

ние скорости движения акустической волны  $\approx 0.73$  км/с позволяет оценить температуру газа перед фронтом волны ( $\approx 420$  К) и минимальную величину нагрева газа вдали от электродов объемным самостоятельным разрядом  $\Delta T \approx 130$  К.

В заключение необходимо отметить следующее. В течение всего времени генерации импульса излучения ( $\tau < 3$  мкс) наблюдается высокая оптическая однородность активной среды. Для времен задержки  $\tau \geq 10$  мкс оптическая однородность может нарушаться только за счет срыва объемного разряда в дуговой режим (см. рисунок, г), что приводит к резкому изменению плотности газа. По сравнению с обычными способами организации объемных несамостоятельных [5] и самостоятельных [6] разрядов скользящий по диэлектрику разряд инициирует гораздо более сильное газодинамическое возмущение активной среды в поздние моменты времени, тогда как в ранние моменты времени способствует созданию оптически однородных активных сред большой апертуры.

Авторы хотели бы выразить свою признательность Ю.Б. Коневу за полезные обсуждения экспериментальных результатов.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Горковский В.П., Карлов Н.В., Ковалев И.О. и др. // Квантовая электроника. 1984. Т. 11. № 9. С. 1867-1869.
- [2] Карлов Н.А., Кислицев А.В., Ковалев И.О. и др. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. В. 10. С. 617-622.
- [3] Токер Г.Р. // ЖТФ. 1988. Т. 58. В. 5. С. 915-921.
- [4] Карлов Н.В., Колев Ю.Б., Кочетов И.В., Певгов В.Г. Константы скорости и баланс энергии электронов в плазме газоразрядных  $\text{CO}_2$  лазеров. - Препринт ФИАН. 1976. № 91. 44 с.
- [5] Бурцев В.А., Кондаков А.А., Поповин В.П. и др. // ЖТФ. 1978. Т. 48. В. 4. С. 712-716.
- [6] Clark W.M., Jr. // Appl. Opt. 1974. V. 13. N 9. P. 1995-1997.

Институт общей физики  
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию  
6 марта 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 9

12 мая 1989 г.

06; 09

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ МОД В КАСАТЕЛЬНО НАМАГНИЧЕННЫХ ФЕРРИТОВЫХ ВОЛНОВОДАХ

Е.О. Каменецкий, О.В. Соловьев

Вопросы миниатюризации спин-волновых устройств с целью создания функциональных элементов СВЧ интегральных схем делают актуальной задачу исследования характеристик возбуждения и распространения МСВ в слоях ЖИГ конечной ширины.

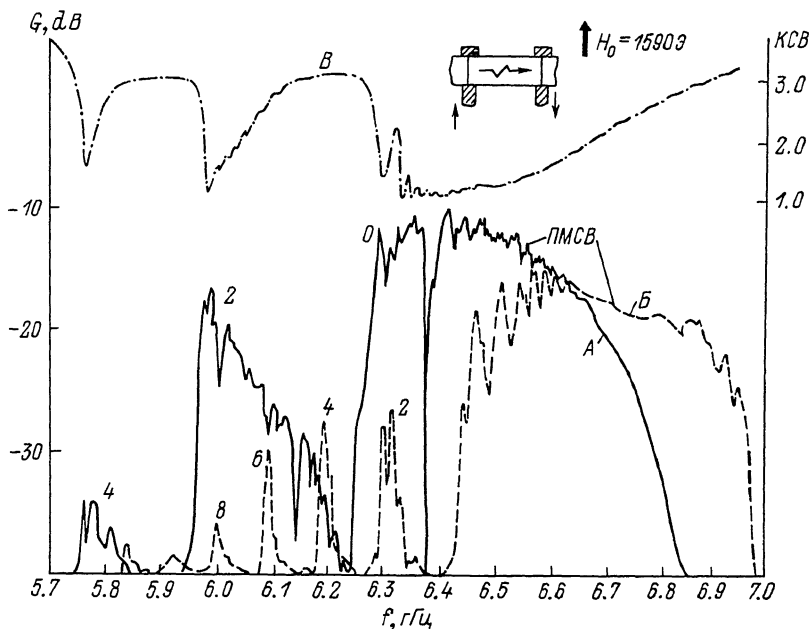


Рис. 1. АЧХ МСМ в волноводах с  $w/d = 22,5$  (кривая А),  $w/d = 45$  (кривая В) и частотная характеристика КСВН антенны при  $w/d = 22,5$  (кривая В) (0, 2, 4, 6, 8 - номера мод).

Известно, что в касательно намагниченном слое ЖИГ, ограниченном по ширине, помимо поверхностных МСВ (ПМСВ) распространяются объемные МСВ (ОМСВ) в частотной области ниже резонансной частоты  $f_p = \sqrt{\gamma^2 \cdot H_B \cdot (H_B + 4\pi M_0)}$ , где  $H_B$  - касательная компонента внутреннего магнитного поля,  $\gamma$  - гиромагнитное отношение,  $M_0$  - намагниченность насыщения [1, 2].

Особенностью спектра ОМСВ является его многомодовость, что в сравнении с одномодовым режимом распространения ПМСВ создает значительные трудности на пути их использования при создании устройств спин-волновой электроники. Как показывают теоретические расчеты [1], уменьшение соотношения  $w/d$  поперечных размеров ЖИГ слоя (где  $w$  - ширина слоя,  $d$  - толщина) приводит, с одной стороны, к существенному разрежению спектра ОМСВ, к расширению частотной полосы прозрачности отдельных волноводных мод, с другой стороны, к заметной отсечке поверхностных волноводных мод по продольному волновому числу  $K$  со стороны малых значений  $K$ . Это говорит о возможности реализации одномодового режима в узких слоях ЖИГ. В то же время подробные экспериментальные исследования распространения магнитостатических мод (МСМ) в узких, касательно намагниченных слоях ЖИГ, отсутствуют.

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований распространения МСМ в узких слоях феррита с различными

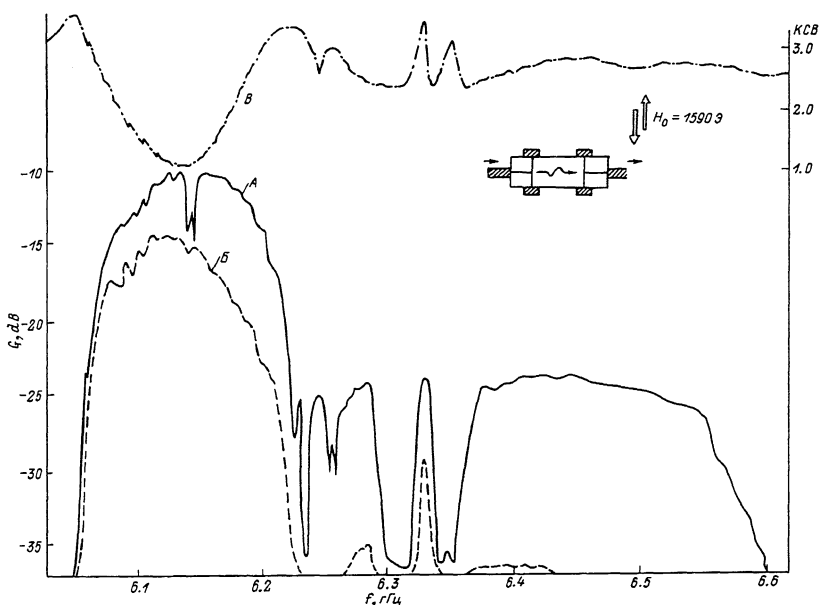


Рис. 2. АЧХ МСМ в волноводе с  $w/d = 22.5$  при противоположных ориентациях внешнего магнитного поля (кривые А, Б) и частотная характеристика КСВН антенны (кривая В).

ми параметрами  $w/d$  (45, 22.5) в условиях однородного и неоднородного внешнего магнитного поля. Для возбуждения МСМ применялись антенны двух типов: антенна I-типа, возбуждающая симметричные по ширине слоя моды, и T-типа, возбуждающая антисимметричные моды. В экспериментах использовались пленки ЖИГ с намагниченностью насыщения  $4\pi M_0 = 1750$  Гс. Антенны изготавливались из проволоки диаметром 30 мкм и располагались на свободной поверхности ферритового слоя.

На рис. 1 представлены экспериментальные АЧХ симметричных МСМ, возбуждаемых антеннами I-типа для волноводов с параметрами  $w/d = 22.5$  45 и толщине пленки  $d = 46$  мкм при расстоянии между антеннами 5 мм. Внешнее магнитное поле составляло 1590 Э. Здесь же приведена частотная характеристика КСВН входной антенны для волновода с параметром  $w/d = 22.5$ .

Как и в теоретических расчетах, в эксперименте наблюдается заметное разрежение спектра ОМСВ при уменьшении параметра  $w/d$ .

Частотные характеристики вносимых потерь и КСВН для волновода с  $w/d = 22.5$ , полученные при использовании T-антенны, представлены на рис. 2. Сопоставление экспериментальных АЧХ на рис. 1 и 2 для волновода с  $w/d = 22.5$  позволяет идентифицировать наблюдаемые объемные моды и поверхностную волну, а также определить частотную границу раздела  $f_p$  спектров ПМСВ и ОМСВ. Частотные

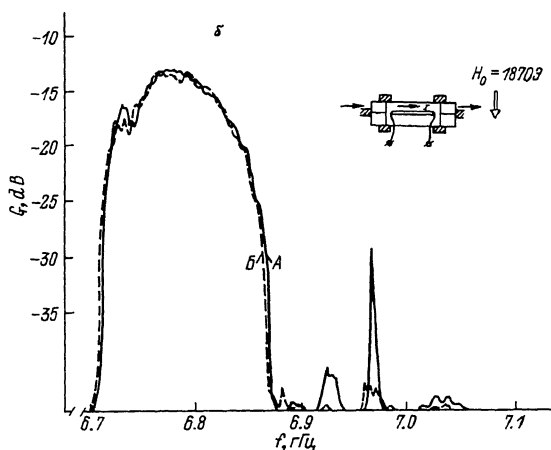
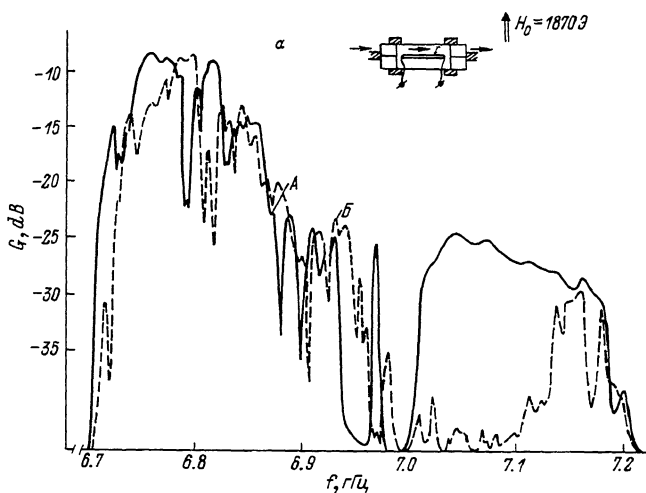


Рис. 3. АЧХ МСМ в волноводе ( $w/d = 22.5$ ) с токовым электродом при противоположных ориентациях внешнего магнитного поля и неоднородностях поля типа „впадина” (б) и „выпуклость” (а). Кривая А соответствует току  $I = 0$ , кривая Б — току  $I = 1.8$  (а) и  $I = 0.6$  (б).

полосы наблюдаемых мод находятся в качественном соответствии с теоретическим расчетом. Нулевая мода в случае Г-антенны и первая — в случае Т-антенны являются основными модами и имеют на АЧХ наибольшие амплитуды. Следует отметить, что в случае антенны Т-типа имеет место более заметное разделение частотных полос основной объемной моды и ПМСВ по сравнению с Г-антенной. При  $w/d = 45$ , как видно из рис. 1, граница раздела частотных полос нулевой моды и ПМСВ вообще не наблюдается.

Особенностью антенны Т-типа (в сравнении с 1-антенной) является низкая эффективность возбуждения ПМСВ. Это видно из частотной характеристики КСВН и АЧХ на рис. 2. Слабая эффективность возбуждения ПМСВ приводит к возможности полного подавления ПМСВ с переориентацией внешнего магнитного поля. При этом наблюдается небольшое снижение уровня объемной моды (кривая Б на рис. 2), что, по всей видимости, обусловлено слабой невзаимностью ОМСВ.

Следует особо отметить паразитные частотные пики между полосами прозрачности первой объемной моды и ПМСВ на АЧХ, снятой на макете с Т-антенной (кривая А на рис. 2). Наличие этих пиков связано, на наш взгляд, либо с возбуждением высших мод по толщине волновода, либо с влиянием продольного участка антенны Т-типа. В экспериментальных макетах длина продольного участка Т-антенны составляла 0,5 мм при расстоянии между антеннами 9 мм. Изменение направления магнитного поля приводит к существенному снижению амплитуды этих пиков (кривая Б на рис. 2).

С целью исследования влияния неоднородности магнитного поля на АЧХ МСМ были проведены экспериментальные исследования распространения МСМ в волноводе с поперечной неоднородностью магнитного поля, созданной проводником с током, расположенным на поверхности феррита. Эксперименты проводились при двух направлениях тока в проводнике, так что в тракте формировалась неоднородность поля типа „впадина” или „выпуклость”. Величина тока варьировалась в пределах от 0 до 2 А. Внешнее магнитное поле составляло 1870 Э. Проводник имел длину 8 мм и диаметр 100 мкм.

Установлено, что неоднородность поля любого профиля не оказывает заметного влияния на частотную полосу и амплитуду основной объемной моды. Неоднородность поля типа „выпуклость” приводит к значительному уменьшению амплитуды и частотной полосы ПМСВ со стороны малых значений волнового числа  $K$ . При заметном влиянии тока на АЧХ ПМСВ, влияние его на КСВН не наблюдается.

На рис. 3, а представлены АЧХ, снятые при токе  $I = 0$  и  $I = 1,8$  А, формирующем неоднородность магнитного поля в феррите типа „выпуклость”. Наличие изрезанности АЧХ обусловлено влиянием продольного участка металла токового электрода.

Поскольку ширина области неоднородности поля соизмерима с шириной волновода, наблюдаемое в эксперименте изменение АЧХ ПМСВ связано, по всей видимости, с влиянием тока на характер дисперсии.

Неоднородность магнитного поля типа „впадина” оказывает наиболее сильное влияние только на паразитные частотные пики.

На рис. 3, б показаны АЧХ МСМ, снятые на том же макете для обратного направления внешнего поля при токе  $I = 0$  и  $I = 0,6$  А, формирующем неоднородность поля типа „впадина”. В этом случае, вследствие слабой невзаимности ОМСВ, изрезанность АЧХ, обусловленная металлом токового электрода, отсутствует. Влияние тока приводит к подавлению упоминавшихся ранее паразитных частотных

пиков. При этом существует оптимальное значение тока, соответствующее наилучшему подавлению паразитных пиков ( $I = 0,6 \text{ A}$ ).

Полученные в работе результаты указывают на возможность реализации одномодового режима распространения ОМСВ в ферритовых волноводах с малым параметром  $W/d$  при использовании антенн Т-конфигурации. При этом существует возможность эффективного подавления ПМСВ либо за счет переориентации внешнего касательного магнитного поля, либо за счет формирования поперечной неоднородности внутреннего магнитного поля.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Новиков Г.М., Петрунькин Е.З. // Радиотехника и электроника. 1984. Т. 29. № 6. С. 1691-1695.
- [2] O'Keefe T.W., Patterson R.W. // J. Appl. Phys. 1978. V. 49. N. 9. P. 4886-4895.

Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина)

Поступило в Редакцию  
17 февраля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 9

12 мая 1989 г.

07; 09; 12

### ИСТОЧНИК ПИКОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СОЛИТОННОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

В.Ю. Петрунькин, В.М. Сысоев,  
А.С. Щербakov, Д.З. Гарбузов,  
Ю.В. Ильин, А.В. Овчинников,  
И.С. Тарасов

Источники излучения, способные генерировать последовательность пикосекундных оптических импульсов, представляют повышенный интерес для высокоскоростных волоконно-оптических систем передачи информации (ВОСПИ). Наиболее перспективным для ВОСПИ является получение непрерывной последовательности сверхкоротких импульсов в лазерах, работающих в диапазоне длин волн  $1,3 \dots 1,6 \text{ мкм}$ , где кварцевое волокно обладает предельно малыми потерями, имеется точка нулевой дисперсии, а также возможна реализация солитонного режима передачи информации. Как показывают предварительные оценки, солитонный режим работы ВОСПИ способен обеспечить скорость передачи информации в 10-100 раз большую, чем в линейных линиях, и достигать 1 Тбит/с [1].

Использование в ВОСПИ оптических солитонов является сложной технической задачей, т.е. солитоноподобные импульсы могут су-