

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
ПОВЕРХНОСТНЫХ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ ВОЛН
С НОСИТЕЛЯМИ ЗАРЯДА
НА ГРАНИЦЕ ФЕРРИТ — ПОЛУПРОВОДНИК**

*А. В. Вашковский, В. И. Зубков, В. Н. Кильдишев,
Б. А. Мурмушев*

Теоретически (в работах А.И.Ахиезера, В.Г.Барьяхтара, С.В.Пелетминского, Э.Шлемана, В.Вюрала, С.Калиского) было показано, что возможно взаимодействие между колебаниями магнитного момента и носителями заряда как в ферромагнитных полупроводниках, так и на границе феррита с полупроводником.

В ряде экспериментов было обнаружено такое взаимодействие между объемными магнитостатическими (спиновыми) волнами и носителями заряда, которое приводит к усилению или поглощению магнитостатических (спиновых) волн [1 — 4].

В настоящем сообщении впервые приведены результаты экспериментального исследования взаимодействия поверхностных магнитостатических волн (ПМВ) с дрейфовым потоком электронов (усиление или поглощение ПМВ) в системе двух контактирующих пластин. Эта система состояла из полированных пластин железо-иттриевого граната (намагниченность насыщения $4\pi M_0 = 1770 \text{ гс}$, ширина резонансной линии $\Delta H < 0,5 \text{ э}$, размеры $10 \times 5 \times 1 \text{ мм}^3$) и германия (концентрация электронов $n \approx 10^{14} \text{ см}^{-3}$, подвижность $\mu \approx 3600 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ при комнатной температуре; размеры $3 \times 3 \times 0,24 \text{ мм}^3$).

В такой системе возможна задержка электромагнитного сигнала, распространяющегося в неоднородном внутреннем магнитном поле, су-

ществующем внутри ферритовой пластины, в виде поверхностной магнитостатической волны. По поведению задержанного электромагнитного сигнала можно изучить взаимодействие ПМВ и носителей заряда.

Контактирующие пластины помещались в макет линии задержки, который охлаждался парами азота. Возбуждались ПМВ с частотой $f = 21 \text{ Гц}$ и длительность импульса $\tau = 0,1 \text{ мксек}$. Постоянное магнитное поле прикладывалось перпендикулярно распространению ПМВ и параллельно плоскости ферритовой пластины.

На пластину полупроводника с помощью омических контактов подавались импульсы постоянного электрического поля (дрейфовое поле) длительностью $0,8 \text{ мксек}$ с частотой следования 500 Гц и регулируемой амплитудой.

Зависимость времени задержки электромагнитного сигнала от постоянного магнитного поля показана на рис. 1. Характер этой зависимости и величины магнитных полей показывают, что возбуждаются действенно ПМВ.

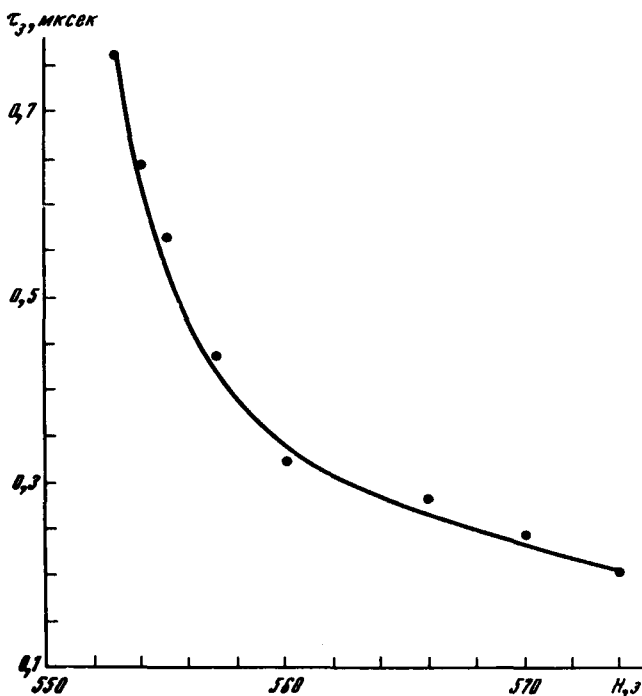


Рис. 1. Зависимость времени задержки поверхностной магнитостатической волны от магнитного поля

Обнаружено, что при совпадении направлений распространения ПМВ и дрейфа электронов при определенной амплитуде дрейфового поля (т. е. при определенной дрейфовой скорости электронов) и при определенной синхронизации импульсов дрейфового поля и ПМВ происходит усиление сигнала за счет передачи энергии электронного потока ПМВ (рис. 2, а).

Если направления дрейфа электронов и распространения ПМВ противоположны, то наблюдается поглощение сигнала, обусловленное передачей энергии ПМВ электронному потоку (рис. 2, б).

Коэффициенты усиления (K_v) и поглощения (K_p) ПМВ измерялись путем сравнения амплитуд задержанного сигнала при импульсе дрейфового поля и без него. Максимальное взаимодействие между ПМВ и носителями заряда наблюдалось при напряженности дрейфового поля порядка 2 кВ/см.

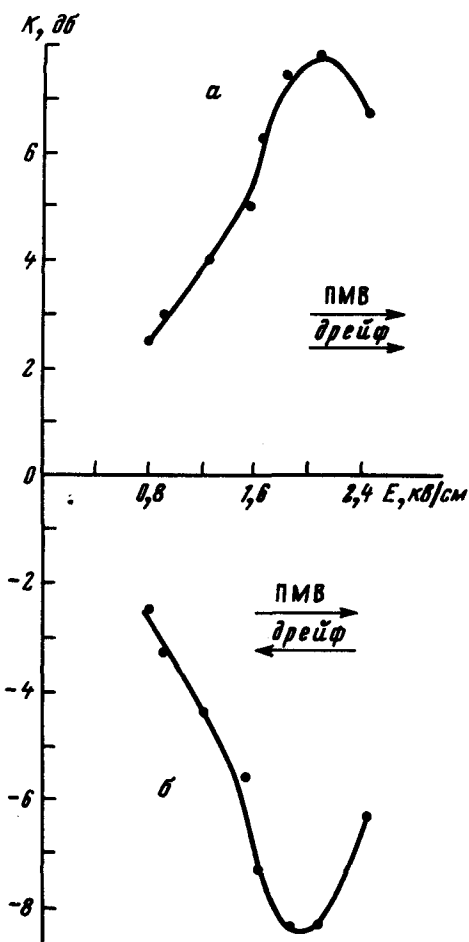


Рис. 2. Зависимости коэффициентов усиления и поглощения поверхностной магнитостатической волны от величины дрейфового поля при $H = 555 \text{ э}$

Характер взаимодействия (усиление или поглощение ПМВ) должен изменяться в зависимости от направлений распространения ПМВ и потока электронов (в первом случае направления совпадают, во втором — противоположны). Если дрейф электронов происходит вдоль направления распространения ПМВ, то СВЧ магнитное поле вследствие эффекта Холла индуцирует СВЧ магнитные токи в полупроводнике. Эти СВЧ токи создают в свою очередь СВЧ магнитные поля в феррите, которые поддерживают прецессию магнитного момента. Если направление дрейфа электронов изменить, то по тем же причинам ПМВ будут затухать [5].

Процесс усиления или поглощения зависит не только от совпадения или не совпадения направлений распространения взаимодействующих

волн (при определенном соотношении между скоростями ПМВ и электронов), но и от того в какой момент времени распространения ПМВ дрейфовое поле прикладывается к полупроводнику. Это поясняется рис. 3.

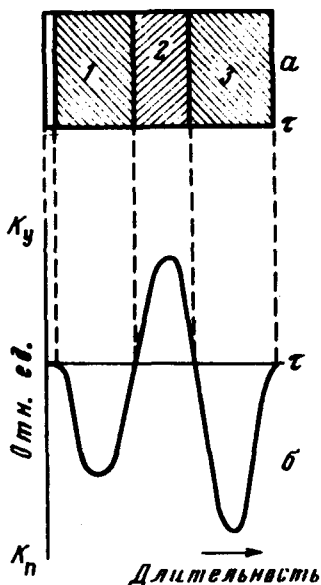


Рис. 3. Области поглощения (1, 3) и усиления (2) поверхностной магнитостатической волны

На рис. 3, а показан импульс дрейфового поля, который разделен на три заштрихованные области (1, 2, 3), характеризующие как процесс усиления (2), так и процесс поглощения (1, 3) ПМВ, что поясняет рис. 3, б (этот рисунок приведен для случая совпадения направления распространения ПМВ и дрейфа электронов). Если импульс ПМВ (он в ~ 8 раз короче импульса дрейфового поля) находится в области 1 или 3 импульса дрейфового поля, то наблюдается поглощение ПМВ. Причем поглощение в области 3 на несколько децибел больше, чем в 1. Между ними находится область усиления 2.

По-видимому, коэффициент усиления ПМВ можно увеличить при возникновении молекулярного притяжения между контактирующими пластинами. В нашем случае такого притяжения не было.

Авторы благодарны Б.М.Лебедю, Ф.В.Лисовскому и Ш.С.Турсуну за обсуждение работы.

Институт радиотехники и электроники
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
28 апреля 1972 г.

Литература

- [1] B.Schneider. Appl. Phys. Lett., 13, 405, 1968.
- [2] M.Szustakowski, B.Wecki. Mikrofalowa Elektronika Ciężła Stałego. II. Krajowa Konferencja. Materiały Część III, 47, 1971.
- [3] M.Szustakowski, B.Wecki. Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences, Serie des Sciences technigues, 19, 13, 1971.
- [4] B.Vural, E.E.Thomas. Appl. Lett., 12, 14, 1968.
- [5] E.Schlämann, J.Appl. Phys., 40, 1422, 1969.