.К., Ф р о н д з е й И.Я. // К в а н т о в а я э л е к т р о н и к а. 1987. Т.14. № 3. С. 617-618.
- [5] А н а н ь и н О.Б., Б ы к о в с к и й Ю.А., Ж у р а в л е в А.А., З н а м е н с к и й В.Ю. Тез. докл. 11 Всес. семинара „Физика быстропротекающих плазменных процессов“, 1989, г. Гродно.

Московский инженерно-физический институт

Поступило в Редакцию
14 ноября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 2

26 января 1990 г.

06.2; 06.3; 07

© 1990

ИНЖЕКЦИОННЫЕ ГЕТЕРОЛАЗЕРЫ С РОС В СИСТЕМЕ $InGaAsSb/GaSb$

В.И. В а с и л ь е в, Н.Д. И л ь и н с к а я,
Д.В. К у к с е н к о в, В.И. К у ч и н с к и й,
В.А. М и ш у р н ы й, В.В. С а з о н о в,
В.В. С м и р н и ц к и й, Н.Н. Ф а л е е в

Настоящая работа продолжает исследования, направленные на создание одночастотных лазеров для спектрального диапазона 1.7-3.5 мкм, начатые в [1].

В работе [1] сообщалось о создании лазеров с распределенной обратной связью (РОС) на основе одиночных гетероструктур $GaSb-InGaAsSb$ при оптической накачке. Целью данной работы являлось получение и исследование инжекционных гетеролазеров с РОС на основе двойной гетероструктуры $GaSb-InGaAsSb-GaSb$.

Изготовление гетеролазерных структур осуществлялось в два этапа. На первом этапе на подложке $p-GaSb$ (100) последователь-