

Используя (5), по данным рис. 3 при $b=1$ см получим, что амплитуды нормального и тангенциального смещений в волне на поверхности образца равны соответственно $U_{oz} \sim 160$ А, $U_{ox} \sim 100$ А. Отношение полуосей эллипса поверхностных смещений $\frac{U_{oz}}{U_{ox}} \sim \frac{1,0}{0,6}$, что соответствует расчетам [2] при значении коэффициента Пуассона для наших образцов $\sigma=0,3$.

Таким образом, применение электродимического преобразователя позволяет получить информацию о характере смещений в поверхностной волне. Это свойство может найти применение для исследования характеристик смещения в поверхностных волнах, распространяющихся в кристаллах. Кроме того, такой приемник может быть использован для изучения нелинейных эффектов при распространении упругих поверхностных волн. Действительно, распространение поверхностных волн конечной амплитуды должно приводить к искажению эллипса смещений в волне, что, по-видимому может быть обнаружено электродинамическим методом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Serafin R. J., Eryberger D., Epstein M. Rev. Scient. Instrum., **38**, No. 10, 1395—1397, 1967.
2. Викторов И. А. Физические основы применения волн Лэмба и Рэлея в технике. М., «Наука», 1966.
3. Palma A., Socino G. Lett. Nuovo cim. **2**, No. 1, 31—35, 1969.

Поступила в редакцию
21.12 1970 г.

Кафедра
акустики

УДК 535.241.13

Е. Р. МУСТЕЛЬ, В. Н. ПАРЫГИН, Л. В. СИМОНЯН

НЕВЗАИМНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ СВЧ-МОДУЛЯТОРОВ СВЕТА

Обычный электрооптический модулятор света является взаимным элементом, т. е. его свойства не меняются при изменении направления света на противоположное. Однако система из двух модуляторов при определенных условиях обладает не-взаимностью [1]. При этом могут быть созданы устройства как с амплитудной, так и с фазовой не-взаимностью.

Принцип действия не-взаимного элемента следующий: луч света проходит последовательно через два идентичных СВЧ-модулятора, использующих линейный электрооптический эффект Пожкельса. Если падающий свет поляризован вдоль одной из наведенных осей электрооптического кристалла, то имеет место фазовая модуляция света. Суммарная фазовая задержка, зависящая от электрического поля, на выходе системы будет равна

$$\Gamma_{\Sigma} = 2\Gamma_0 \cos\left(\frac{\varphi \pm \gamma}{2}\right) \sin\left(\omega t + \frac{\varphi \pm \gamma}{2}\right), \quad (1)$$

где φ — сдвиг фаз между СВЧ-сигналами в модуляторах, γ — определяет изменение фазы СВЧ-сигнала за время прохождения светом расстояния между резонаторами. При этом предполагается, что каждый из модуляторов создает фазовую задержку, равную

$$\Gamma_0 = \frac{\pi}{\lambda} n_0^3 r_{63} E l,$$

где n_0 — показатель преломления, r_{63} — электрооптический коэффициент, E — напряженность электрического поля, l — длина кристалла в направлении распространения света.

При выборе

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \text{ и } \gamma = \frac{\pi}{2} + m\pi, \quad (2)$$

что соответствует расстоянию между резонаторами $L = (2m + 1) \frac{\lambda}{4}$, для одного направления распространения света накопление фазовой задержки имеем $\Gamma_{\Sigma_0} = 2\Gamma_0$, а для противоположного суммарная фазовая задержка равна нулю. Таким образом, система из двух модуляторов при выполнении условий (2) является невзаимным фазовым элементом.

Амплитудный невзаимный элемент может получить из фазового, помещая систему между скрещенными поляроидами, плоскости поляризации которых составляют угол 45° с наведенными осями кристаллов. Свет, для которого Γ_{Σ} равно нулю, через систему не проходит. Свет противоположного направления, проходя через систему, модулируется частотой СВЧ-сигнала. Глубина модуляции составляет 100%, а эффективность [2] $\eta = \sin^2 \Gamma_0$.

Наибольшая эффективность достигается при $\Gamma_0 = \frac{\pi}{2}$, при этом постоянная составляющая прошедшего света составляет половину интенсивности падающего.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Модуляторы света

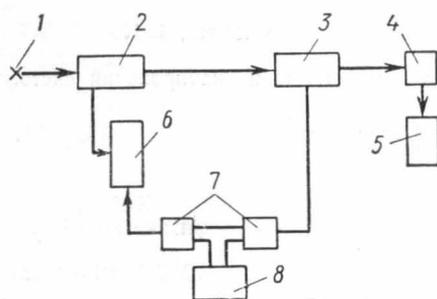


Рис. 1. Принципиальная схема установки: 1 — источник света, 2, 3 — модуляторы, 4 — ФЭУ, 5 — осциллограф, 6 — фазовращатель, 7 — ферритовые вентили, 8 — генератор СВЧ-сигнала

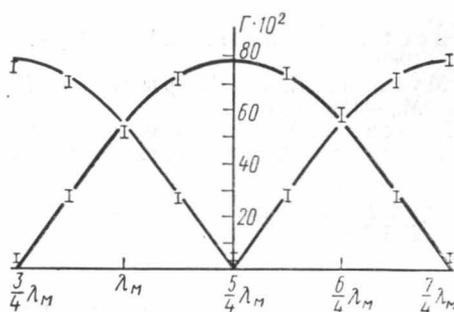


Рис. 2. Зависимость фазовой задержки системы Γ от расстояния между модуляторами

представляют собой тороидальные резонаторы с кристаллом KDP в емкостном зазоре. Размеры кристаллов $4 \times 4 \times 30$ мм³. Частота модуляции составляла примерно 1000 мГц, добротность резонаторов ≈ 330 . Сдвиг фаз γ можно было менять изменением расстояния между модуляторами. Для регулировки разности фаз φ использовался фазовращатель. Изменение сдвига φ на π эквивалентно изменению направления света на противоположное. Для устранения паразитной связи между резонаторами использовались ферритовые вентили. В каждый из резонаторов подавалась мощность, составляющая в импульсе 6 вт. Суммарная эффективность модуляторов η достигала 16%.

На рис. 2 приведена зависимость амплитуды Γ_{Σ_0} от расстояния между резонаторами для $\varphi = \frac{\pi}{2}$ и $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ (случай противоположного направления распространения света). Из рисунка видно, что в соответствии с теорией значения Γ_{Σ_0} для противоположных направлений света совпадают при $L = m \frac{\lambda}{2}$ и наиболее сильно различаются при $L = (2m + 1)\lambda/4$. Характеристикой невзаимности системы может служить отношение интенсивностей лучей, распространяющихся в противоположных направлениях. При $L = m \frac{\lambda}{2}$ система взаимна, при $L = (2m + 1) \frac{\lambda}{4}$ в исследуемой системе отношение I/I_0 достигало 220, т. е. 23,5 дБ. Эта величина может быть увеличена за счет более точного выполнения равенства $\Gamma_{01} = \Gamma_{02}$.

Амплитудно-невзаимные свойства системы из двух модуляторов могут быть использованы, например, для создания кольцевого лазера бегущей волны, а также в

системах, где необходимо исключить обратное влияние отраженной волны. Кроме того, такая система может быть применена для измерения разности фаз [3], а также расстояний между модуляторами. При этом максимальная точность фиксации расстояния достигается при $L = m \frac{\lambda}{2}$. В этих точках изменение разности фаз φ на π не изменяет интенсивности прошедшего света.

Балансный метод регистрации интенсивностей позволяет уменьшить влияние нестабильностей источника света и модуляторов. Точность измерения расстояний по точке равенства интенсивностей при изменении фазы φ на π значительно выше, чем в обычно применяемом методе фиксирования минимума интенсивности.

Фазовая невязанность исследовалась в интерферометре Саньяка [4]. При помещении в интерферометр невязанного элемента один из двух лучей не меняется, а другой приобретает дополнительный набег фазы, равный Γ_{Σ} . В результате картина на выходе интерферометра меняется с частотой модуляции. Измерения с интерферометром позволили оценить дополнительный фазовый сдвиг, созданный невязанным элементом. Он оказался равным $\Gamma_{\Sigma_0} = 0,74$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Boot H., King P., Shersby-Harvie R. Electronics letters, 5, No. 15, 347, 1969.
2. Мустель Е. Р., Парыгин В. Н. Методы модуляции и сканирования света. М., «Наука», 1970.
3. Просин В. В. «Радиотехника и электроника», № 2, 2191, 1968.
4. Дитчберн Р. Физическая оптика. М., ИЛ, 1965.

Поступила в редакцию
25.1 1971 г.

Кафедра
физики колебаний

УДК 621.378.325

Н. В. КРАВЦОВ, Ю. П. ЯЦЕНКО

ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАЗЕРА НА СТЕКЛЕ С НЕОДИМОМ ПРИ БОЛЬШОЙ ДЛИНЕ РЕЗОНАТОРА

Увеличение эффективной длины оптического резонатора ОКГ может привести к возникновению существенных изменений кинетического режима генерации [1]. Так, при больших длинах резонатора наблюдается изменение в кинетике генерации, поскольку, вследствие уменьшения частоты межмодовых биений $\Omega = \frac{\pi c}{L}$ (L — длина

резонатора), с ростом длины L увеличивается глубина модуляции инверсной населенности на частоте Ω . Это приводит к усилению связи между модами. За счет такой сильной связи происходит упорядочение кинетических режимов и появляется эффект самосинхронизации мод. В работе [2] было проведено исследование рубинового ОКГ с линией задержки внутри резонатора. В данной работе приводятся некоторые характеристики ОКГ на стекле с неодимом с большой длиной резонатора. Интерес к неодимовому лазеру вызван тем, что время жизни на метастабильном уровне для Nd^{3+} , как известно, составляет $5 \cdot 10^{-4}$ сек, т. е. на порядок меньше, чем у рубина ($\sim 3 \cdot 10^{-3}$ сек). В связи с этим перечисленные выше эффекты будут наблюдаться при относительно меньших длинах резонатора, чем в случае рубина, и с увеличением длины проявятся сильнее.

Экспериментальная установка представлена на рис. 1. В качестве активного элемента (1) использовался стеклянный стержень, активированный Nd^{3+} , длиной 34 мм диаметром 5 мм. Торцевые поверхности его для исключения дискриминации мод были просветлены. В качестве лампы накачки (2) использовалась ксеноновая лампа-вспышка типа ИФП-1000. Резонатор лазера состоит из двух плоских зеркал (6, 7) с диэлектрическим покрытием, коэффициенты отражения которых 98 и 70 соответственно. Линия задержки (5) образована двумя сферическими зеркалами с радиусом кривизны $R_1 = R_2 = 5$ м, диаметр зеркала 80 мм. Расстояние между зеркалами задержки 2—3 м. Для ввода и вывода лучей в обоих зеркалах имелись отверстия диаметром 2,8 мм.