

06.3; 07

© 1991

КОЛЛИНЕАРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕТА С МАГНИТОСТАТИЧЕСКОЙ ВОЛНОЙ В ПЛЕНКЕ ФЕРРИТА В ПОПЕРЕЧНО-НЕОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

А.А. Климов, В.Л. Преображенский,
Ю.К. Фетисов

Взаимодействие света с магнитоэлектрическими волнами (МСВ) в планарных магнитных волноводах [1] интенсивно исследуется в настоящее время в связи с перспективой создания интегральных магнитооптических устройств обработки СВЧ сигналов. Продемонстрировано применение коллинеарного взаимодействия в устройствах последовательного [2], а неколлинеарного – параллельного [3] спектрального анализа сигналов, аналогичных акустооптическим устройствам низкочастотного диапазона.

Специфической особенностью МСВ является возможность управления их характеристиками с помощью внешнего намагничивающего поля. Использование неоднородных полей позволяет реализовать существенно неоднородные амплитудно-фазовые распределения поля МСВ и практически моделировать интегрально-оптические среды с заданными дифракционными свойствами. Так с помощью неоднородного магнитного поля удалось повысить эффективность коллинеарного взаимодействия [4] и реализовать брегговский режим дифракции света на МСВ [5].

В настоящей работе впервые исследовано коллинеарное взаимодействие света с поверхностными волнами (ПМСВ) в пленке феррита в условиях поперечно-неоднородного внешнего намагничивающего поля и продемонстрирована возможность использования такого взаимодействия для параллельного спектрального анализа СВЧ сигналов.

Геометрия рассматриваемой задачи показана на рис. 1. Пленка феррита толщиной d и шириной w на немагнитной подложке расположена в плоскости $\vec{y} - \vec{z}$. Внешнее постоянное намагничивающее поле напряженностью $H(y, z)$ направлено по касательной к плоскости пленки вдоль \vec{z} . ПМСВ возбуждаются электромагнитным монохроматическим сигналом с частотой f , поданным на линейный микрополосковый преобразователь, расположенный на поверхности пленки в сечении $y=0$. Пучок света с широкой апертурой падает слева на структуру и возбуждает в пленке одну из волноводных оптических мод с ТМ поляризацией.

Когда намагничивающее поле однородно, распространяющаяся ПМСВ вызывает преобразование ТМ \rightarrow ТЕ оптических мод по всей

Сузить ширину участка пленки, где происходит преобразование оптических мод и повысить эффективность взаимодействия можно, введя, кроме поперечной неоднородности поля, также продольную неоднородность, обеспечивающую выполнение условия $k_y = k_n$ для всех лучей ПМСВ в момент пересечения ими оптического луча с координатой $z=0$.

В слабо неоднородном магнитном поле, когда выполняются условия $kd \ll 1$ и $\varphi \ll 1$, требуемое распределение поля дается выражением [6]

$$H(y, z) = H(0, z) + \frac{H(0, z) + 2\pi M}{(4\pi M)^2 \cdot k_n \cdot d} \cdot \left(\frac{\partial H(0, z)}{\partial z} \right)^2 \cdot y^2, \quad (1)$$

где $4\pi M$ — намагниченность насыщения феррита.

В магнитном поле с поперечной неоднородностью $\partial H / \partial z \sim 10^2$ Э/см угол $\varphi \sim 30 \dots 50$ град и требуемое распределение поля находится путем численного интегрирования лучевых уравнений с учетом заданной неоднородности поля в месте расположения преобразователя. На рис. 1 штриховыми линиями показано рассчитанное распределение намагничивающего поля $H(y, z)$ при $H(0, z) = 600 + 100 \cdot z$, обеспечивающее по всей длине каждого оптического луча с координатой z равенство проекции $k(y, z)$ ее начальному значению $k(0, z)$. Полученное распределение незначительно отличается от данного формулой (1), причем установлено, что продольная неоднородность поля слабо влияет на форму траекторий лучей ПМСВ.

В неоднородном магнитном поле такого вида взаимодействие света и ПМСВ с частотой f будет происходить только в узкой области пленки вблизи оптического луча с $z=0$. Оценки дают ширину области преобразования, определенную по величине интервала Δk между двумя ближайшими нулями функции преобразования, $\Delta z \approx 0.01$ см, что соответствует частотному разрешению $\Delta f \approx \approx 3$ МГц. Если изменить частоту ПМСВ, то преобразование оптических мод будет происходить в другой области пленки, где выполнится условие фазового синхронизма $k_y = k_n$.

Таким образом, с помощью неоднородного намагничивающего поля можно осуществить пространственное разделение областей преобразования оптических волноводных мод под действием ПМСВ с различными частотами, что может быть использовано для параллельного спектрального анализа СВЧ радиосигналов.

Экспериментальную проверку особенностей взаимодействия света с ПМСВ в условиях поперечно-неоднородного магнитного поля проводили на пленке ЖИГ толщиной 3.8 мкм и размерами 8x20 мм². Ввод и вывод оптического излучения с длиной волны 1.15 мкм осуществляли с помощью двух призмы из GaP с цилиндрическими контактными поверхностями шириной 6 мм, расположенными на расстоянии 10 мм друг от друга. В пленке возбуждали ТМ₂ моду и регистрировали ТЕ₂ оптическую моду. Для возбуждения ПМСВ в диапазоне частот 3.3–3.6 ГГц использовали микрополосковый пре-

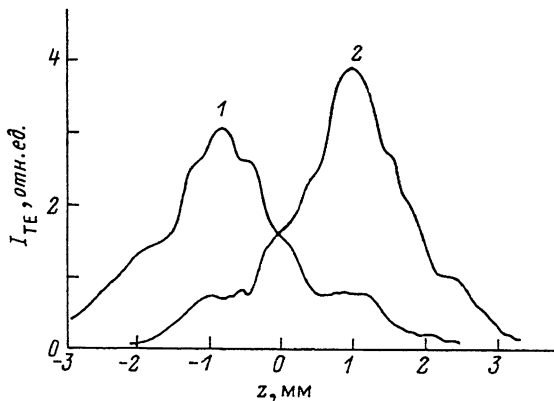


Рис. 2. Распределение интенсивности I излучения TE_2 моды по ширине пленки для двух частот ПМСВ: 1 - f_1 , 2 - f_2 .

образователь длиной 8 мм, нанесенный на поверхность пленки вблизи входной призмы. Постоянное намагничивающее поле, пространственное распределение напряженности которого приблизительно соответствовало расчетному, создавали с помощью постоянных магнитов, расположенных вблизи поверхности пленки феррита.

На рис. 2 показано измеренное распределение интенсивности оптического сигнала выходной TE_2 моды по ширине пленки феррита для двух частот ПМСВ $f_1 = 3.40$ ГГц и $f_2 = 3.45$ ГГц. Видно, что преобразование оптических мод при различных частотах ПМСВ действительно происходит в различных областях пленки. Полученное разрешение сигналов по частоте составляло около ~ 40 МГц, что обусловлено, скорее всего, отличием реального распределения неоднородного магнитного поля от оптимального расчетного.

Приведенные результаты демонстрируют возможности управления взаимодействием света с МСВ в пленках феррита с помощью неоднородных магнитных полей и перспективность использования такого взаимодействия для параллельного спектрального анализа СВЧ сигналов.

Авторы благодарят П.С. Костюка за предоставление пленок ЖИГ.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Fisher A.D., Lee J.N., Gaynor E.S., Tveten A.B. // Appl. Phys. Lett. 1982. V. 41. N 9. P. 779-781.
- [2] Климов А.А., Преображенский В.Л., Фетисов Ю.К. Тез. докл. Ш сем. по функциональной магнитоэлектронике. Красноярск, 1988. С. 252-253.
- [3] Tsai C.S., Young D. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 54. N 3. P. 196-198.

- [4] Климов А.А., Преображенский В.Л., Фетисов Ю.К. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 17. С. 18-22.
- [5] Галкин О.Л., Климов А.А., Преображенский В.Л., Фетисов Ю.К., Костюк П.С. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 22. С. 79-82.
- [6] Вашковский А.В., Зубков В.И., Локк Э.Г., Щеглов В.И. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 4. С. 5-8.
- [7] Галкин О.Л., Климов А.А. Тез. докл. П Всес. школы „Взаимодействие электромагнитных волн с полупроводниковыми и полупроводниково-диэлектрическими структурами“. Саратов, 1988. С. 17-18.

Поступило в Редакцию
13 декабря 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 7

12 апреля 1991 г.

06.3; 12

© 1991

ЭФФЕКТ ДИФфуЗИОННОЙ РЕЛАКСАЦИИ ПРИ ЖИДКОСТНОЙ ЭПИТАКСИИ $Ga_{1-x}Al_xAs$

В.Н. Бессолов, М.В. Лебедев

1. При эпитаксиальном росте твердых растворов состав растущего слоя должен зависеть как от состава жидкой или газовой фазы и температуры эпитаксии, так и от скорости роста этого слоя. В условиях очень малых скоростей роста должен наблюдаться эффект диффузионной релаксации [1].

Рассмотрим этот эффект на примере жидкостной эпитаксии $Ga_{1-x}Al_xAs$. Как известно [1, 2], концентрация $AlAs$, захваченного ступенью при росте слоя (X_{st}), существенно ниже, чем равновесная концентрация $AlAs$ для объема (X_B) при данном составе жидкой фазы. При эпитаксиальном росте слоя происходит превращение поверхностного слоя, отложенного ступенью, в объемный после прохождения по нему следующей ступени. При этом содержание $AlAs$ в слое (X) может увеличиваться по сравнению с захваченным ступенью за счет диффузии Al из жидкой фазы через поверхностный слой в твердую фазу в зависимости от скорости роста слоя.

Если скорость роста слоя существенно больше скорости диффузии Al в твердой фазе, то содержание $AlAs$ в слое (X) будет равно содержанию $AlAs$, захваченного ступенью (X_{st}) (рис. 1, а).