

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 621.373.826

ОБ ЭФФЕКТЕ ВЗРЫВНОЙ КОМПРЕССИИ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Б. С. Азимов, М. М. Сагатов

(кафедра общей физики и волновых процессов)

Сообщается о возможности реализации взрывной самокомпрессии импульсов в системах с нелинейным откликом высших порядков.

В настоящее время отмечается большой интерес к проблеме получения сверхкоротких лазерных импульсов. Среди различных методов, используемых при укорочении импульсов, наиболее популярным является метод дисперсионного сжатия импульсов, получивших предварительную* фазовую модуляцию [1]. Динамика подобного сжатия характеризуется тем, что при самокомпрессии импульса всегда существует точка «перетяжки» — минимальной длительности, в которой импульс спектрально ограничен. Длительность импульса в такой точке, т. е. степень предельного сжатия, определяется возможностью создания максимально резкой и в то же время монотонной фазовой модуляции, что связано с известными трудностями.

Эффект взрывной самокомпрессии импульсов, обсуждаемый в данной работе, обусловлен проявлением нелинейных свойств высших порядков. Можно предположить, что использование подобного механизма сжатия позволит существенно продвинуться в область субфемтосекундных импульсов, так как в качестве ограничения на степень сжатия при данном механизме выступает уже лишь инерционность установления нелинейной поляризации.

Без потери общности можно ограничиться рассмотрением двух первых членов разложения вектора нелинейной поляризации и перейти к нелинейному уравнению Шрёдингера (НЛШ) с учетом нелинейности пятого порядка:

$$i \frac{\delta A}{\delta z} - \frac{\delta^2 A}{\delta t^2} = \alpha |A|^3 A + \beta |A|^4 A, \quad (1)$$

где A — амплитуда импульса, z — координата вдоль оси распространения, t — сопровождающее время, $\alpha = L_d/L_{nl}^a$; $\beta = L_d/L_{nl}^b$. Здесь для уравнения (1) введены следующие характерные масштабы: $L_d = -c^2/(d^2k/d\omega^2)$ — дисперсионная длина, $d^2k/d\omega^2 < 0$ — коэффициент дисперсионного распыливания, τ — входная длительность импульса, $L_{nl}^a = n_0/(n_2 k I)$ — нелинейная длина при $n_4 = 0$, $L_{nl}^b = n_0/(n_4 k I^2)$ — нелинейная длина при $n_2 = 0$ (здесь I — пиковая интенсивность импульса на входе, n_2 и n_4 — соответствующие нелинейные поправки к коэффициенту преломления, z нормирована на L_d). Отметим, что описываемый эффект реализуется лишь в случае совпадения знаков коэффициентов нелинейной восприимчивости при нелинейностях третьего и пятого порядков, причем необходимо, чтобы $\alpha \geq 0$ и $\beta \geq 0$.

Анализ модифицированного одномерного (временного) уравнения Шрёдингера (1) показал, что появление в нем члена, описывающего нелинейность пятого порядка, принципиально изменяет характер развития самокомпрессии. В случае совпадения знаков коэффициентов α и β при нелинейностях третьего и пятого порядков (см. (1)) возникают решения с неограниченно возрастающими (в рамках используемой модели) значениями интенсивности импульсов, что соответствует взрывной самоком-

* В некоторых случаях оба этих процесса протекают одновременно.

прессии. Указанный факт связан с тем, что для одномерного уравнения Шрёдингера критической нелинейностью, приводящей к решениям типа «коллапс», является нелинейность пятого порядка [2].

В работе [3] было получено стационарное решение уравнения (1):

$$A(t) = \frac{2\Gamma}{\sqrt{\alpha + 2R^{1/2}(\Gamma) \operatorname{ch}(2\Gamma t)}}, \quad (2)$$

где $R = \alpha^2/4 + (4/3)\beta\Gamma^2$, Γ — формфактор (постоянная распространения). Величину критического значения плотности энергии E_{cr} , необходимой для реализации временного коллапса, получим, интегрируя (2) по времени. Из анализа устойчивости решения (2) следует независимость E_{cr} от величины нелинейности третьего порядка: в этом случае все определяется нелинейностью пятого порядка [3]. Следовательно, положив при интегрировании (2) $\alpha = 0$, получим значение для $E_{cr} = (\pi/2)(3/\beta)^{1/2}$, которое в размерных единицах выразится как

$$E_{cr} = (\pi/2) [3n_0 |d^2k/d\omega^2| / (kn_4)]^{1/2}. \quad (3)$$

Используя присоединенное приближение, получим аналогичную оценку для фокусного расстояния: $z_{foc} = (2\beta)^{-1/2}$.

Экспериментальная реализация этого эффекта возможна в смеси вещества с рядом примесей, меняя концентрацию которых, можно изменять соотношение между величинами n_2 , n_4 , n_0 и $(1/k)(d^2k/d\omega^2)$.

Авторы выражают благодарность В. Т. Платоненко за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ахманов С. А., Выслоух В. А., Чиркин А. С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М., 1988. [2] Захаров В. Е., Сынах В. С. // ЖЭТФ. 1975. 68. С. 940. [3] Азимов Б. С., Сагатов М. М., Сухоруков А. П. // Квант. электроника. 1991. 18, № 1. С. 104.

Поступила в редакцию
18.06.90

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1991. Т. 32, № 2

УДК 535.372

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ГЕМАТОПОРФИРИНА В СУСПЕНЗИИ ЛИПОСОМ: ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ИОННОЙ СИЛЫ И ВРЕМЕНИ ИНКУБАЦИИ

К. Г. Катышева, Е. Б. Черняева, А. Ф. Миронов, В. Д. Румянцева

(кафедра общей физики и волновых процессов)

Флуоресцентная спектроскопия с численным разложением спектральных кривых методом Алленцева применена для изучения взаимодействия гематопорфирина с липидным бислоем липосом. Изучено влияние температуры, ионной силы раствора и времени инкубации.

Гематопорфирин (ГП) и его производные используются в клинической практике ряда стран для фотодинамической терапии злокачественных новообразований [1, 2]. По имеющимся в литературе данным участками локализации красителя в нормальных и опухолевых клетках являются плазматические мембраны и мембраны внутриклеточных органелл [2, 3]. В связи с этим представляет интерес исследование механизмов взаимодействия красителя-фотосенсибилизатора (ФС) с мембранными структурами, в частности с липидным бислоем, а также влияние внешних физических и химических факторов на это взаимодействие. В данной работе приведены результаты исследования взаимодействия ГП с липидным бислоем методами флуоресцентной спектроскопии с привлечением численного разложения наблюдаемых сложных спектральных кривых методом Алленцева [4]. Рассматривалось влияние температуры, ионной силы и времени инкубации в растворе ГП.

Использовался гематопорфирин-IX фирмы Serva. Для приготовления штокового раствора (10^{-2} М) ГП растворялся в 1%-ном растворе NaOH и доводился до зна-