

рядок) значений N_e , определяемых по уширению линий различных кратностей ионизации. Вероятно, основной вклад в уширение линий низшей кратности ионизации вносят пристеночные слои, подобные рассмотренным в [11, 14].

Список литературы

- [1] *Drawin H. W.* // *Z. Phys.* 1969. Bd 228. S. 99—119.
- [2] *Kudo K., Akazaki M.* // *Technol. Repts. Kyushu Univ.* 1975. Vol. 48. N 3. P. 227—231.
- [3] *Bakos J. S., Ignasz R. N., Szigeti J.* // *Investigation of pulsed ars discharge by Thomson scattering.* Budapest, 1979. N 56. 9 p.
- [4] *Гиппиус Е. Ф., Илюхин Б. Н., Колесников В. Н.* // *Физика плазмы.* 1978. Т. 4. № 6. С. 1377—1382.
- [5] *Жовтянский В. А., Левченко Ю. Н.* // *ПТЭ.* 1978. № 6. С. 76—79.
- [6] *Чутов Ю. И., Жовтянский В. А.* // *ПТЭ.* 1977. № 4. С. 225—226.
- [7] *Андреева Л. И., Жовтянский В. А., Кайдалов С. А.* и др. // *Фотоэлектронные приборы для исследования быстротекущих процессов.* М.: Атомиздат, 1979. С. 97—108.
- [8] *Мазинг М. А., Слемзин В. А.* // *Тр. ФИАН СССР.* 1980. Т. 119. С. 185—200.
- [9] *Жовтянский В. А., Нелеп К. В., Новик О. М.* // *ЖПС.* 1988. Т. 49. № 3. С. 400—407.
- [10] *Биберман Л. М., Воробьев В. С., Якубов И. Т.* *Кинетика неравновесной низкотемпературной плазмы.* М.: Наука, 1982. 273 с.
- [11] *Бакиш Ф. Г., Рыбаков А. Б.* // *ЖТФ.* 1978. Т. 48. Вып. 2. С. 234—243.
- [12] *Мак-Даниелл И., Мэгон Э.* *Подвижность и диффузия ионов в газах.* М.: Мир, 1976. 422 с.
- [13] *Hollenstein C., Sayasov G., Schneider H.* // *Helv. Phys. Acta.* 1975. Vol. 8. P. 243—259.
- [14] *Чекмарев И. Б., Чекмарева О. М.* *Препринт ЛФТИ АН СССР.* № 867. Л., 1984. 43 с.

Киевский государственный университет им. Т. Г. Шевченко

Поступило в Редакцию
8 июня 1988 г.
В окончательной редакции
6 декабря 1988 г.

06; 08; 09

Журнал технической физики, т. 59, в. 9, 1989

ТРЕХМОДОВЫЙ РЕЖИМ ПРИ СТРИКЦИОННОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ВОЗБУЖДЕНИИ УЛЬТРАЗВУКА СВЧ НАКАЧКОЙ

Г. В. Белокопытов, И. В. Ивнов, В. Н. Семененко, В. А. Чистяев

В [1, 2] было экспериментально реализовано и исследовано возбуждение акустических колебаний в диэлектрических резонаторах (ДР) из KTaO_3 под действием СВЧ накачки. Параметрическое взаимодействие, обусловленное электрострикцией, происходило в двухмодовом режиме, когда акустические колебания (с частотой Ω_n) возбуждались на одной из упругих мод ДР, а колебания накачки (ω_n) и комбинационных частот

$$\omega_k = \omega_n + k\Omega_n, \quad k = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

на одной из электромагнитных мод.

В данной работе стрикционная параметрическая генерация осуществлена в трехмодовом режиме, когда накачка и разностная комбинационная частота (ω_{-1}) возбуждались на различных модах ДР. Эксперимент проводился с цилиндрическими ДР из KTaO_3 , которые помещались в короткозамкнутую петлю коаксиальной измерительной ячейки и охлаждались до 4.2 К. Линейные размеры резонаторов составляли около 1 мм, при этом основные частоты электромагнитных резонансов были порядка 10 ГГц, а упругих — около 3 МГц. Все моды цилиндрического ДР, не обладающие радиальной симметрией, двукратно вырождены, однако вследствие неидеальности формы резонатора и влияния окружающих предметов вырождение снималось, так что относительная разность между частотами электромагнитных дублетов ω'_i, ω''_i составляла $\sim 0.1\%$. Перемещая вблизи ДР металлический штырь, можно было плавно перестраивать колебательную систему и добиваться выполнения условия резонансного трехчастотного взаимодействия

$$\omega'_i - \omega''_i = \Omega_j, \quad (2)$$

где Ω_j — собственная частота j -ной акустической моды ДР.

Возбуждая в кристалле на моде ω'_i колебания достаточной интенсивности, можно было осуществить преобразование энергии накачки в акустический сигнал с частотой Ω_a , близкой к Ω_j , и электромагнитные колебания комбинационной частоты ω_{-1} на моде ω''_i (режим с преобразованием моды [3]).

В эксперименте был установлен ряд особенностей трехмодового режима стрикционной параметрической генерации по сравнению с исследованным ранее в [1, 2] двухмодовым режимом. Так, в двухмодовом режиме параметрическое возбуждение происходило лишь при положительной расстройке частоты накачки относительно резонансной ($\omega_n > \omega'_i$), а в трехмодовом

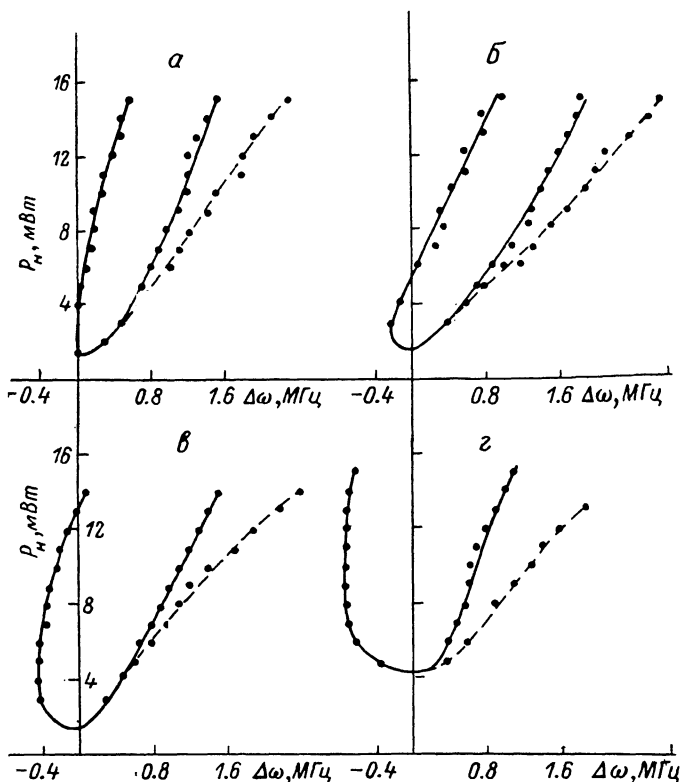


Рис. 1. Границы области возбуждения (сплошные) и срыва параметрической генерации с $\Omega_a \approx 6.02$ МГц при различных условиях настройки $\delta\omega = \omega' - \omega''$.

$\delta\omega$, МГц: а — 5.7, б — 6.0, в — 6.2, г — 6.8.

параметрическая генерация наблюдалась как при положительной, так и при отрицательной расстройке. Если же $\omega_n = \omega'_i$ и точно выполнено требование синхронной настройки колебательной системы (2), то все три частоты, участвующие в параметрическом взаимодействии (ω_n , ω_{-1} , Ω_a), возбуждались в оптимальных резонансных условиях, при этом требуемая пороговая мощность накачки снижалась по сравнению с двухмодовым режимом не менее чем на порядок.

Изменяя интервал между частотами ω'_i и ω''_i , удавалось добиваться резонансных условий возбуждения для различных упругих мод резонатора. В качестве примера в таблице представлены результаты, полученные на одном из образцов (ДР имел диаметр 1.28 мм и высоту 0.51 мм, накачка производилась на моде H_{128} , имевшей частоту 9.1 ГГц и нагруженную добротность на моде накачки $Q' \sim 24 \cdot 10^3$ и на моде комбинационной частоты $Q'' \sim 15 \cdot 10^3$). В таблице указаны частоты акустических мод и пороговые мощности параметрической генерации для образца, погруженного в жидкий гелий. Некоторые из возбуждавшихся акустических мод были идентифицированы как изгибные колебания при сравнении с расчетным спектром изгибных колебаний пластины. Для таких мод в таблице указаны пары индексов, представляющих число узловых окружностей и узловых диаметров. В трехмодовом режиме удавалось наблюдать возбуждение большего числа акустических мод, чем в двухмодовом режиме, и достигать более высоких частот ультразвука.

Зависимости пороговой мощности параметрической генерации от частоты накачки при различных условиях настройки колебательной системы представлены на рисунке. При неточ

Характеристики акустических мод ДР

ε_a , МГц	$P_{\text{пор}}$, мВт	Тип (<i>sn</i>)	ε_a , МГц	$P_{\text{пор}}$, мВт	Тип (<i>sn</i>)
2.90	4.5	02	9.03	1.7	
3.80	4.5	10	10.54	1.3	
4.40	3.6		12.10	4.7	
5.23	1.4	03	13.10	5.0	
6.02	0.6		14.20	5.7	
7.35	1.4		15.00	6.5	12
7.95	1.9	11	16.80	8.0	20

ном синхронизме границы возбуждения и срыва параметрической генерации не совпадали, что свидетельствовало о жестком характере возбуждения.

Указанные выше особенности трехмодового режима находятся в согласии с результатами теоретического исследования [3], проведенного в предположении, что на каждой из взаимодействующих мод возбуждаются колебания лишь одной частоты. Непосредственное наблюдение спектра электромагнитного СВЧ сигнала, отраженного от ДР, показало, что указанное допущение справедливо, если уровень накачки ненамного превышает порог. Однако с ростом мощности накачки происходило увеличение относительной интенсивности других комбинационных частот вида (1). Они могли возбуждаться как на моде накачки, так и на моде комбинационной частоты в силу того, что расстояние между соседними гармониками ω_k в условиях эксперимента было сравнимо с шириной полосы электромагнитных резонансов. При многократном превышении порога распределение энергии по спектру комбинационных частот приобретало сходство с двухмодовым режимом.

Поскольку уругие моды, имеющие узловые диаметры, вырождены в цилиндрических ДР, так же как и электромагнитные, то при некоторых условиях настройки в эксперименте наблюдалось одновременное возбуждение ультразвуковых сигналов на двух акустических модах. Это явление заслуживает дальнейшего исследования.

Реализация резонансного стрикционного электроакустического взаимодействия в трехмодовом режиме существенно расширяет возможности управления спектром параметрической генерации (и для СВЧ колебаний, и для ультразвука). Обнаруженная возможность существенного снижения пороговой мощности накачки открывает также перспективы расширения круга материалов, где этот эффект может быть осуществлен.

Авторы выражают благодарность П. П. Сырникову за предоставление кристаллов танталата калия.

Литература

- [1] Белокопытов Г. В., Иванов И. В., Решетников М. Е., Чистяев В. А. // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. Вып. 19. С. 1210—1213.
- [2] Белокопытов Г. В., Иванов И. В., Решетников М. Е., Чистяев В. А. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1987. Т. 51. N 12. С. 2208—2215.
- [3] Белокопытов Г. В. // Изв. вузов. Радиофизика. 1987. Т. 30. N 9. С. 1121—1129.

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова

Поступило в Редакцию
22 июня 1988 г.

ЭНЕРГИЯ ИМПУЛЬСА ИЗЛУЧЕНИЯ ($\lambda=1.06$ мкм), Пороговая для развития оптического разряда в аэрозоле из частиц корунда

Н. Н. Белов

Экспериментальные исследования [1] показали, что энергия E лазерного импульса ($\tau=80$ нс, $\lambda=1.06$ мкм), пороговая для возникновения сгустков плазмы оптического разряда (ОР) в аэрозольной камере, определяется концентрацией n аэрозольных частиц. В настоящей