

УДК 535.411

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИСПЕРСИОННАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ ОПТИЧЕСКИХ СРЕД

Р. ДЖ. КАСУМОВА

*Бакинский Государственный Университет
370148, Баку, ул. З.Халилова, 23*

В работе проведен сравнительный анализ работы дисперсионного интерферометра в приближении заданной интенсивности, учитывающем изменения фаз взаимодействующих волн для двух случаев размещения исследуемой среды. Показано, что использование нелинейного режима работы дисперсионного интерферометра, а также внутрирезонаторного расположения исследуемой среды, позволяет повысить чувствительность интерферометра.

В последние годы большой интерес представляют исследования нелинейности показателя преломления оптических веществ. Поиск материалов с высокой нелинейностью, с одной стороны, позволит разработать устройства эффективного управления лазерным излучением, элементы оптической системы связи, создать отдельные узлы оптических компьютеров [1-5], с другой стороны, расширит исследования природы нелинейной рефракции в новых, ранее неизученных, оптических материалах [6-7].

Современному состоянию классических интерференционных методов исследования нелинейности показателя преломления посвящен ряд работ (см. обзор [8]). Как известно, получение и анализ интерференционной картины в традиционных интерферометрах сопровождается техническими трудностями, свойственными пространственно-разделённым лучам. Этот недостаток удаётся избежать в новом типе интерферометра – дисперсионном, где световые лучи проходят одинаковый геометрический путь [9,14]. Дисперсионный интерферометр – это два кристалла-удвоителя, между которыми размещена исследуемая среда. Анализ интерференционной картины проводится, в основном, в приближении заданного поля [9,10] или для случая фазового синхронизма без учёта потерь [11].

В [13-14] работа дисперсионного интерферометра теоретически проанализирована в приближении заданной интенсивности [15], которое, в отличие от приближения заданного поля, учитывает влияние возбуждаемой волны на фазу возбуждающей. В результате, решая систему укороченных уравнений для случая генерации второй гармоники в обоих кристаллах и с учётом фазового набега взаимодействующих волн в исследуемой среде, было получено следующее выражение для интенсивности второй гармоники на выходе интерферометра:

$$I_{2\text{вых}} = I_2(\ell) e^{-(\delta_1 + 2\delta_2)\ell} \left| \sin \lambda_2 \ell_2 \left[\text{ctg} \lambda_2 \ell_2 + \frac{\gamma_2'}{\gamma_2} \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \text{ctg} \lambda_1 \ell_1 + \frac{\delta_2 - 2\delta_1 - i\Delta_1}{2\lambda_2} \right) e^{i\psi} + \frac{2\delta_1' - \delta_2' + i\Delta_2}{2\lambda_2} \right] \right|^2, \quad (1)$$

$$\text{где } \lambda_1^2 = 2\Gamma_1^2 - \frac{(\delta_2 - 2\delta_1 - i\Delta_1)^2}{4}; \quad \lambda_2^2 = 2\Gamma_2^2 - \frac{(\delta_2' - 2\delta_1' - i\Delta_2)^2}{4};$$

$$\Gamma_1^2 = \gamma_1 \gamma_2 I_{10}; \quad \Gamma_2^2 = \gamma_1' \gamma_2' I_1(\ell); \quad I_j = A_j A_j^*;$$

$\psi = \Delta_1 \ell_1 + 2\varphi_1(d) - \varphi_2(d)$ - обобщённая разность фаз волн основного излучения и гармоники, $\Delta_1 \ell_1$ - набег фаз волн в нелинейном кристалле длины ℓ , $\varphi_1(d), \varphi_2(d)$ - набег фаз волн в исследуемой среде толщины d на частотах ω и 2ω , соответственно, $\Delta_1 = k_2 - 2k_1$ - фазовая расстройка, $\delta_{1,2}$ и $\delta'_{1,2}$ - коэффициенты поглощения в первом и во втором кристаллах соответственно, $A_{1,2}$ - комплексные амплитуды волн накачки и гармоники.

В случае одинаковых кристаллов ($\Delta_1 = \Delta; \delta_1 = \delta'; \ell_1 = \ell; \gamma_1 = \gamma'$) и $\delta_2 = 2\delta_1 = \delta$, из (1) получаем:

$$I_{2\text{вых}}^I = I_2(\ell) e^{-2\delta\ell} \left| \sin \lambda_2' \ell \left[\text{ctg} \lambda_2' \ell + \left(\frac{\lambda_1'}{\lambda_2'} \text{ctg} \lambda_1' \ell - \frac{i\Delta}{2\lambda_2'} \right) e^{i\psi'} + \frac{i\Delta}{2\lambda_2'} \right] \right|^2, \quad (2)$$

где $(\lambda_1')^2 = 2\Gamma_1^2 + \frac{\Delta^2}{4}; (\lambda_2')^2 = 2\Gamma_2^2 + \frac{\Delta^2}{4}; \Gamma_2^2 = \gamma_1 \gamma_2 I_1(\ell);$

$$\psi' = \Delta \ell + 2\varphi_1(d) - \varphi_2(d). \quad (3)$$

Из (1) видно, что выходная интенсивность зависит от обобщённой разности фаз, являясь периодической функцией ψ . Отсюда, использование нелинейной зависимости интенсивности второй гармоники от разности фаз позволит повысить чувствительность интерферометра. Сравнивая интерференционные картины при наличии и отсутствии исследуемой среды, по сдвигу картины можно определить дисперсию показателя преломления исследуемой среды.

В другом варианте дисперсионного интерферометра предполагается размещение исследуемой среды между кристаллом-удвоителем и лазерным зеркалом внутри лазерного резонатора. Тогда решение системы укороченных уравнений для случая внутриврезонаторной генерации второй гармоники [14] при наличии исследуемой среды имеет вид

$$A_{2\text{вых}} = A_2(\ell) e^{i\varphi_2(2d) + i\varphi_2'} \sin \lambda_2 \ell \left[\text{ctg} \lambda_2 \ell + \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \text{ctg} \lambda_1 \ell + \frac{\delta_2 - 2\delta_1 - i\Delta}{2\lambda_2} \right) e^{i\psi''} + \frac{2\delta_1 - \delta_2 - i\Delta}{2\lambda_2} \right] e^{-\frac{\delta_2 + 2\delta_1 - i\Delta}{2} \ell}, \quad (4)$$

где

$$\lambda_2^2 = 2\Gamma_2^2 - \frac{(\delta_2 - 2\delta_1 + i\Delta)^2}{4}; \Gamma_2^2 = \gamma_1 \gamma_2 I_1(\ell),$$

$$\psi'' = \Delta \ell + 2\varphi_1(2d) - \varphi_2(2d) + 2\varphi_1' - \varphi_2',$$

$\varphi'_{1,2}$ - набег фаз волн на частотах ω и 2ω , соответственно, при отражении от зеркала и в воздушном промежутке между кристаллом и зеркалом.

Для интенсивности второй гармоники на выходе интерферометра из (4) получаем ($\delta_2 = 2\delta_1 = \delta$):

$$I_{2\text{вых}}^{II} = I_2(\ell) e^{-2\delta\ell} \left| \sin \lambda_2' \ell \left[\text{ctg} \lambda_2' \ell + \left(\frac{\lambda_1'}{\lambda_2'} \text{ctg} \lambda_1' \ell - \frac{i\Delta}{2\lambda_2'} \right) e^{i\psi''} - \frac{i\Delta}{2\lambda_2'} \right] \right|^2, \quad (5)$$

где

$$\psi'' = \Delta \ell + 2\varphi_1(2d) - \varphi_2(2d) + 2\varphi_1' - \varphi_2' \quad (6)$$

Из сравнения выражений для обобщённой разности фаз (3) и (6) видно, что при внутриврезонаторном размещении исследуемой среды сдвиг интерференционной картины увеличивается из-за двойного прохода взаимодействующими волнами нелинейной среды. Отсюда, чувствительность измерений дисперсии показателя преломления также растёт.

Таким образом, использование нелинейного режима работы дисперсионного интерферометра, а также внутрирезонаторной геометрии размещения нелинейной среды позволяет повысить чувствительность измерения дисперсии показателя преломления исследуемой среды.

Автор благодарит проф.З.А.Тагиева за ценные замечания.

1. Й.Херман, Б.Вильгельми, *Лазеры сверхкоротких световых импульсов*, М.: Мир, (1986) 368.
2. Б.Я.Зельдович, Н.Ф.Пилипецкий, В.В.Шкунов, *Обращение волнового фронта*. М.: Наука, (1985) 247.
3. С.А.Ахманов, В.А.Выслоух, А.С.Чиркин, *Оптика фемтосекундных лазерных импульсов*. М.: Наука, (1988).
4. A. Hasegawa, Y. Hodama, *Proc. IEEE*, **69** (1981) 1145.
5. Х.Гиббс, *Оптическая бистабильность: управление светом с помощью света*, М.: Мир, (1988) 518.
6. В.С.Бутылкин, А.Е.Каплан, Ю.Г.Хронопуло, Е.И.Якубович, *Резонансные взаимодействия света с веществом*. М.: Наука, (1977) 351.
7. T. Y. Chang, *Opt. Eng.*, **20** (1981) 220.
8. А.Н.Азаренков, Г.В.Альтшулер, Н.Р.Белашенков, С.А.Козлов, *Квантовая электроника*, **20** (1993) 733.
9. Х.П.Алум, Ю.В.Ковальчук, Г.В.Островская, *Письма в ЖТФ*, **7** (1981) 1359.
10. F. A. Norf, A. Tomito, *Al-Jumaily G. Opt. Lett.*, **5** (1980) 386.
11. В.П.Драчёв, *Оптика и спектр.*, **75** (1993) 473.
12. Ю.Э.Данилова, В.П.Драчёв, С.В.Перминов, В.П.Сафаров, *Оптика и спектр.*, **81** (1996) 1021.
13. З.А.Тагиев, Р.Дж.Касумова, Ш.Ш.Амиров, Р.А.Салманова, *Материалы итог. Научн. Конф. АМУ за 1995г.*, Баку, (1996) 103.
14. З.А.Тагиев, Т.А.Алиев, Ш.Ш.Амиров, Р.А.Салманова, *Сағламлығ, АМУ*, №4 (1996) 46.
15. З.А.Тагиев, А.С.Чиркин, *ЖЭТФ*, **73** (1977) 1271.
16. З.А.Тагиев, Р.Дж.Касумова, Ш.Ш.Амиров, *Оптика. и спектр.*, **75** (1993) 908.

OPTİK MÜHİTLƏRİN QEYRİ – XƏTTİ DİSPERSİYALI İNTERFEROMETRİYASI

R.C.QASIMOVA

Tədqiq olunan mühitin iki cür yerləşmə variantı üçün qarşılıqlı tə'sirdə olan dalğaların fazalarının dəyişməsinə nəzərə alan sabit intensivlik yaxınlaşmasına əsaslanmış dispersiyalı interferometrın işinin təhlili aparılmışdır.

Göstərilmişdir ki dispersiyalı interferometrın qeyri-xətti rejimində həmçinin tədqiq olunan mühiti rezonator daxilində yerləşdirərək interferometrın həssaslığını artırmaq mümkündür.

NONLINEAR DISPERSION INTERFEROMETRY of the OPTICAL MEDIA

R.J. KASUMOVA

The work of dispersion interferometer with the medium placed both between two crystals and in the internal resonator in the constant intensity approximation taking into account the changes in the interacting wave phases was analyzed.

It was shown, that the utilization of the nonlinear regime of the dispersion interferometer with the medium placed in the internal resonator allows to rise sensitive of the interferometer.

Редактор: Э.Гусейнов