

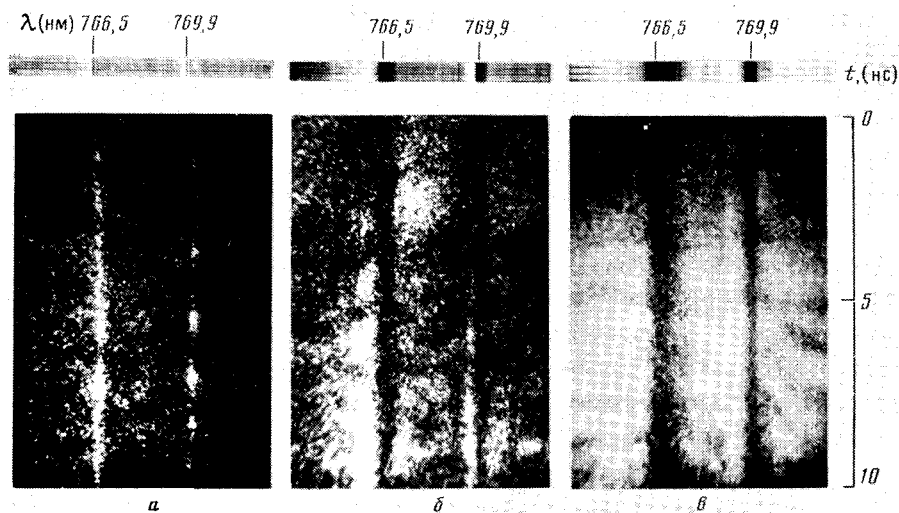
АВТОМОДУЛЯЦИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНОГО ЛАЗЕРА ПРИ НАЛИЧИИ В РЕЗОНАТОРЕ СИЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ

*В.М.Баев, Т.П.Беликова, О.П.Варнавский, В.Ф.Гамалий,
С.А.Коваленко, Э.А.Свириденков*

Обнаружено аномальное увеличение интенсивности излучения широкополосного лазера на красителе вблизи линий резонансного поглощения паров калия, помещенных в резонатор этого лазера. Наблюдалась временная модуляция лазерного излучения с периодом 1 нс. Предложена модель когерентного взаимодействия широкополосного лазерного излучения с поглотителем.

Спектр генерации широкополосных лазеров служит в последнее время объектом многочисленных исследований. Из-за высокой чувствительности спектрального распределения излучения к наличию частотнозависимых потерь это распределение оказывается слабоустойчивой функцией частоты. С одной стороны эта чувствительность служит основой метода внутрирезонаторной лазерной спектроскопии, с другой стороны влияние различных нелинейных процессов приводит к хаотизации спектра, появлению ряда неожиданных эффектов. Одним из таких эффектов яв-

ляется усиление интенсивности излучения вблизи сильной линии поглощения вещества введенного в резонатор (эффект спектральной "конденсации" излучения). Этот эффект наблюдается многими авторами в течение двадцати лет ¹⁻¹¹, однако до сих пор нет однозначной модели, объясняющей это явление. Выдвигались различные гипотезы: дисперсия показателя преломления ⁴, появление линзы, обусловленной радиальным распределением поглощающих частиц ⁵⁻⁷, нелинейной линзы связанной с насыщением поглощения и штарк эффектом в сильном световом поле лазера ⁸, пространственной решеткой показателя поглощения вещества в поле стоячей волны излучения ⁹, когерентные и кооперативные эффекты при взаимодействии излучения с поглощающим веществом ^{10,11}. Тем не менее упомянутые гипотезы не объясняют всей совокупности экспериментов в которых наблюдалось явление конденсации излучения.



Интегральный спектр генерации лазера на красителе с парами калия внутри резонатора (вверху) и его временная развертка (внизу). Концентрация паров калия: *a* – 10^{13} см^{-3} , *б* – $3 \cdot 10^{13}$ см^{-3} ; *в* – $1,5 \cdot 10^{14}$ см^{-3} . Темные полосы соответствуют линиям поглощения калия, а светлые – увеличению спектральной яркости генерации лазера

Для уточнения роли различных механизмов нами исследовалась кинетика спектрального распределения излучения с субнаносекундным временным разрешением. Исследования проводились с помощью лазера на растворе красителя ДОТС-йодид в диметилсульфоксиде (область генерации 762 – 773 нм) накачиваемом излучением рубинового лазера, работавшего в режиме модуляции добротности. Энергия импульсов накачки составляла 0,1 Дж, длительность 20 нс. Длина резонатора лазера на красителе 36 см. Внутри резонатора лазера на красителе вблизи его центра вставлялась печка с парами калия, концентрация которого контролировалась температурой стенок печки. Для предотвращения оседания калия на холодных окнах кюветы она была заполнена буферным газом-гелием при давлении 5 торр. Излучение генерации направлялось в спектрограф с разрешением 300000. Одновременно регистрировалась кинетика спектра генерации с помощью электронно-оптического преобразователя на базе УМИ-95. Соотношение неопределенности накладывает ограничение на достижение одновременно высокого спектрального и временного разрешения, поэтому развертки спектра с разрешением 0,1 нс были получены на выходе спектрографа СТЭ-1 имеющем разрешающую силу 40000. На рисунке представлены фотографии спектров с высоким разрешением (вверху) и развертки спектров генерации (внизу) при наличии в резонаторе паров калия с концентрацией: 10^{13} см^{-3} (*a*), $3 \cdot 10^{13}$ см^{-3} (*б*) и $1,5 \cdot 10^{14}$ см^{-3} (*в*).

На фотографиях видно, что при концентрации паров калия 10^{13} см⁻³ интенсивность генерации вблизи линий поглощения увеличивается. (Более светлые полосы на фотографиях). Так как фотографии разверток спектра с экрана оптического преобразователя получены с меньшим спектральным разрешением, то слабые линии поглощения оказались замаскированными увеличением яркости вблизи линий поглощения. Нами было обнаружено, что одновременно с эффектом "конденсации" излучения проявляется временная модуляция интенсивности генерации вблизи линий поглощения с периодом около одной наносекунды. На фотографии развертки (а) эта модуляция особенно заметна вблизи линии 769,9 нм. Из-за высокого контраста регистрирующей аппаратуры модуляция проявляется на фотографии в виде прерывистого трека, соответствующего увеличенной яркости излучения вблизи этой линии. При дальнейшем увеличении концентрации калия линии поглощения оказываются перенасыщенными и проявляются не только в интегральных по времени спектрах, но и на фотографиях разверток (рис. б и в). Временная модуляция излучения проявляется теперь не только вблизи линий поглощения, но охватывает весь спектр генерации, причем фаза модуляции сдвигается по спектру. Обычно она в далеких от линий поглощения участках спектра отстает от фазы модуляции в области максимальной интенсивности вблизи линий поглощения.

Обнаруженный эффект может быть объяснен нутацией вектора поляризации атомов калия и модуляцией населенности возбужденного состояния калия. Колебания населенности вызывают модуляцию показателя преломления вблизи линии поглощения, которые могут вызвать фазовую синхронизацию мод. При периоде этих колебаний близком к времени обхода резонатора может произойти самосогласованная раскачка модуляции интенсивности генерации и населенности атомов калия. В нашем случае период обхода резонатора в два раза выше периода модуляции. Это объясняется тем, что печь с парами калия расположена в центре резонатора и модуляция интенсивности осуществляется одновременно для обеих встречных волн резонатора. Так как у нас в разрешаемый интервал попадает несколько десятков мод то модуляция проявляется на временных развертках спектра генерации. Фазовый сдвиг модуляции в различных областях спектра может быть объяснен дисперсией показателя преломления вблизи линий поглощения паров калия.

Полученные результаты свидетельствуют, что для объяснения эффекта "конденсации" необходимо учитывать когерентные эффекты взаимодействия излучения в резонаторе широкополосного лазера с поглощающим веществом. Для построения более точной количественной картины эффекта исследования будут продолжены.

Литература

1. Runge P.K. Opt. Comm., 1971, 4, 195.
2. Meyer Y.H. Opt. Comm., 1976, 19, 343.
3. Khanin Ya.I., Kagan A.G., Novikov V.P., Novikov M.A., Poluskin I.N., Sheherbakov A.I. Opt. comm., 1980, 32, 456.
4. De Tourton Bruins A.J., Van der Lieft H., Dönzelman A. Physica, 1978, 95C, 285.
5. Shank C.V., Klein M.B. Appl. Phys. Lett., 1973, 23, 156.
6. Schröter S., Kühlike D., Dietel W. Optical and Quantum Electronics, 1981, 13, 133.
7. Данилейко М.В., Негрийко А.М., Яценко А.П. Квантовая электроника, 1983, 10, 1660.
8. Ануфрик С.С., Зейликович Н.С., Кукушкин В.Г., Пулькин С.А. Квантовая электроника, 1983, 10, 2053.
9. Рубинов А.Н., Белоконь М.В., Адамушко А.В. Квантовая электроника, 1979, 6, 723.
10. Егоров В.С., Чехонин И.А. Оптика и спектроскопия, 1982, 52, 591.
11. Васильев В.В., Егоров В.С., Чехонин И.А. Оптика и спектроскопия, 1985, 58, 64.