

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Е. М. Дианов, Э. А. Захидов, А. Я. Карасик, Перестройка частоты излучения четырехфотонного смешения в двулучепреломляющем волоконном световоде,
Письма в ЖТФ, 1983, том 9,
выпуск 23, 1455–1459

<https://www.mathnet.ru/pjtf1859>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.87

14 мая 2025 г., 12:14:00



Л и т е р а т у р а

- [1] Miller R., Savage A. J. - Appl. Phys., 1960, v. 31, N 4, p. 662-669.
- [2] Sujak B., Biedrzycki K. - Acta Phys. Pol., 1972, v. A42, N 1, p. 49-54.
- [3] Флерова С.А., Таран В.Г., Бочков О.Е. Кристаллография, 1982, т. 27, № 2, с. 302-304.
- [4] Гареев Б.М. Физика диэлектрических материалов, М.: Энергия, 1973, с. 104.
- [5] Рудяк В.М. Актуальные проблемы современной физики сегнетоэлектрических явлений, Калинин, КГУ, 1978, с. 71-102.

Поступило в Редакцию
19 августа 1983 г.

Письма в ЖТФ, том 9, вып. 23 12 декабря 1983 г.

ПЕРЕСТРОЙКА ЧАСТОТЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕТЫРЕХФОТОННОГО СМЕШЕНИЯ В ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЯЮЩЕМ ВОЛОКОННОМ СВЕТОВОДЕ

Е.М. Дианов, Э.А. Захидов,
А.Я. Карасик

Благодаря возможности поддерживать высокие плотности мощности на больших длинах взаимодействия излучения со средой волоконные световоды (ВС) существенно снижают уровни мощности, при которых наблюдаются нелинейно-оптические эффекты [1-3]. К числу таких эффектов относятся вынужденные четырехфотонные процессы (ВЧП). Фазовый синхронизм в ВЧП $2k_N = k_C + k_A (k_i = 2\pi n_i \nu_i)$ в ВС можно достичь с помощью дисперсии: межмодовой [2], внутримодовой (вблизи нулевой материальной дисперсии [4]), или за счет двулучепреломления световода [5, 6]. При этом, используя определенный вид дисперсии для синхронизации фаз взаимодействующих волн, с помощью четырехфотонных процессов можно исследовать те физические параметры световода, которые связаны с данным видом дисперсии. В [2] нами было показано, что исследование ВЧП дает информацию о различных физических характеристиках волоконных световодов.

В двулучепреломляющем одномодовом ВС между двумя главными осями существует разница в эффективных показателях преломления, что приводит к различию постоянных распространения волн с ортогональными поляризациями, совпадающими с этими осями. Таким образом, если накачка в световоде будет распространяться с поляризацией, совпадающей с „медленной“ осью (меньшая фазовая скорость волны), а стоко-антистоксовые компоненты ВЧП с поля-

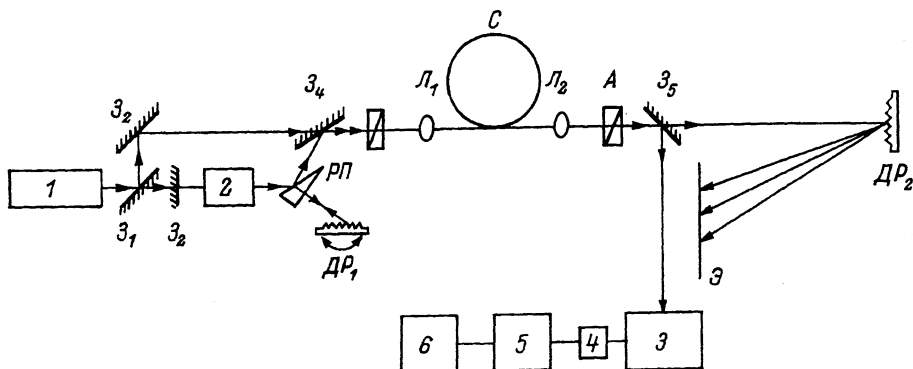


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 - лазер на $YAG:Nd^{3+}$ ЛТИПЧ-8; $3_1, 3_3, 3_4$ и 3_5 - полупрозрачные, 3_2 - 100%-ные зеркала; 2 - кристалл $LiF:F_2^-$; PP - расширяющая призма; DP_1 и DP_2 - дифракционные решетки; Π - поляризатор; L_1, L_2 - линзы; C - световод; A - анализатор; \mathcal{E} - экран; 3 - монохроматор МДР-23; 4 - германиевый фотодиод ЛФД; 5 - интегратор $PAR-162$; 6 - самописец КСП-4.

ризацией по „быстрой“ оси (большая фазовая скорость волны), то фазовый синхронизм выполняется на определенной частоте, в зависимости от значения двулучепреломления.

Для исследований был выбран световод с такими параметрами ($\Delta n = 4.1 \cdot 10^{-3}$, $2a_c = 7$ мкм), чтобы во всем диапазоне перестройки длин волн накачки он был одномодовым и чтобы характеристический параметр $V = 2\pi \nu_n a_c (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$ (где ν_n - частота накачки, a_c - радиус сердцевины ВС, n_1 и n_2 - показатели преломления сердцевины и оболочки) находился в области, где изменениями двулучепреломления, обусловленными эллиптичностью сердцевины ВС можно пренебречь [7].

Схема экспериментальной установки показана на рис. 1. В качестве источника накачки использовались импульсно-периодические лазеры на гранате с неодимом (1.0642 мкм) и перестраиваемый лазер на кристалле $LiF:F_2^-$ (1.09÷1.23 мкм, $\Delta\nu < 1$ см $^{-1}$) [8]. Излучение накачки после поляризатора Π с мощностью $R_H < 1$ кВт имело поляризацию, совпадающую с „медленной“ осью ВС. При этом на выходе световода кроме линейнополяризованной накачки наблюдались стоксовая и антистоксовая компоненты, поляризованные ортогонально накачке, а также стоксовая компонента ВКР (с частотным сдвигом ~ 440 см $^{-1}$) с поляризацией, совпадающей с накачкой. При измерении спектров контролировалось, чтобы не было насыщения четырехфотонных процессов по мощности, которое приводит к дополнительному уширению спектров стокс-антистоксовых компонент и чтобы мощность накачки при перестройке λ_H оставалась постоянной.

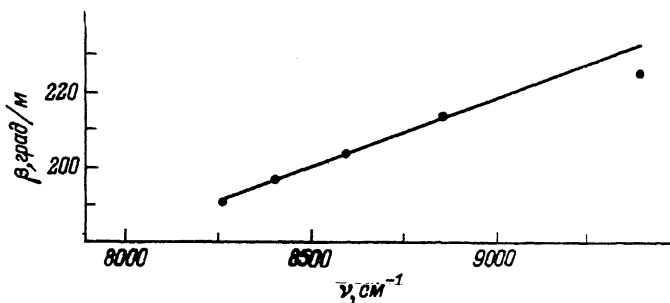


Рис. 2. Зависимость двулучепреломления от частоты излучения.

Частотный сдвиг $\Delta\nu$ стокс-антистоксовых компонент в ВС длиной 10 м при изменении длины волны накачки от 1.0642 до 1.21 мкм изменялся от 60 до 79 см⁻¹. Из измеренных $\Delta\nu$, при известных значениях материальной ΔK и внутримодовой W дисперсии были рассчитаны значения двулучепреломления на соответствующих λ_H по формуле $\Delta\beta = (\Delta K + W) \Delta\nu^2$. С увеличением λ_H вклад внутримодовой дисперсии увеличивается: при $\lambda_H = 1.21$ мкм для исследованного ВС $W \approx 0.5 \Delta K$. На рис. 2 показана зависимость рассчитанных таким образом значений двулучепреломления от частоты накачки ν_H . Так как в нашем случае можно пренебречь изменениями двулучепреломления из-за эллиптичности сердцевины ВС, зависимость двулучепреломления от ν_H обуславливается только напряжениями в материале световода [9]. Тогда разница в постоянных рас пространения между двумя главными осями ВС $\beta_1 - \beta_2 = \frac{2\pi n_1}{\lambda_H} - \frac{2\pi n_2}{\lambda_H} = 2\pi n \delta n$ линейно зависит от частоты излучения (рис. 2).

Для определения вариаций двулучепреломления по длине исследуемый световод постепенно укорачивается с выходного конца и в каждом случае при $\lambda_H = 1.0642$ мкм измерялся сдвиг $\Delta\nu$. Для ВС с $l = 10$ м сдвиг $\Delta\nu = 60$ см⁻¹. На начальных 5 м $\Delta\nu = 80$ см⁻¹, на конечных 5 м $\Delta\nu = 60$ см⁻¹. Поменяв местами входной и выходной концы конечного 5 м отрезка, мы обнаружили, что $\Delta\nu$ возросло до 71 см⁻¹. На первых 3 м $\Delta\nu$ возросло от 80 до 118 см⁻¹. Анализ этих фактов позволяет утверждать, что генерация стокс-антистоксовых компонент эффективно происходит на конечном участке световода. Это, по-видимому, связано с тем, что из-за вариации двулучепреломления по длине ВС, излучение стокс-антистоксовых компонент, возникшее в начале световода, за счет фазовой расстройки обратно преобразуется в накачку.

Известно, что ВС с малым двулучепреломлением чувствительны к внешним механическим воздействиям [10]. В нашем случае, мы

исследовали влияние намотки ВС с малым радиусом и давления на частотную характеристику ВЧП. При намотке ВС длиной 5 м на катушку с диаметром 5 см наблюдался непрерывный стокс-антистоксовый спектр с $\Delta\nu$ от 0 до 40 см^{-1} , а генерация с $\Delta\nu = 80 \text{ см}^{-1}$, наблюдавшаяся в ненамотанном световоде исчезла. При распределенном давлении (2 н/см) на начальном участке 40 см световода длиной 5 м ни ширина спектров стокс-антистоксовой генерации ($\delta\nu \approx 10 \text{ см}^{-1}$), ни сдвиг ($\Delta\nu = 80 \text{ см}^{-1}$) практически не изменились. При таком же давлении на конечный участок ВС величина сдвига не менялась, однако происходило значительное уширение спектров вплоть до $\delta\nu = 80 \text{ см}^{-1}$.

Таким образом, наряду с уширением спектров, связанным с насыщением нелинейного преобразования при значительном увеличении мощности P_H , имеет место уширение, связанное с тем, что к собственному двулучепреломлению ВС добавляется индуцированный внешним давлением спектр двулучепреломления.

Л и т е р а т у р а

- [1] Грудини́н А.Б., Гурьянов А.Н., Дианов Е.М., Захидов Э.А., Карасик А.Я., Лучников А.В. - Квантовая электроника, 1981, т. 8, с. 2383.
- [2] Дианов Е.М., Захидов Э.А., Карасик А.Я., Мамышев П.В., Прохоров А.М. - Письма в ЖЭТФ, 1981, т. 34, с. 40; ЖЭТФ, 1982, т. 83, с. 39.
- [3] Басиев Т.Т., Дианов Е.М., Захидов Э.А., Карасик А.Я., Ми́ров С.Б., Прохоров А.М. - Письма в ЖЭТФ, 1983, т. 37, с. 192.
- [4] Lin C., Reed W.A., Pearson A.D., Shang H.T. - Opt. Lett., 1981, v. 6, p. 493.
- [5] Stollen R.H., Bösch M.A. and Lin C. - Opt. Lett., 1981, v. 6, p. 213.
- [6] Ken-ichi Kitayama, Shig-lyuki Seikai and Naoya Uchida. - Appl. Phys. Lett., 1982, v. 41, p. 322.
- [7] Adams M.J., Payne D.N., Ragle C.M. - Electron. Lett., 1979, v. 15, p. 299.
- [8] Басиев Т.Т., Воронько Ю.К., Ми́ров С.Б., Осико В.В., Прохоров А.М., Соскин М.С., Тараненко В.Б. - Квантовая электроника, 1981, т. 9, с. 174.
- [9] Eickhoff W., Yen Y. and Ulrich R. - Appl. Opt., 1981, v. 20, p. 3428.

[10] Гурьянов А.Н., Гусовский Д.Д., Девятых Г.Г., Дианов Е.М., Карасик А.Я., Козлов В.А., Миракян М.М., Прохоров А.М. - Квантовая электроника, 1981, т. 8, с. 2473.

Поступило в Редакцию
14 июля 1983 г.

Письма в ЖТФ, том 9, вып. 23

12 декабря 1983 г.

ПРОХОЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН ЧЕРЕЗ ПЕРИОДИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛОСОК

А.В. Вашковский, А.В. Вороненко,
В.И. Зубков, В.Н. Кильдишев

Построение узкополосных СВЧ фильтров и резонаторов — одна из важных задач современной сверхвысокочастотной (СВЧ) техники. В этой связи рассматривается возможность построения СВЧ фильтров на основе явления отражения магнитостатических волн (МСВ), распространяющихся в пленках железо-иттриевого граната (ЖИГ), от периодических структур, которые могут быть образованы металлизированными полосками, канавками или точечными неоднородностями, размещенными на пути распространения МСВ (см., например, [1-4] и библиографию в них). Проведенные эксперименты показывают, что такие резонаторы и фильтры достаточно сложны в изготовлении, имеют несколько полос пропускания, большие потери СВЧ сигнала и незначительную разницу между уровнями запираения и прохождения сигнала. Между тем альтернативная возможность построения фильтров на основе прохождения МСВ через аналогичные периодические структуры в литературе не изучалась.

Нами было проведено экспериментальное исследование прохождения поверхностной МСВ через пленку ЖИГ в случае, когда на пути ее распространения была размещена периодическая структура из ряда параллельных металлических полосок (конкретно из 20 медных полосок длиной 2 мм, толщиной 1.6 мкм; период структуры менялся от 40 до 120 мкм, а ширина металлических полосок — от 2 до 14 мкм), схематически изображенная на вставке к рисунку. На рисунке приведена зависимость отношения прошедшей мощности к падающей от частоты для пленки ЖИГ с размерами 10 x 2x0.006 мм и периодической структуры с периодом 93 мкм и шириной металлической полоски 7.5 мкм. Постоянное магнитное поле было равно 707 Э. Из рисунка видно, что получена одна полоса пропускания