

05.2; 09

© 1992

РЕЗОНАНСНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБРАТНЫХ
 ОБЪЕМНЫХ СПИНОВЫХ ВОЛН В ПЛЕНКЕ
 ЖЕЛЕЗО-ИТТРИЕВОГО ГРАНАТА
 С ОБРАЗОВАНИЕМ СИГНАЛА СВЕРТКИ

Н.Г. К о в ш и к о в, П.А. К о л о д и н,
 А.С. Х е

Идея нелинейного удвоения частоты радиосигнала была реализована еще в середине пятидесятых годов [1], а в 1972 году на этом принципе была получена свертка двух радиосигналов на обратных объемных спиновых волнах в пластине и стержне феррита [2, 3]. Появление в середине восьмидесятых годов высококачественных толстых (толщиной 50 мкм и более) пленок железо-иттриевого граната (ЖИГ) позволило реализовать резонансное слияние обратных объемных спиновых волн и в пленочной структуре [4].

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию нелинейного взаимодействия двух обратных объемных спиновых волн в пленке железо-иттриевого граната (ЖИГ). Эксперименты проводились на макете, имевшем три заземленные на концах микрополосковые антенны: две входные и одну выходную. Входные антенны были параллельны друг другу, длина каждой антенны составляла 3 мм, ширина 30 мкм, а расстояние между ними 8 мм. Приемная антенна имела длину 4 мм, ширину 30 мкм и располагалась между входными антеннами перпендикулярно им. Сверху на макет накладывалась пленка ЖИГ. Внешнее постоянное магнитное поле направлялось вдоль оси приемной антенны.

Входные сигналы с частотами от 0.8 до 1.3 ГГц и мощностями от 0.5 до 50 мВт подавались на антенны, которые возбуждали в ферромагнитной пленке две обратные объемные спиновые волны, бегущие навстречу друг другу. В процессе распространения происходило нелинейное взаимодействие волн. Для резонансного слияния двух обратных объемных спиновых волн в поверхностную волну необходимо, чтобы выполнялись условия $\omega_1 + \omega_2 = \omega_3$ и $\vec{k}_1 + \vec{k}_2 = \vec{k}_3$, где ω_1 и ω_2 - частоты входных сигналов, \vec{k}_1 и \vec{k}_2 - волновые вектора обратных объемных спиновых волн; ω_3 и \vec{k}_3 - частота и волновой вектор поверхностной спиновой волны. Иными словами, необходимо, чтобы в спектре поверхностных спиновых волн существовала волна с ω_3 и \vec{k}_3 (см. рис. 1). Такое условие не всегда выполняется. В частности, для того чтобы $\vec{k}_3 > 0$, необходимо иметь угол между волновыми векторами \vec{k}_1 и \vec{k}_2 , отличный от 180° . Более подробно этот вопрос рассмотрен в [5].

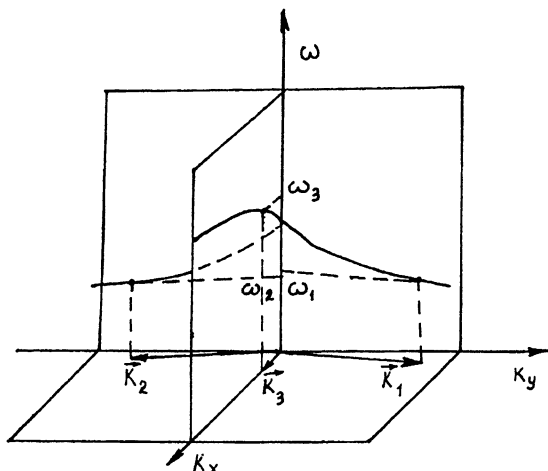


Рис. 1. Схема резонансного слияния спиновых волн в касательно намагниченной пленке.

Т а б л и ц а

Н, Э	330	221	212	160
$\omega_1/2\pi$, МГц	1745	1180	1100	1005
$\omega_2/2\pi$, МГц	1750	1175	1105	1000
Е, дБм	-85	-52	-35	-47

Расчеты спектров спиновых волн в пленке ЖИГ толщиной 79 мкм, которая использовалась в экспериментах, показали, что для резонансного слияния двух обратных объемных волн в поверхностную достаточно иметь угол между направлениями \vec{k}_1 и \vec{k}_2 порядка $179-178^\circ$. Такой угол необязательно создавать искусственно, т.е. он может образовываться из-за дифракции спиновых волн и при параллельных входных антеннах. Расчетные значения волнового числа поверхностной спиновой волны $|\vec{k}_3|$ составляют десятки см^{-1} при волновых числах объемных волн $|\vec{k}_1| \approx |\vec{k}_2| \approx \approx 500 \text{ см}^{-1}$. Рожденная в результате резонансного слияния объемных волн поверхностная спиновая волна принималась приемной антенной на частоте ω_3 .

Для количественного определения эффективности нелинейного преобразования спиновых волн измерялся коэффициент билинейности $E = 10 \lg [P_3 / (P_1 P_2)]$, где P_1 и P_2 — мощности входных сигналов, а P_3 — мощность сигнала на суммарной частоте ω_3 , измеряемая на выходе. В таблице приведены значения коэффициента билинейности для различных значений ω_1, ω_2 .

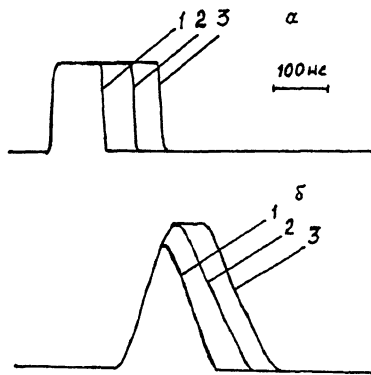


Рис. 2. Форма огибающей входного (а) и выходного (б) сигналов конвольвера.

Отметим, что измеренный коэффициент билинейности является внешним, т.е. он включает в себя не только потери на нелинейное преобразование, но и потери на возбуждение, распространение и прием спиновых волн. Проведенные оценки показали, что эти потери в наших экспериментах достигали 30 дБ.

Помимо экспериментов по нелинейному преобразованию спиновых волн в непрерывном режиме в работе были проведены исследования свертки прямоугольных импульсных сигналов. На рис. 2 приведены осциллограммы огибающих входных и выходного сигналов. Из осциллограмм видно, что в экспериментах реализована свертка прямоугольных радиоимпульсов длительностью до 150 нс (см. рис. 2. (1)–(2)). В этом случае огибающая выходного сигнала имеет форму треугольника. При больших длительностях входных импульсов, превышающих время распространения спиновых волн в области взаимодействия, (см. рис. 2. (3)), на огибающей выходного сигнала появляется „полка“.

Проведенные исследования показали перспективность использования трехмагнитного резонансного слияния обратных объемных спиновых волн для построения конвольверов СВЧ. Измеренное значение коэффициента билинейности такого конвольвера превышает аналогичные характеристики для конвольверов на перпендикулярно намагниченной пленке на 24 дБм [6] и на 30 дБм конвольверов на ПАВ [7].

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Ayres W.P., Vartanian P.H., Melhor J.L. // J. Appl. Phys. 1956. V. 27. N 2. P. 188-189.

- [2] A d a m J.D., C o l l i n s J.H.,
O w e n s J.M. // Electronics Lett. 1972. V. 8.
N 9. P. 229-230.
- [3] S c h u l z M. // Journ. Appl. Phys. Vol. 43.
N 11. P. 4752-4755.
- [4] В а ш е н к о В.И., З а в и с л я к И.В. Тез. докл.
II семинара по функциональной магнитоэлектронике. Красно-
ярск, 1986. С. 207-208.
- [5] П р е о б р а ж е н с к и й В.Л., Р ы б а к о в В.П.,
Ф е т и с о в Ю.К. // Радиотехника и электроника. 1988.
Т. 33. В. 6. С. 1218-1285.
- [6] P a r e k h J.P., T u a n H.S. // Circuits Syst.
Sign. Processing. 1985. V. 4. P. 253-263.
- [7] М о р г а н Д. Устройства обработки сигналов на поверх-
ностных акустических волнах : Пер. с англ. М.: Радио и
связь, 1990. 416 с.

Поступило в Редакцию
29 марта 1992 г.