

Письма в ЖЭТФ, том 15, вып. 4, стр. 191 – 194 20 февраля 1972 г.

**СВЕРХУШИРЕНИЕ СПЕКТРА УЛЬТРАКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ
В ЖИДКОСТЯХ И СТЕКЛАХ**

*Н. Н. Ильичев, В. В. Коробкин, В. А. Коршунов,
А. А. Малютин, Т. Г. Окроашвили, П. П. Пашинин*

При исследовании самофокусировки наносекундных световых импульсов в жидкостях целый ряд авторов наблюдали спектральное уширение излучения, простирающееся на сотни см^{-1} [1, 2]. Применение

пикосекундных импульсов, генерируемых лазерами с самосинхронизацией мод, позволило наблюдать уширения на порядок бóльшей величины [3, 4]. Подобное уширение спектра наблюдалось при исследовании самофокусировки излучения неодимового лазера пока преимущественно в стеклах и кристаллах [4] и не наблюдалось при тех же интенсивностях в жидкостях. Нами были проведены эксперименты, показавшие, что сверхуширение спектра пикосекундных импульсов при достаточно высоких мощностях излучения может наблюдаться практически в любом прозрачном диэлектрике.

В экспериментах использовался неодимовый лазер с самосинхронизацией мод и два каскада усилителей (длина активных элементов ~ 300 мм), что позволяло иметь излучение с полной энергией, равной $0,1 - 0,2$ Дж в цуге из $10 - 15$ ультракоротких импульсов. Для увеличения интенсивности на входе в исследуемую среду использовалась обратная телескопическая система, на выходе из которой диаметр лазерного луча равнялся ~ 1 мм¹⁾. Для наблюдения уширения спектра использовались спектрографы типа ИСП-51 и СТЭ-1. Регистрация производилась интегрально за весь гигантский импульс в видимой области спектра. Использовались жидкости с самыми разными типами молекул и оптическими свойствами: сероуглерод, нитробензол, бензол, толуол, изопропиловый спирт, четыреххлористый углерод, вода и жидкий азот. Так как порог возникновения сверхуширения спектра в стеклах относительно невелик, то это явление постоянно наблюдалось также в усилительных лазерных каскадах, а иногда и в самом задающем генераторе лазера. Поэтому перед кюветами нами устанавливался фильтр ИКС-2, который позволял отделить излучение, обусловленное сверхуширением в лазерных усилителях, от излучения, возникавшего в жидкостях. На выходе из кювет использовался набор фильтров СЗС-14, ослаблявший прошедшее через жидкости лазерное излучение.

Сверхуширение спектра ультракоротких световых импульсов было обнаружено во всех указанных выше веществах за исключением CS_2 и нитробензола. В последних возникал сильный пробой, подобно тому, как это наблюдалось для наносекундных импульсов [5]. Увеличение мощности приводило только к смещению искр к входному окну кюветы.

Максимальный по интенсивности и величине уширения спектра эффект наблюдался в воде, изопропиловом спирте и CCl_4 . Для этих жидкостей спектр простирался в коротковолновую область до $\lambda \approx 3800 \text{ \AA}$. Наблюдение более коротковолнового излучения было невозможно из-за поглощения в фильтрах СЗС-14.

В жидком азоте и бензоле уширенный спектр был значительно менее интенсивным. Спектр в основном наблюдался непрерывный, хотя в некоторых случаях в ограниченных спектральных областях была обнаружена почти периодическая модуляция. Поляризация в видимой области

¹⁾ Сверхуширение спектра нами наблюдалось также в сходящихся пучках (при фокусировке излучения лазера линзами с фокусными расстояниями ~ 50 см).

оказалась близкой к линейной и совпадала с поляризацией возбуждающего излучения. Типичный вид спектрограмм представлен на рис. 1.

Эффект сверхуширения наблюдался нами также в ряде стекол и кристаллов (в стеклах типа К-8, Ф-1, Л-26, К2СС-7; в плавном кварце, вольфрамите кальция). В случае этих веществ требовались значительно меньшие интенсивности (энергия на один пичок самосинхронизации $\sim 1 - 2 \cdot 10^{-4}$ Дж), чем для жидкостей. '

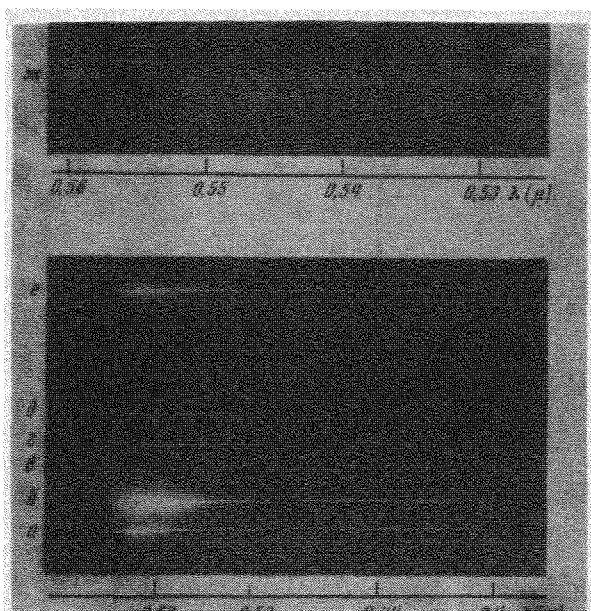


Рис. 1. Спектрограммы сверхуширенного излучения в жидкостях: а, б — толуол, в, г, д — бензол, е — вода, ж — часть спектрограммы сверхуширенного излучения в воде. Период спектральной структуры

В стеклах нами было проведено исследование временных параметров спектрально уширенного излучения. Эксперименты проводились с помощью электронно-оптической камеры и показали, что с точностью до временного разрешения ($\sim 10^{-11}$ сек) длительность пичков в видимой области совпадает с длительностью возбуждающего излучения. Было обнаружено, что для каждого пичка самосинхронизации в цуге гигантского импульса, уширение спектра в стеклах различно и по величине и по интенсивности (рис. 2).

Наблюдение распределения излучения по выходной плоскости исследованных сред (и жидкостей, и стекол) показало, что между самофокусировкой и сверхуширением спектра имеется однозначная корреляция [3, 4]. В угловом распределении спектрально уширенного излучения не было обнаружено характерных для работ [3, 4] "усов". По-видимому, это связано с ограниченностью апертуры использованных нами спектральных приборов и тем фактом, что наблюдение велось вдали от длины волны возбуждающего излучения. Зарегистрированная нами расходимость спектрально уширенного излучения составляла величину $\sim 1^\circ$.

Нами не обнаружено никаких особенностей в распределении интен-

сивности и расходимости уширенного спектра вблизи длины волны, соответствующей второй гармонике излучения неодимового лазера. Кроме того не обнаружено также уменьшения интенсивности спектра в областях, соответствующих полосам поглощения веществ в инфракрасной области. Такое уменьшение интенсивности обнаружено, например, в воде [6] при наблюдении спонтанного четырехфотонного взаимодействия. Поэтому можно предполагать, что наблюдавшееся сверхуширение, не обусловлено четырехфотонным взаимодействием [7], а связано с сильной фазовой модуляцией излучения.

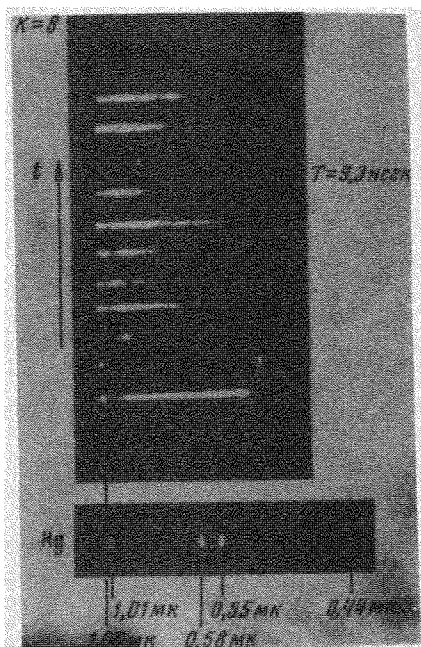


Рис. 2. Вид спектрально уширенного излучения для разных пиков цуга ультракоротких импульсов. Стекло К-8. (В нижней части рисунка – спектр ртутной лампы)

Причина отсутствия сверхуширения спектра в сильно нелинейных жидкостях – нитробензоле и CS_2 – пока не вполне ясна, хотя возможно, что она объясняется чрезвычайно низким порогом возникновения в них пробоя.

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

Поступила в редакцию
14 января 1972 г.

Литература

- [1] F. Shimizu. Phys. Rev. Lett., 19, 1067, 1967.
- [2] A.C.Cheung, D.M.Rank, R.Y.Chiao, C.H.Townes. Phys. Rev. Lett., 20, 786, 1968.
- [3] R.R.Alfano, S.L.Shapiro. Phys. Rev. Lett., 24, 592, 1970.
- [4] Н.Г.Бондаренко, И.В.Еремина, В.И.Баланов. Письма в ЖЭТФ, 12, 125, 1970.
- [5] В.В.Коробкин, Р.В.Серов. Письма в ЖЭТФ, 6, 642, 1967.
- [6] W.L.Weinberg. Appl. Phys. Lett., 14, 32, 1969.
- [7] А.П.Ведута, Б.П.Кирсанов, Н.П.Фурзиков. Краткие сообщения по физике, ФИАН, 4, 54, 1971.