

Амплитудная модуляция излучения последовательностями резонаторов Фабри-Перо

В.Б. Залесский, А.И. Конойко, В.М. Кравченко, А.С. Кузьмицкая
ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», Минск, Беларусь
E-mail: kon54@yandex.by

В работе рассматривается метод амплитудной электрооптической модуляции излучения на базе последовательностей резонаторов Фабри-Перо с поперечным электрооптическим эффектом. Этот метод позволяет существенно уменьшить значение управляющего напряжения электрооптического амплитудного модулятора при сохранении его высокой эффективности. Он позволяет существенно уменьшить длительность получаемых световых сигналов, а, следовательно, увеличить тактовую частоту при сохранении высокой эффективности модуляции излучения.

Целью исследования является расширение рабочего частотного диапазона электрооптического амплитудного модулятора на базе резонаторов Фабри-Перо.

Описание метода. Модуляция излучения последовательностью резонаторов Фабри-Перо имеет свою особенность, а именно, необходимо устранение влияния излучения отраженного одним резонатором на светомодуляционные характеристики предыдущего за счет фильтрации. В случае использования волоконно-оптических или полосковых резонаторов для этой цели могут быть использованы один и более Y-образных разветвителя, как это показано на рисунке 1, а, где 1 – зеркала резонатора; 2 – электрооптическая среда; 3 – управляющие электроды; 4 – Y-образный разветвитель.

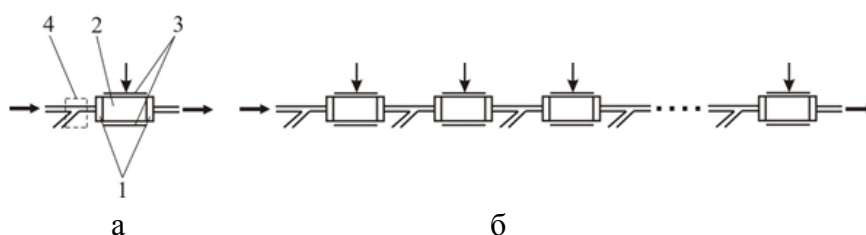


Рис. 1. Электрооптический амплитудный модулятор а) с одним и б) с N резонаторами Фабри-Перо

Суммарная амплитуда прошедшей через резонатор световой волны и суммарная интенсивность светового потока, прошедшего через модулятор, содержащий N резонаторов могут быть определены из выражений [1]

$$E_t = E_0 T_i \sqrt{T} \left\{ \frac{1 - T^n R_i^n \exp[in(\varphi + \delta\varphi)]}{1 - t^2 R_i \exp[i(\varphi + \delta\varphi)]} \right\} \quad I_{\Sigma t} = (E_t E_t^*)^N ;$$

где $(\varphi + \delta\varphi)$; – разность фаз между интерферирующими в резонаторе световыми волнами; R_i – коэффициенты амплитудного отражения первого и второго зеркал; T_i – коэффициенты амплитудного пропускания первого и второго зеркал; T – коэффициент пропускания электрооптического кристалла, расположенного между зеркалами; $n = t/t_0$ – количество интерферирующих волн; t – время распространения световой волны в резонаторе; t_0 – время, за которое световая волна проходит между зеркалами резонатора в прямом и обратном направлении.

Суммарная амплитуда, отраженной E_r световой волны, может быть определена из следующего соотношения

$$E_r = E_0 \left\{ \left[\frac{1 - T_i^{(n-1)} R_i^{(n-1)} \exp[i(n-1)(\varphi + \delta\varphi)]}{1 - TR_i \exp[i(\varphi + \delta\varphi)]} \right] T_i T \sqrt{R_i} \exp[i(\varphi + \delta\varphi)] - \sqrt{R_i} \right\}.$$

На рисунке 2 представлены зависимости интенсивности света на выходе электрооптических модуляторов, образованных одним (кривая 1) и 9-ю резонаторами (кривая 2) от времени при подаче прямоугольных управляющих электрических сигналов. Графики соответствуют случаю, когда в начальный момент времени $t = 0$ электрическое напряжение на управляющих электродах резонаторов отсутствует, а подача управляющего напряжения осуществляется при достижении амплитуды светового сигнала равной порядка 90 %.

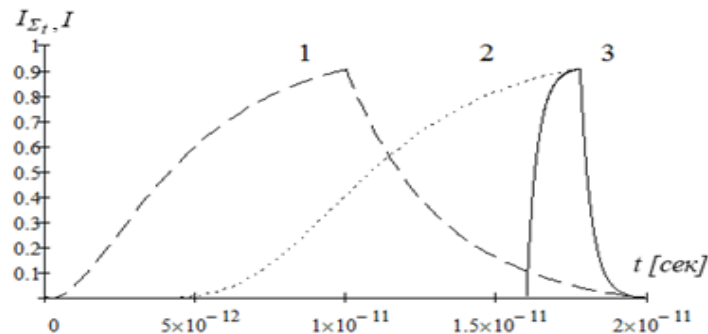


Рис. 2. Зависимость интенсивности света на выходе электрооптического модулятора на базе резонаторов Фабри-Перо от времени

Из приведенных зависимостей видно, что длительность оптического сигнала на выходе модулятора с 9 резонаторами $t_9 = 0,76 t_1$, где t_1 – длительность сигнала на выходе модулятора содержащего 1 резонатор. А это означает, что существует возможность, во-первых, поднять частоту световых сигналов на 30 %.

В случае если к рассмотренной последовательности электрооптических резонаторов Фабри-Перо работающих на пропускание присоединить еще одну последовательность, работающую на отражение (рисунок 3, а), то можно получить световые сигналы с длительностью в 5 раз

меньшей, чем сигналы, получаемые при помощи одного электрооптического резонатора. На рисунке 2 кривой под номером 3 представлена зависимость интенсивности света на выходе такого электрооптического модулятора от времени для некогерентного излучения. В случае если имеет место когерентное излучение, то амплитуда выходного сигнала для $N = 9$ каждой последовательности может увеличиться, как показывают расчеты, в 6 раз по сравнению с входным излучением.

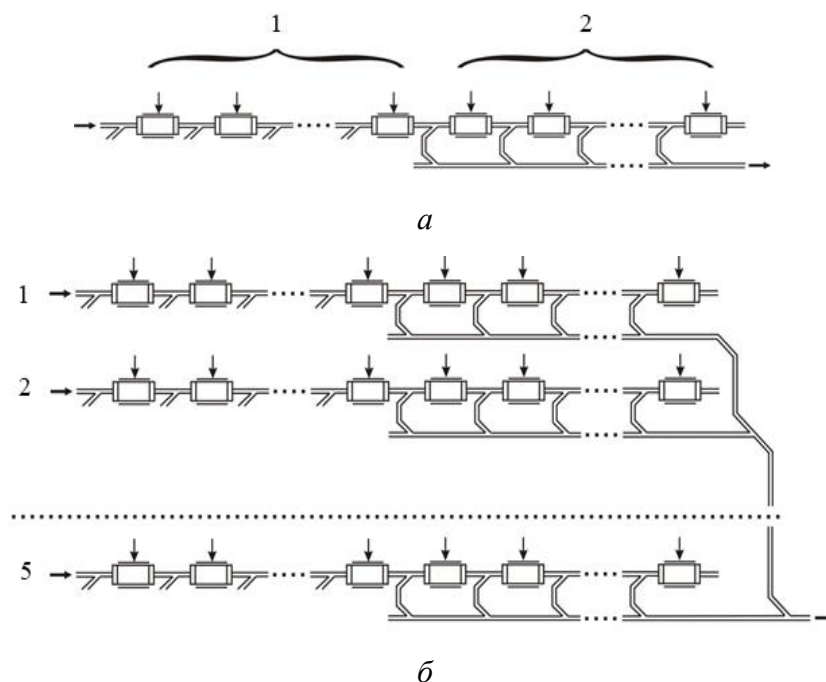


Рис. 3. Резонансный электрооптический амплитудный модулятор – а) коротких оптических сигналов и б) – последовательности коротких оптических сигналов

Если взять 5 таких модуляторов и объединить их выходы (как это показано на рисунке 3, б), то на выходе такой светомодуляционной системы будет иметь место последовательность световых сигналов с тактовой частотой в 5 раз превышающей частоту световых сигналов, которые можно получить при помощи одного резонатора. Причем, на каждый последующий модулятор управляющее напряжение необходимо подавать с дополнительным временным сдвигом равным $1/5$ длительности светового сигнала, получаемого от одного резонатора,

Заключение. Показана возможность уменьшения в 5 раз длительности получаемых при помощи электрооптических резонаторов световых сигналов, а, следовательно, соответствующего увеличения тактовой частоты при сохранении высокой эффективности модуляции излучения.

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики М.: Наука. 1973. 719 с.