

А. В. Казберук, Г. В. Синицын

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ СВЕТОВЫХ ПОЛЕЙ У ПОВЕРХНОСТИ НЕЛИНЕЙНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА ФАБРИ-ПЕРО СО ВСТРОЕННОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКОЙ

Рассматривается бесконечно протяженный интерферометр Фабри-Перо с синусоидальной модуляцией диэлектрической проницаемости нелинейного промежуточного слоя (слой III, рис. 1). Слои II и IV моделируют зеркала интерферометра. Интерферометры-решетки тако-

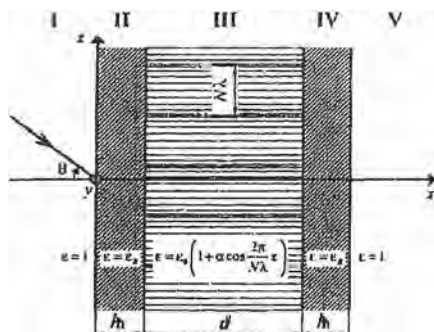


Рис. 1. Структурная схема интерферометра с модуляцией диэлектрической проницаемости промежуточного слоя $N\lambda$ – период модуляции диэлектрической проницаемости

го рода могут быть созданы, например, с помощью двух когерентных световых пучков, направленных на рассматриваемую среду под углом друг к другу. Предполагаем, что коэффициент отражения R зеркал интерферометра на длине волны формирующей решетку излучения близок к нулю. В то же время на длине волны зондирующего пучка $R \approx 0,99$. Луч света при своем распространении в такой среде дифрагирует на неоднородностях диэлектрической проницаемости (или показателя преломления). Образуется ряд максимумов излучения с различными направлениями светового потока (рис. 2). Конкуренция условий интерференционных резонансов с условиями максимумов дифракции приводит к существенным изменениям в пространственном спектре прошедших и отраженных световых полей по сравнению с обычной дифракционной решеткой [1].

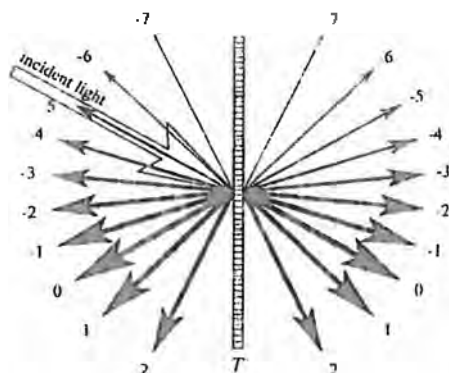


Рис. 2 Картина распределения прошедших и отраженных дифрагированных световых пучков для интерференционной системы 7, изображенной на рис. 1

Численный анализ свидетельствует о сильном перераспределении мощности падающего на интерферометр со встроенной дифракционной решеткой пучка между порядками дифракции. При этом наблюдается сильная асимметрия положительных и отрицательных порядков дифракции и, соответственно, появляется возможность путем изменения таких параметров как угол падения пучка, длина волны, начальная отстройка от максимума интерференции, глубина и период фазовой модуляции перенаправлять входной информационный поток по направлениям выбранных дифракционных порядков. Можно утверждать, что внесение фазовой дифракционной решетки внутрь тонкопленочного интерферометра Фабри-Перо позволяет получить новые свойства такой системы, отличающиеся как от свойств решетки, так и от свойств самого интерферометра, даже когда характеристики промежуточного слоя не зависят от светового поля.

Кроме того, такая задача представляет теоретический интерес как одна из задач, относящихся к общей проблеме распространения света в одномерных периодических средах. Как известно, распространение волн в средах с периодически изменяющимися свойствами сопровождается появлением новых качественных особенностей, наиболее заметных в тех случаях, когда длина волны становится сравнимой с характерным пространственным периодом изменения свойств системы.

В данной статье представлены результаты расчетов спектрального распределения световых полей такого рода систем. Для расчета энер-

гетических характеристик световых полей внутри интерферометра-решетки и вблизи него используется теоретическая модель, предложенная авторами ранее [1]. Модель основана на уравнениях Максвелла в приближении непоглощающих сред без каких-либо существенных ограничивающих допущений

На рис. 3–6 представлены пространственные распределения плотности энергии излучения внутри интерферометра и вблизи него. Волна падает на интерферометр T под углом θ , оптическая толщина интерферометра при $\alpha = 0$ равна одной длине волны, период решетки N , выраженный в длинах волн (см. рис. 1), равен 10, коэффициент отражения зеркал (слои II и IV) $R = 0,99$. Расчеты проводились для случая, когда электрический вектор E перпендикулярен плоскости падения (H-мода). Плотности энергии слева и справа от интерферометра на рисунке для наглядности искусственно завышены, поскольку максимальная энергия сосредоточена внутри интерферометра. Распределение плотности энергии вне интерферометра определяется интерференцией прошедших или отраженных волн многих порядков дифракции. В случае, представленном на рис. 3, большая часть света сосредоточена в отраженной волне нулевого порядка дифракции. Интенсивности волн плюс и минус первых порядков в отражении и пропускании значительно меньше. Волны остальных порядков дифракции (в том числе нулевого в пропускании) практически незаметны. Соотношения интенсивностей волн всех возможных порядков дифракции для случаев, представленных на рис. 4–6, подробно проанализированы в [1], где, в частности, рассматриваются некоторые примеры пространственного переключателя на такого рода интерферометрах-решетках. Для этих случаев характерно заметное возрастание интенсивностей света ненулевых порядков дифракции. На рис. 5–6 (случай наклонного падения света на интерферометр) в области слева можно видеть полюсы, образованные в результате интерференции падающей и отраженной волн нулевого порядка, перпендикулярные биссектрисе угла между ними (т.е. нормали к плоскости интерферометра) с наложенными более слабыми отраженными волнами других порядков. Распределение плотности энергии за интерферометром определяется интерференцией прошедших волн многих порядков дифракции приблизительно на равной интенсивности

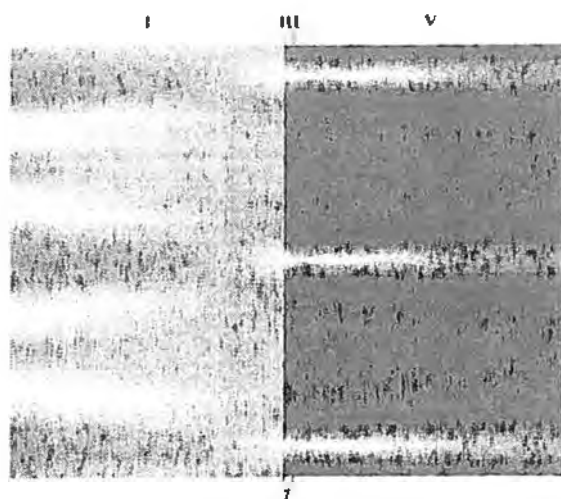


Рис. 3. Пространственные распределения плотности энергии излучения
внутри интерферометра и вблизи него. $\theta = 0^\circ$; $\alpha = 0.01$

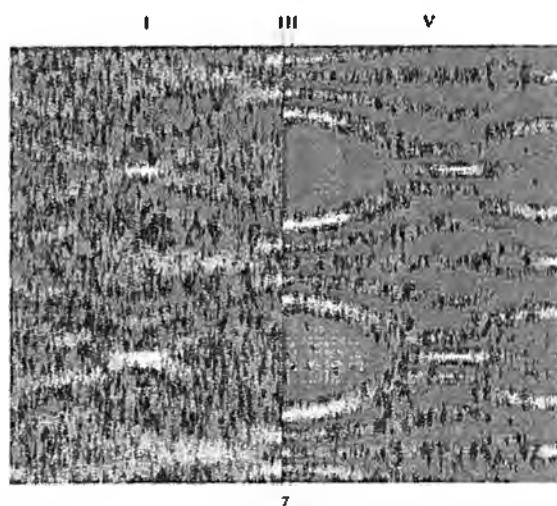


Рис. 4. Пространственные распределения плотности энергии излучения
внутри интерферометра и вблизи него. $\theta = 0^\circ$; $\alpha = 0,072$

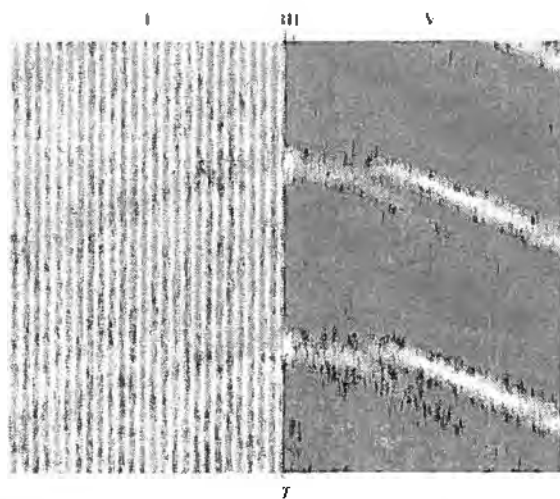


Рис. 5 Пространственные распределения плотности энергии излучения
внутри интерферометра и вблизи него $\theta = 30^\circ$, $\alpha = 0,043$

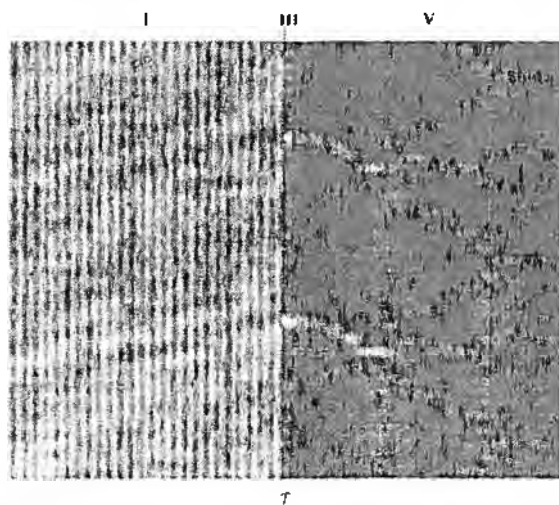


Рис. 6 Пространственные распределения плотности энергии излучения
внутри интерферометра и вблизи него $\theta = 30^\circ$, $\alpha = 0,072$

Таким образом, численные расчеты показывают, что рассматриваемая система обладает комплексом параметров, изменением которых можно в очень широких пределах менять структуру полей прошедших и отраженных сигналов. Такие интерферометры-решетки могут быть использованы, в частности, при создании амплитудно-фазовых модуляторов, спектральных селекторов, пространственных коммутаторов нового типа, устройств ввода-вывода и кодирования информационных сигналов, устройств структурирования световых полей для захвата и перераспределения холодных атомов и молекул, создания световых ловушек.

Литература

1. Kazberuk A.V., Shutsyn G.V. Diffraction gratings on a thin-layer Fabry-Perot interferometer with modulation of a refractive index of intermediate layer for spatial optical switches // Optics in Computing 2000. Roger A. Lessard, Tigran Galstian. Editors. SPIE Vol 4089, P. 927-938