

Амплитудная модуляция излучения связанными резонаторами

А.И. Конойко

ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», Минск, Беларусь

E-mail: kon54@yandex.by

При переходе работы лазерных источников излучения из видимой области спектра в ИК величина управляющего электрического напряжения U для любого типа электрооптических затворов (ЭОЗ) возрастает [1]. Это приводит к усложнению высоковольтной аппаратуры, которая обеспечивает его функционирование.

Наиболее перспективными с точки зрения уменьшения величины управляющего напряжения являются электрооптические модуляторы с использованием многолучевой интерференции. Современные оптические схемы много лучевых интерферометров типа Фабри-Перо, которые можно применять для целей амплитудной модуляции лазерного излучения предполагают наличие частично прозрачных зеркал, что снижает эффективность их работы. Эти зеркала обуславливают большие световые потери. Поэтому представляет интерес рассмотреть метод амплитудной модуляции плоско поляризованного излучения на базе электрооптического эффекта и многолучевой интерференции, который можно реализовать за счет ввода излучения без потерь в систему, состоящую из двух связанных резонаторов с управляемой добротностью.

На рисунке 1 представлены возможные варианты оптических схем лазерных затворов на базе двух связанных резонаторов, где: 1 – светоделитель; 2, 3, 4 – отражатели; 5, 6, 7 – электрооптические элементы.

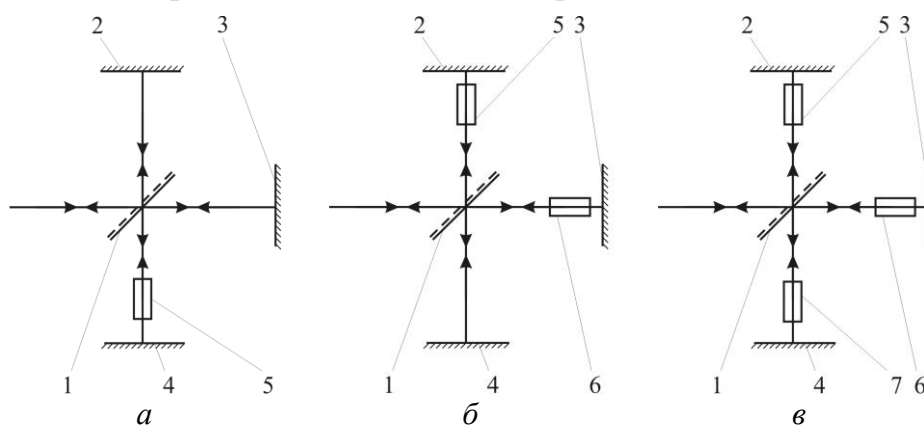


Рис. 1. Оптические схемы лазерных затворов на базе двух связанных резонаторов с электрооптическим элементом, находящимся в а) – общем плече; б) – в двух разделенных плечах; в) – во всех плечах

Пусть на вход рассматриваемого многолучевого интерферометра поступает монохроматический световой пучок с плоским волновым фрон-

том и интенсивностью I_0 . Тогда он делится светоделителем на два световых пучка, обладающих равными интенсивностями, то есть $I_0/2$. После их отражения на первом и втором отражателях они вновь поступают к светоделителю, который выводит одну половину излучения из оптической схемы лазерного затвора, а другую направляет на третий отражатель под номером 4. Излучение, отразившееся от третьего отражателя, вновь поступает на светоделитель, где делится на два световых пучка, которые поступают к первому и второму отражателям и т.д.

Если предположить, что $\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta$ – разность фаз наводимая в плечах интерферометра; $\Delta\delta$ – управляемое изменение разности фаз интерферирующих световых пучков при одном проходе через электрооптический элемент; $T_1 = R_1 = K = 0,5$ – коэффициенты пропускания и отражения светоделителя; $R_2 = R_3 = R_4 = R$ – коэффициенты отражения, соответственно, первого 2, второго 3 и третьего 4 зеркал; T_5 – светопропускание электрооптического элемента, тогда на выходе интерферометра будет световой пучок с амплитудой электромагнитных колебаний равной сумме амплитуд переотраженных волн.

Тогда выражения для суммарной интенсивности света на выходе лазерных затворов на базе двух связанных резонаторов с электрооптическим элементом, находящимся в 1 – общем плече; 2 – в двух разделенных плечах; 3 – во всех плечах будут иметь, соответственно, следующий вид:

$$I_{\text{вых1}} = E_{\Sigma 1} E_{\Sigma 1}^* = \frac{2I_0 K^2 R}{(1 - 2KRT_5)^2 + 8KRT_5 \sin^2(\delta + \Delta\delta)}; \quad (1)$$

$$I_{\text{вых2}} = E_{\Sigma 2} E_{\Sigma 2}^* = \frac{2I_0 K^2 T_5^2 R \cos^2 2\Delta\delta}{1 + (2KRT_5 \cos 2\Delta\delta)^2 - 4KRT_5 \cos 2\delta \cdot \cos 2\Delta\delta}; \quad (2)$$

$$I_{\text{вых3}} = E_{\Sigma 3} E_{\Sigma 3}^* = \frac{2I_0 K^2 T_5^2 R \cos^2 2\Delta\delta}{1 + (2KRT_5^2 \cos 2\Delta\delta)^2 - 4KRT_5^2 \cos 2(\delta + \Delta\delta) \cdot \cos 2\Delta\delta}; \quad (3)$$

На рисунке 2 представлены зависимости суммарной интенсивности света на выходе лазерного затвора от изменения разности фаз $\Delta\delta$.

Из зависимости под номером 1 видно, что затвор с электрооптическим элементом, находящимся в общем плече многолучевого интерферометра не позволяет получить низкое управляющее напряжение и имеет невысокое отношение сигнал/шум. Механизм его амплитудной модуляции заключается в смещении спектрального максимума интенсивности излучения при соответствующем изменении разности фаз $\Delta\delta$.

Зависимости под номерами 2 и 3 показывают, что затворы с электрооптическими элементами, находящимися, соответственно, в двух разде-

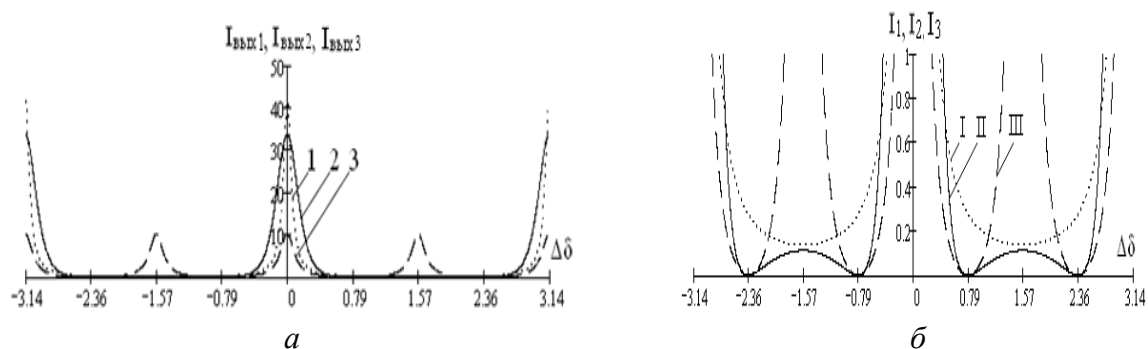


Рис. 2. Зависимости интенсивности выходного излучения от изменения разности фаз интерферирующих световых пучков $\Delta\delta$

ленных плечах и во всех плечах многолучевого интерферометра позволяют получить управляющее напряжение $U_{\lambda/8}$ и имеют высокое отношение сигнал/шум. Механизм их амплитудной модуляции заключается в изменении амплитуды спектрального максимума интенсивности излучения до нуля и последующего увеличения на другой длине волны до максимума, при изменении разности фаз $\Delta\delta = \pi/2$. Первый из этих затворов обладает несимметричной зависимостью интенсивности выходного излучения от величины изменения разности фаз интерферирующих световых пучков $\Delta\delta$ относительно нулевого значения. Это предполагает необходимость использования для его управления однополярных электрических сигналов, что может привести, во-первых, вследствие образования в электрооптических элементах объемных зарядов к снижению эффективности амплитудной модуляции, во-вторых, в случае использования электрооптических кристаллов с низким удельным сопротивлением, например, кристаллы КТР, к выходу их из строя.

Затвор с электрооптическими элементами, находящимися во всех плечах многолучевого интерферометра, обладает симметричной зависимостью интенсивности выходного излучения от величины изменения разности фаз относительно нулевого значения, что позволяет использовать знакопеременное электрическое поле.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для модуляции добротности лазерных резонаторов наиболее подходят оптические системы затворов, в которых электрооптические элементы находятся, как в двух разделенных плечах, так и во всех плечах многолучевого интерферометра.

1. Мустель Е.П., Парыгин В.Н. Методы модуляции и сканирования света. М.: Наука. 1970. 295 с.