

ГЕНЕРАЦИЯ ИНТЕНСИВНОГО ПИКОСЕКУНДНОГО КОНТИНУУМА В СРЕДЕ БЕЗ ЦЕНТРА ИНВЕРСИИ

А.А.Муравьев, А.Н.Рубинов

Впервые сообщается о генерации пикосекундного континуума в среде с квадратичной нелинейностью. Приведены результаты экспериментального исследования закономерностей развития спектра континуума в зависимости от интенсивности накачки и времени.

При распространении достаточно интенсивного импульса света пикосекундной (ПС) длительности в нелинейной среде наблюдается его спектральное уширение до нескольких тысяч см^{-1} по обе стороны лазерной частоты. Образующееся излучение обладает той же длительностью, что и возбуждающий импульс и характеризуется однородным спектральным распределением (ПС континуум). В связи с тем, что ПС континуум нашел широкое применение как источник света для спектроскопии сверхвысокого временного разрешения, исследование механизма его формирования в средах различных типов представляет особый интерес. До настоящего времени генерация ПС континуума наблюдалась исключительно в центросимметричных средах (жидкости, стекла, щелочно-галогидные кристаллы) ¹⁻⁵.

В таких средах нелинейная поляризация наиминимального порядка определяется кубическим членом $P_{\text{нл}}^{(3)} = \chi^{(3)} E E E$, поскольку квадратичная поляризация отсутствует по условиям симметрии.

В настоящей работе впервые сообщается о генерации ПС континуума в среде с квадратичной нелинейностью $P_{\text{нл}}^{(2)} = \chi^{(2)} E E$. В этом случае, наряду с процессом параметрического четырехфотонного взаимодействия $\omega_{\text{л}} + \omega_{\text{л}} \rightarrow \omega' + \omega''$, ответственного за уширение спек-

тра в изотропных средах 10^{-5} , в механизме образования ПС континуума. существенную роль должны играть процессы трехфотонного взаимодействия, такие как параметрическая генерация $\omega_{\text{л}} \rightarrow \omega_1 + \omega_2$, сложение частот $\omega_{\text{л}} + \omega_1 \rightarrow \omega_3$, $\omega_{\text{л}} + \omega_2 \rightarrow \omega_4$, генерация второй гармоники $\omega_{\text{л}} + \omega_{\text{л}} \rightarrow 2\omega_{\text{л}}$. Эти процессы базируются на квадратичной восприимчивости $\chi^{(2)}$ и идут при более низких интенсивностях возбуждающего излучения. Кроме того, в анизотропной среде могут быть лучше выполнены условия фазового синхронизма нелинейных процессов.

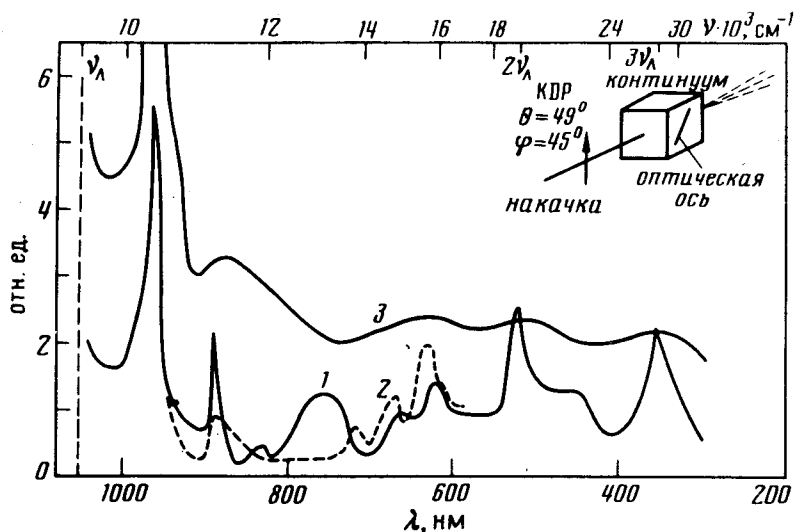


Рис.1. Спектры излучения ПС континуума в кристалле КДР при различных условиях возбуждения одиночным импульсом с частотой 9488 см^{-1} . Подробности в тексте

Мы наблюдали генерацию интенсивного ПС континуума в кристалле КДР, $oo-e$ -взаимодействия ($\theta = 49^\circ$, $\phi = 45^\circ$), длиной 2 см. Кристалл возбуждался одиночным импульсом с частотой 9488 см^{-1} , длительностью 5 – 6 пс ($\Delta\nu \Delta t = 0, 6$), геометрия возбуждения изображена на рис.1. На этом же рисунке приведены спектры излучения континуума в зависимости от интенсивности накачки и ее направления в кристалле. Спектры регистрировались многоканальным спектроанализатором, а также монохроматором с ФЭУ, с последующим усреднением по большому количеству вспышек. Спектр 1 измерен при интенсивности возбуждения 10^{10} Вт/см^2 . Отчетливо видны два резких максимума, точно соответствующие первой ($\nu_{1 \text{ ас}} = 10403 \text{ см}^{-1}$) и второй ($\nu_{2 \text{ ас}} = 11318 \text{ см}^{-1}$) антистоксовым компонентам вынужденного комбинационного рассеяния излучения с частотой 9488 см^{-1} на колебательной моде 915 см^{-1} . Частота этой моды измерена нами с помощью комбинационного спектрометра RAMALOG 4. Кроме того, наблюдаются максимумы на частоте 18976 см^{-1} (несинхронная генерация второй гармоники, $2\nu_{\text{л}}$), частоте 28464 см^{-1} ($3\nu_{\text{л}}$) и на частотах, являющихся результатом трех- и четырехфотонного параметрического взаимодействия. Спектр 2 иллюстрирует изменение характера излучения при изменении угла θ на 2° . Наблюдается уменьшение интенсивности на частоте 2АС , что связано с изменением условий фазового синхронизма в кристалле для четырехфотонного параметрического процесса типа $\omega_{\text{л}} + \omega_{\text{ас}} \rightarrow \omega_{\text{с}} + \omega_{2 \text{ ас}}$. Одновременно наблюдалось увеличение интенсивности линий в области $(14 - 16) \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$. Увеличение интенсивности накачки до $5 \cdot 10^{10} \text{ Вт/см}^2$ приводило к общему сглаживанию спектра: исчезновению резких максимумов и заполнению провалов между ними (кривая 3 на рис.1.). В этом случае имеет место интерференция процессов, идущих с участием нелинейных восприимчивостей различных порядков.

Поляризация ПС континуума во всех случаях совпадала с поляризацией излучения накачки. При повороте кристалла вокруг направления излучения на угол 90° излучение континуума исчезало и наблюдалась лишь генерация второй гармоники.

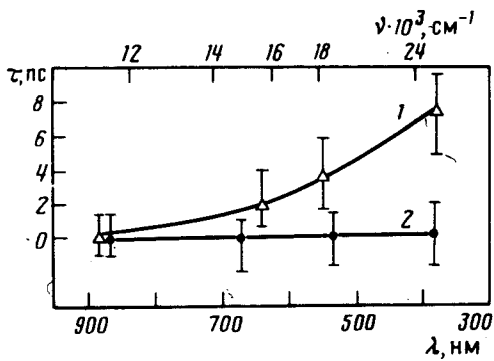


Рис.2. Кинетика развития излучения ПС континуума в кристалле KDP в различных участках спектра при интенсивностях накачки: 1 – 10^{10} Вт/см², 2 – $5 \cdot 10^{10}$ Вт/см²

На рис. 2 приводятся результаты измерения временных характеристик излучения континуума на различных частотах в зависимости от интенсивности накачки (τ – время запаздывания относительно импульса накачки). Из спектра излучения континуума с помощью интерференционных фильтров последовательно выделялись узкие интервалы и складывались затем с излучением основной частоты в кристалле KDP *oe-e*-взаимодействия^{6,7}, в котором генерировалось излучение суммарной частоты. Учитывалась временная дисперсия для различных слагаемых частот. Такой метод позволил осуществить кинетические измерения по всему спектру генерации ПС континуума в антистоксовой области. Как следует из рисунка, при интенсивности накачки 10^{10} Вт/см² имеет место запаздывание развития генерации в синей области спектра, свидетельствующее о том, что порог генерации коротковолновых компонент в спектре континуума выше, чем длинноволновых. При увеличении интенсивности возбуждения до $5 \cdot 10^{10}$ Вт/см² все компоненты в спектре развиваются практически одновременно. Треков самофокусировки при таких уровнях накачки мы не обнаружили. Излучение в стоксовой части также наблюдалось нами и оказалось довольно интенсивным, однако детальных исследований ПС континуума в этой области не проводилось. Коэффициент преобразования накачки в излучение континуума измерялся нами для D₂O и KDP в одинаковых условиях и составил приблизительно равную величину 10%.

В заключение отметим еще одно важное обстоятельство. Условия эксперимента, использованные в настоящей работе для генерации континуума аналогичны тем, при которых осуществляется „ап-конверсия” первого типа⁶ – процесс, широко используемый в спектроскопии высокого временного разрешения. Полученные нами данные указывают на ограниченность этого метода, поскольку наряду с сигналом „ап-конверсии” в интенсивность регистрируемого излучения на суммарной частоте существенный вклад может давать генерируемое излучение континуума.

Литература

1. Alfano R.R., Shapiro S.L. Phys. Rev. Lett., 1970, 24, 582, 592, 1217.
2. Ильичев Н.Н., Коробкин В.В., Коршунов В.А., Малютин А.А., Окрашвили Т.Г., Пашинин П.П. Письма в ЖЭТФ, 1972, 15, 191.
3. Penzkofer A., Kaiser W. Opt. Quant. Electron., 1977, 9, 315.
4. Sharma D.K., Yip R.W. Opt. Comm., 1979, 30, 113.
5. Belke S., Gase R., Vogler K. Opt. Quant. Electron., 1980, 12, 9.
6. Halliday L.A., Topp M.R. Chem. Phys. Lett., 1976, 46, 8.
7. Rubinov A.N., Bushuk B.A., Murav'ov A.A., Stupak A.P. Appl. Phys., 1983, В30, 99.