

УДК 621.373.826

Резонатор для многочастотного режима генерации в лазере на красителе/ В.И.Дудкин, В.И.Тарханов, С.В.Филимонов// Научное приборостроение. — 1991. — Т. 1. — № 3. — С. 137-141.

Описан оптический резонатор лазера на красителе с многоканальным спектральным селектором, позволяющий получить синхронное излучение нескольких независимо перестраиваемых оптических частот в одном канале генерации с возможностью реализации пространственного совпадения или разделения лучей. Метод может быть использован для формирования сложных частотно-манипулированных оптических сигналов в системах передачи и хранения информации. Библ. — 3 назв. Ил. — 3.

В.И. Дудкин, В.И. Тарханов, С.В. Филимонов

(Государственный технический университет, С.-Петербург)

РЕЗОНАТОР ДЛЯ МНОГОЧАСТОТНОГО РЕЖИМА ГЕНЕРАЦИИ В ЛАЗЕРЕ НА КРАСИТЕЛЕ

При работе с многоуровневыми системами в оптическом диапазоне часто возникает задача концентрации частиц преимущественно на одном энергетическом переходе. Эффективное сведение многоуровневой оптической системы к двухуровневой с помощью сильных резонансных лазерных полей получило название эффекта "захвата населенностей" на заданном энергетическом переходе. В работе [1] теоретически показано, что захват населенностей на любых двух уровнях четырехуровневой системы можно получить путем облучения ее одновременно на трех длинах волн с определенными соотношениями между интенсивностями излучения и их расстройками относительно средних частот соответствующих резонансных переходов, а для захвата населенностей в трехуровневой системе достаточно двухчасового облучения при выполнении аналогичных условий. Ввиду малости длины световых волн по сравнению с размерами образца важную роль в реализации указанных в [1] условий играет степень пространственного совмещения используемых световых лучей, а также синхронность их включения и выключения.

В случаях, когда частоты всех резонансных переходов лежат в пределах линии усиления одного из органических красителей, наиболее рациональным способом получения требуемого набора возбуждающих лазерных монохроматических полей представляется реализация многочастотного режима в лазере на красителе с когерентной накачкой. Появившиеся в последнее время работы по наблюдению фемтосекундного фотонного эха в растворах органических красителей [2] свидетельствуют о неоднородном характере уширения их линий усиления и позволяют рассчитывать на получение достаточно эффективной развязки между частотами генерации для обеспечения независимой и плавной перестройки частоты и интенсивности парциальных излучений в общем выходном излучении лазера.

Один из способов получения двухчастотной генерации в лазере на красителе описан в работе [3]. Недостатком этой схемы являются большие энергетические потери в светоделителе (50%) и в нерабочих порядках дифракционной решетки, затрудняющие переход к трехчастотному и более многочастотным режимам.

Нами рассмотрен и исследован более эффективный способ получения многочастотной генерации. На рис. 1 представлена оптическая схема резонатора лазера на красителе с многочастотным внутрирезонаторным селектором. Раствор красителя в (прокачной или заливной) кювете К накачивается квазипродольно (под малым углом к оптической оси резонатора) излучением λ_n от лазера накачки. Генерация возникает в резонаторе, образованном глужими зеркалами Z_0 , с одной стороны, Z_1, \dots, Z_k с другой стороны, и дифракционной решеткой ДР. Зеркала Z_1, \dots, Z_k установлены на отражение назад световых лучей требуемой длины волны в соответствующих порядках интерференции решетки. Перестройка длины волны пропускания спектрального селектора "зеркало - дифракционная решетка" осуществляется поворотом зеркала от-

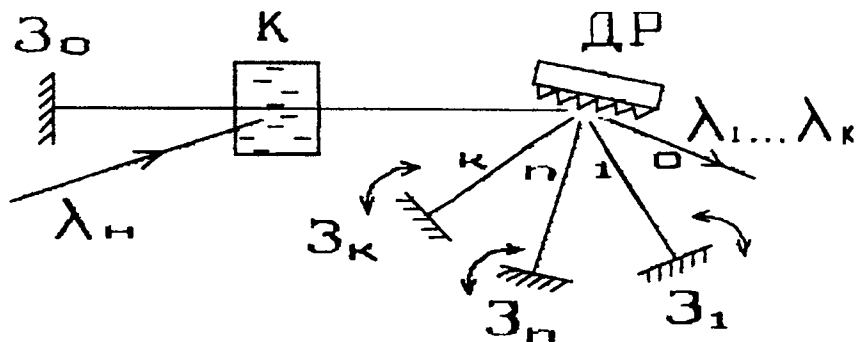


Рис. 1. Схема многочастотного резонатора: Z_0, \dots, Z_k - зеркала; $\lambda_1, \dots, \lambda_k$ - многочастотное выходное излучение; λ_n - излучение накачки; К - кювета с красителем; ДР - дифракционная решетка; 0, 1, ..., k - порядки спектра решетки

носителем среднего направления распространения луча в используемом порядке отклонения. Каждый из указанных элементарных селекторов может осуществлять перестройку длины волны в пределах всей линии усиления используемого красителя. Вывод излучения из многочастотного резонатора осуществляется в нулевом порядке дифракционной решетки ДР, отсутствие угловой дисперсии в котором позволяет обеспечить пространственное совпадение выходных световых лучей всех генерируемых длин волн $\lambda_1, \dots, \lambda_k$.

Ширина линии генерации $\Delta\lambda_n$ в спектральном селекторе, работающем в n -м порядке дифракции, пропорциональна выражению

$$\Delta\lambda_n \sim \frac{\lambda_n}{nN_{\Sigma}Q_n}, \quad (1)$$

где λ_n - длина волны генерации; n - используемый порядок спектра решетки; N_{Σ} - число штрихов дифракционной решетки, попадающее в световое пятно; Q_n - добротность резонатора, образованного зеркалами Z_0 и Z_n .

Для сведения энергетических потерь к минимуму в резонатор устанавливается дифракционная решетка с числом штрихов, обеспечивающим возникновение только требуемого количества порядков интерференции 0, 1, ..., k по заданному числу k частот генерации. Число возникающих порядков спектра (кроме нулевого) можно оценить с помощью неравенства

$$k \leq 2t/\lambda, \quad (2)$$

где t - расстояние между центрами решетки, а λ - длина волны излучения, или по графикам рис. 2, где представленные для первых шести порядков спектра кривые соответствуют случаю превращения неравенства (2) в равенство.

Для экспериментальной проверки описанной схемы была использована заливная кювета К с этанольным раствором родамина 6Ж, накачиваемая второй гармоникой (длина волны 532 нм) импульсного гранатового лазера ЛТИ-401. Энергия импульса накачки составляла 20 мДж при длительности 15 нс.

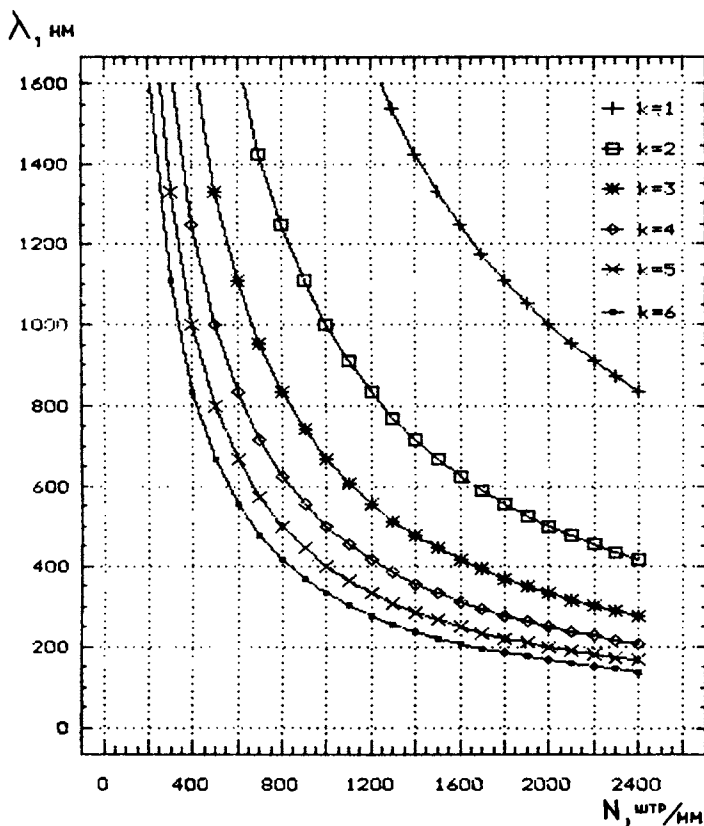


Рис. 2. Зависимость предельного значения длины волны излучения, позволяющего получить выбранное число порядка спектра k , от числа штрихов дифракционной решетки

Излучение накачки направлялось под углом 15° к оптической оси резонатора в кювету К с толщиной слоя красителя 5 мм. Кювета была поставлена под углом 30° к лучу накачки для предотвращения возникновения генерации на ее гранях. Для фокусировки излучения накачки использовалась линза из стекла К8 с фокусным расстоянием 300 мм. Из-за медленной смены красителя в канале генерации конвекционным потоком частота следования импульсов накачки составляла не более 12 Гц.

В качестве дисперсионного элемента спектрального селектора использовалась профилированная отражающая дифракционная решетка ДР, содержащая 1200 штрихов на 1 мм и дающая при скользком падении света в выбранном интервале длин волн нулевой, первый и второй порядки интерференции. Для получения двухчастотного режима генерации на отражение излучения в первом и втором порядках спектра решетки были установлены плоские "глухие" широкополосные интерференционные зеркала Z_1 и Z_2 . Вывод излучения из резонатора осуществлялся в нулевом порядке спектра решетки, установленной в режиме скользкого падения луча. Длина резонатора составляла около 80 см.

В результате была получена одновременная стабильная генерация двух пространственно совпадающих световых лучей с различной длиной волны. Независимая перестройка каждой из длин волн генерации λ_1 и λ_2 осуществлялась в интервале 540...590 нм поворотом зеркал Z_1 и Z_2 в плоскости дифракции решетки. Измерения спектральной ширины линий, проведенные с помощью интерферометра Фабри-Перо с базой $t = 2.4$ мм, коэффициентом отражения зеркал $r = 75\%$, постоянной $\Lambda = 0.075$ нм и минимально разрешимым интервалом $\delta\lambda = 0.006$ нм, показали, что спектральная ширина линий по уровню 0.5 составила 0.01 и 0.02 нм, соответственно.

На рис. 3 представлены интерферограммы линий генерации для различных значений длины волны λ_1 при неизменном значении длины волны λ_2 , полученные с помощью интерферометра Фабри-Перо с базой $t = 0.14$ мм, коэффициентом отражения зеркал $r = 77\%$, постоянной интерферометра (интервалом длин волн между порядками интерференции) $\Lambda = 1.20$ нм и наименьшим разрешимым интервалом $\delta\lambda = 0.10$ нм для исследуемого диапазона длин волн.

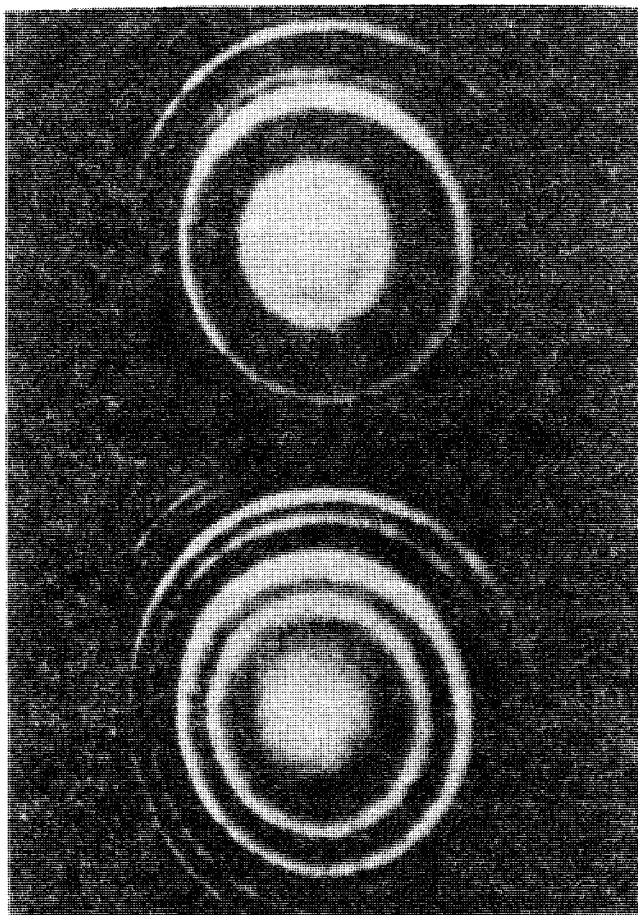


Рис. 3. Интерферограммы двухчастотного лазерного излучения при изменении одной из длин волн генерации

При использовании в селекторе профилированной решетки, содержащей 1000 штрихов на 1 мм, дающей третьего порядка интерференции помимо нулевого, был получен режим генерации трех независимых пере-страиваемых частот.

Поскольку в каждом n -м канале k -частотного селектора "теряется" энергия остальных $k - 1$ частот, максимально возможное число k одновременно возбуждаемых частот генерации определяется, кроме параметров многочастотного селектора, параметрами накачки и добротности всех k резонаторов.

Спектральная ширина линий излучения в разных каналах описанного многочастотного селектора различна и может варьироваться установкой в соответствующие каналы дополнительных спектрально селектирующих элементов (эталоны Фабри-Перо или дифракционной решетки вместо зеркал Z_1, \dots, Z_k). Соотношение интенсивностей может быть установлено изменением добротностей

соответствующих резонаторов (в простейшем случае — их частичной разъюстировкой).

Отдельный вывод любой из генерируемых спектральных линий может быть осуществлен заменой соответствующего "глухого" зеркала из числа Z_1, \dots, Z_k на полупрозрачное. В этом случае возможно также разделение выделенных импульсов во времени за счет различий в оптической временной задержке. Кроме того, в каналы спектрального селектора могут быть установлены управляемые оптические ключи, позволяющие выбирать требуемый набор генерируемых частот.

Предварительные оценки показывают, что описанный резонатор для многочастотного режима генерации лазера на красителе может быть использован также для формирования сложных частотно-манипулированных оптических сигналов, применяемых в системах передачи и обработки информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kancheva L., Rashev S., Panajotov K.* Reduction of coherently excited four-level system to two-level system // *Bulg. Physic. J.* - 1988. - Т. 15. - N. 2. - P. 162-167.

2. *Becker P.C., Fragnito H.L., Bigot J.Y., Cruz C.H.B., Fork R.L., Shank C.V.* Femtosecond photon echoes from molecules in solution // *Phys. Rev. Lett.* - 1989. - V. 63. - N. 5. - P. 505-507.

3. *Зелинкович И.С., Ляликов А.М.* Двухчастотный лазер на красителе // *Квантовая электроника.* - 1989. - N. 3. - С. 483-484.

Рукопись поступила 13.06.91