

07

Измерение и стабилизация энергетических параметров лазерного излучения на основе явлений нелинейной оптики¹

© Б.Н. Морозов

Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений

Поступило в Редакцию 8 июля 1996 г.

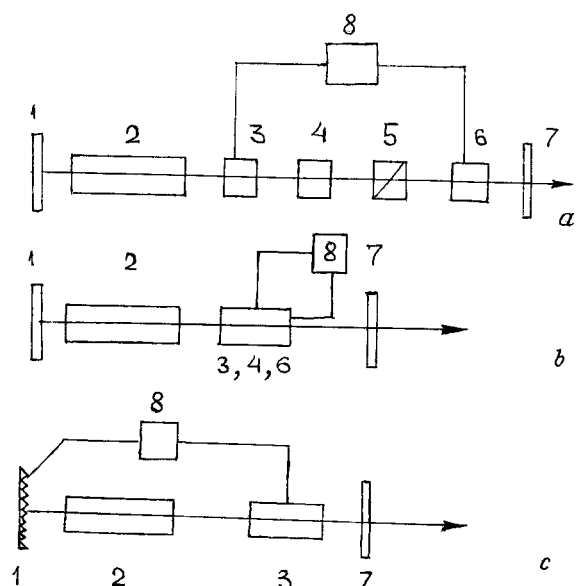
В окончательной редакции 6 марта 1997 г.

Сообщается о новом методе измерения стабилизации и управления энергетическими параметрами лазерного излучения, основанного на применении эффекта оптического выпрямления и фотогальванического эффекта. Предложено один и тот же нелинейно-оптический кристалл, расположенный внутри лазерного резонатора, использовать для генерации гармоник, в качестве датчика напряжения (или тока), а также модулятора. Проводится краткое сравнение с известными ранее методами.

Известен [1] метод стабилизации мощности P импульсного лазерного излучения на основе эффекта оптического выпрямления [2] с использованием систем обратной связи. Значительное повышение эффективности $V_i^{(0)}/P$ преобразования напряжения эффекта оптического выпрямления достигается в случае, когда нелинейно-оптический кристалл расположен внутри резонатора лазера [3].

В настоящей краткой заметке предлагается новый эффективный метод измерения, стабилизации и управления энергетическими параметрами (мощности P и энергии W) на основе применения эффекта оптического выпрямления внутри лазерного резонатора. Это уменьшает габариты лазера с модулированной добротностью. Одна из простейших схем управления энергетическими параметрами лазерного излучения представлена на рисунке, *a*. Сигнал $V_i^{(0)}$ оптического выпрямления, снимаемый с кристаллического конденсатора *b*, подается после усили-

¹ Материал настоящего сообщения был представлен на объединенную конференцию по когерентной и нелинейной оптике и оптике лазеров. Санкт-Петербург. 1995. Май. (Представлен был до 15 апреля 1995 года в МГУ).



теля 8 на электрооптический затвор 3. Тем самым стабилизируется мощность $P_{1\omega}$ основного лазерного излучения и его второй гармоники $P_{2\omega}$, которая создается в кристалле 4, и излучение $P_{2\omega}$ оказывается линейно-поляризованным, благодаря наличию в резонаторе с глухим 1 и прозрачным 7 зеркалами с активным элементом 2 призмы Глана 5. Возможно также подключение к затвору 3 дополнительного источника импульсного напряжения U_{const} , увеличивающего или уменьшающего (в зависимости от $\pm U_{\text{const}}$) выходные энергетические параметры лазерного излучения, тем самым управляя их величинами.

Вторая возможная схема изображена на рисунке, *b*. В этом случае кристалл одновременно генерирует гармонику 2ω , создает (одновременно [4] с процессом генерации второй 2ω гармоники) напряжения $V_i^{(0)}$ за счет оптического выпрямления [4], а также является модулятором добротности. Для достаточно корректного расчета абсолютных или относительных [2] значений нелинейных восприимчивостей $i j$ кристаллов необходимо знание их связи одновременно для оптического выпрямления [2], генерации второй гармоники и электрооптического (в частности,

линейного) эффекта. Эти соотношения установлены теоретически в СВЧ диапазоне [5]. Нелинейные восприимчивости $\chi_{ij}^{(0)}$ оптического выпрямления очень слабо зависят от длины волны λ лазерного излучения [2], а их знаки могут быть измерены экспериментально [6]. Теоретическую связь между $\chi_{ij}^{(w)}$, $\chi_{ij}^{(0)}$ и $\chi_{ij}^{(2w)}$ можно найти из соотношений [2].

$$\begin{aligned} P_i^{(2w)} &= \chi_{ij}^{(2w)} E_j^{(w)} E_k^{(w)} && \text{для второй гармоники,} \\ P_i^{(0)} &= \chi_{ij}^{(0)} E_j^{(w)} E_k^{(w)} && \text{для эффекта оптического выпрямления,} \\ P_i^{(w)} &= \chi_{ij}^{(w)} E_j^{(0)} E_k^{(0)} && \text{для электрооптического эффекта.} \end{aligned}$$

(P — нелинейные поляризации).

Третий вариант представлен на рисунке, с. Глухое металлизированное решетчатое зеркало I , в котором также возникает напряжение $V_m^{(0)}$ за счет оптического выпрямления в металле [7], служит источником достаточно сильного тока $j_m^{(0)}$ или $V_m^{(0)}$, который после усилителя δ модулирует и управляет (в частности, стабилизирует) мощностью P и энергией W основного лазерного излучения частоты w . В металле эффект оптического выпрямления больше по сравнению с этим эффектом в нелинейно-оптическом кристалле.

Конкурирующим (сопутствующим) с эффектом оптического выпрямления является фотогальванический (фотовольтаический) эффект [8] в кристаллах без центра инверсии. Сигнал оптического выпрямления не зависит от размеров поперечного сечения лазерного пучка, а фотогальванический — зависит. Так их можно отличить при экспериментальном исследовании. По порядку величины значения напряжения (и тока) как за счет эффекта оптического выпрямления, так и фотогальванического эффекта в нелинейно-оптических кристаллах сравнимы между собой. Фотогальванический эффект может создаваться и в стеклах с полупроводниковыми примесями [9]. Это эффект возникает за счет разделения в активированном стекле фотоиндуцированных зарядов.

Предлагаемый автономный метод стабилизации выгодно отличается от способа, основанного на нелинейной оптической активности [10] в кристаллах, поскольку в последнем случае зависимость интенсивности J лазерного излучения от угла поворота вектора E в кристалле не является линейной, а стабилизация плотности мощности во времени и пространстве связана с потерей 5–10% мощности P лазерного излу-

чения, падающего на кристалл. В случае использования вынужденного рассеяния Мандельштама–Бриллюэна измерение интенсивности J [11] требует сложной схемы регистрации разности частот методом гетеродинамирования.

Список литературы

- [1] Морозов Б.Н. // Квантовая электроника. 1992. V. 19. № 6. С. 587–588.
- [2] Морозов Б.Н., Айвазян Ю.М. // Квантовая электроника. 1980. V. 7. № 1. С. 5–33.
- [3] Занадворов П.Н. // Радиотехника и электроника. 1969. V. 15. № 7. С. 1989.
- [4] Морозов Б.Н., Пожар В.Э. // Квантовая электроника. 1994. Т. 21. № 12. С. 1195–1196.
- [5] Шалдин Ю.В. Нелинейная оптика (Труды 2-го Всесоюзного симпозиума по нелинейной оптике). Новороссийск: Наука, 1968. С. 227–235.
- [6] Пестряков Е.В., Плясуля В.М. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. В. 8. С. 470–476.
- [7] Ковалев А.А., Кондратьев П.С. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 16. В. 7. С. 75–79.
- [8] Стурман Б.И., Фридкин В.М. Фотогальванический эффект в средах без центра симметрии и родственные явления. М.: Наука, 1992.
- [9] Dianov E.M., Kazansky P.G., Staradubov D.S., Stepanov D.Yu. // Sov. Lightwave Commun. 1992. V. 2. N 2. P. 83–88.
- [10] Говор И.Н., Морозов Б.Н. // ЖТФ. 1987. Т. 37. В. 12. С. 2400–2401.
- [11] Морозов Б.Н. // Метрология. 1984. № 5. С. 15–29.