

ПИКОСЕКУНДНАЯ СТРУКТУРА ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА С НЕЛИНЕЙНЫМ ПОГЛОТИТЕЛЕМ

С. Д. Фанченко, Б. А. Фролов

Известно [1, 2], что измерения длительности импульсов излучения неодимового лазера в режиме самосинхронизации мод методом двухфотонной люминесценции, дают разброс примерно на порядок величины. Ввиду неоднозначности расшифровки результатов корреляционных двухфотонных измерений детальное изучение пикосекундной структуры лазерного излучения этим методом весьма затруднительно. Прямые наблюдения временной структуры излучения [3, 4] имели до сих пор временное разрешение не лучше $(0,5 + 2) \cdot 10^{-11}$ сек. В настоящей работе для прямого наблюдения временной зависимости интенсивности излучения неодимового лазера применен электронно-оптический преобразователь изображения "пикохрон" с временным разрешением $5 \cdot 10^{-13}$ сек.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Резонатор лазера был образован диэлектрическими зеркалами Z_1 и Z_2 , нанесенными на клиновидные подложки. Стержень A из неодимового стекла длиной 300 мм и кювета K с раствором нелинейного поглотителя (краситель 3955) устанавливалась под углом Брюстера. Для селекции поперечных мод применялась диафрагма D диаметром 1 мм.

Исследование излучения лазера могло проводиться одновременно по двум каналам с помощью системы делительных пластин и зеркал (D_1, D_2 и Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 на рис. 1). Перемещение призмы Π позволяло регулировать оптическую задержку импульса во втором канале относительно первого.

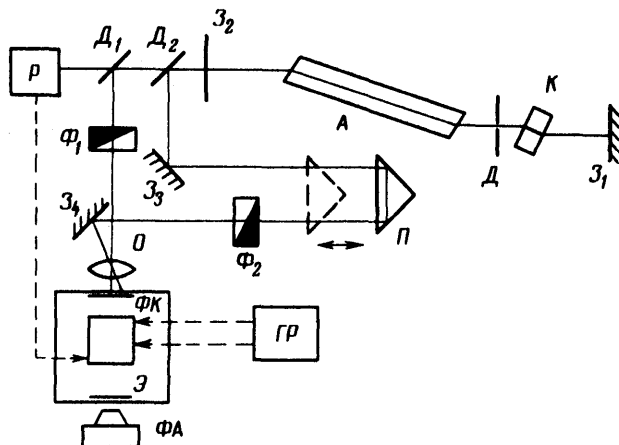


Рис. 1. Схема лазера на неодимовом стекле с резонатором типа Фабри – Перо; P – поджигаемый лазером разрядник, запускающий линейную развертку пиксохрона; $ГР$ – генератор непрерывной развертки изображения пиксохрона на длине волны 3 см ; $\Phi К$ – входной фотокатод пиксохрона;

В пиксохроне применялась трохоидальная развертка изображения с полной длительностью $1,5 \cdot 10^{-8}\text{ сек}$ и временным разрешением $\Delta\tau = 5 \cdot 10^{-13}\text{ сек}$.

Были получены следующие экспериментальные результаты. За время $8 \cdot 10^{-9}\text{ сек}$, соответствующее аксиальному периоду, наблюдается один или несколько импульсов излучения длительностью $10^{-10} + 10^{-11}\text{ сек}$, как и в работах [3, 5]. На рис. 2, а показан пример развертки во времени одиночного за аксиальный период импульса излучения при наблюдении по двум каналам. Хорошая повторяемость результатов по обоим каналам позволяла надежно определить длительность этого импульса.

В составе импульсов обнаружена тонкая временная структура, проявление, которой, замечено как в импульсах с полной длительностью 10^{-11} сек , так и в значительно более длинных.

По данным фотометрирования эпограмм на ЭВМ для лазерных импульсов с общей длительностью порядка 10^{-10} сек были рассчитаны функции автокорреляции, где заметна модуляция с характерным временем $2,5 \cdot 10^{-12}\text{ сек}$ при длине корреляции около $1 \cdot 10^{-11}\text{ сек}$.

Характерные примеры тонкой временной структуры лазерного излучения показаны на эпограммах рис. 2, б, в. Наблюдение велось одновременно по двум каналам. В случае рис. 2, в по обоим каналам наблюдается серия из 3-х пиков с полной длительностью около $3 \cdot 10^{-12}\text{ сек}$. В случае 2, б серия состоит из 4-х пиков и имеет полную длительность

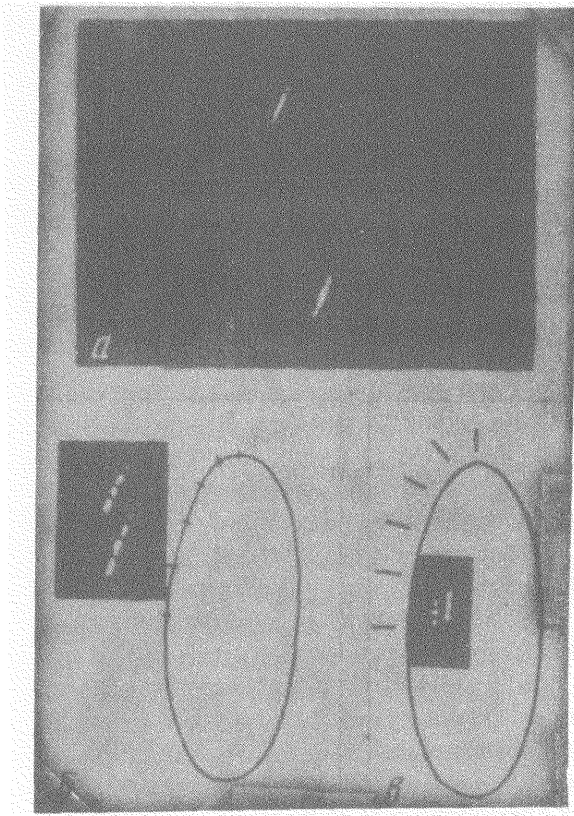


Рис. 2. Эпограммы лазерного излучения. Для масштаба показаны траектории эллиптической развертки изображения для двух каналов наблюдения. Одно деление $5 \cdot 10^{-12}$ сек

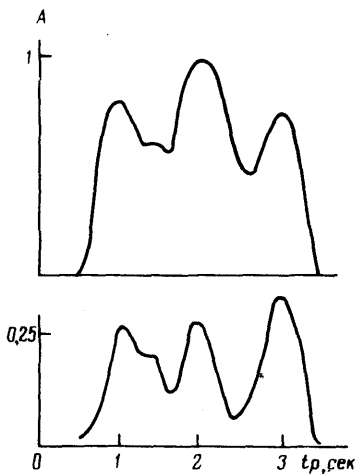


Рис. 3. Кривые фотометрирования эпограмм рис. 2, в. По оси абсцисс — время в пикосекундах, по оси ординат световой поток в относительных единицах

около $8 \cdot 10^{-12}$ сек. Относительный временной сдвиг каналов в случаях рис. 2, б и 2, в существенно различался. В случае рис. 2, в максимумы сигнала в одном канале приходятся против минимумов в другом. В случае рис. 2, б взаимный сдвиг каналов равен примерно $7 \cdot 10^{-12}$ сек. На рис. 3 приводятся кривые фотометрирования эпограмм по двум кана-

лам наблюдения для случая рис. 2, в. Обращает на себя внимание совпадения интервалов между максимумами на обоих кривых фотометрирования с точностью $\sim 10^{-13}$ сек, хотя интенсивность регистрируемого сигнала различна: в первом случае на разрешаемый элемент в пространстве и времени приходится $N \approx 10$ фотоэлектронов во входном каскаде, а во втором случае $N \approx 50$. Наиболее вероятное значение расстояния между максимумами составляло $2,5 \cdot 10^{-12}$ сек.

Обсуждение и выводы

Экспериментально обнаружено, что минимальная полная длительность одиночного за аксиальный период импульса лазерного излучения составляет не менее $(8 \div 10) \cdot 10^{-12}$ сек. В составе импульсов излучения с полной длительностью $(10 - 100) \cdot 10^{-12}$ сек обнаружена тонкая структура: серии из 3 - 4 пиков излучения с характерной длительностью $(1 \div 3) \cdot 10^{-12}$ сек.

Пикосекундная структура импульсов наблюдалась при нагрузках входного каскада пиксохрона, соответствующих вылету с разрешаемого элемента входного фотокатода за разрешаемое время $N \sim 10^1 \div 10^2$ фотоэлектронов. Несмотря на проявление флюктуаций, снижающих точность определения абсолютной величины сигналов при малых N , относительное положение максимумов удавалось установить с точностью $\sim 10^{-13}$ сек независимо от времени задержки между каналами наблюдения и величины N . При $N > 10^3$ фотоэлектронов пикосекундной структуры не обнаруживалось, что можно объяснить перегрузкой входного каскада ЭОПа.

В заключение авторы выражают благодарность Е.К.Завойскому за ценные обсуждения, а также С.Д.Кайтмазову и П.Г.Крюкову за консультации по лазеру.

Поступила в редакцию
26 июня 1972 г.

Литература

- [1] A.J.De Maria. Electronics, 41, 19, 1968.
- [2] В.И.Малышев, А.А.Сычов, В.А.Бабенко. Письма в ЖЭТФ, 13, 592, 1970.
- [3] А.А.Малютин, М.Я.Щелев. Письма в ЖЭТФ, 9, 445, 1969.
- [4] D J Bradley, B.Liddy, W.E.Sleat. Opt. Commun. 2, 391, 1971.
- [5] R.Harrach, C.Kachen J. Appl. Phys., 39, 2482, 1968.