

Таким образом, для номинально чистых кристаллов RZC температурная зависимость P_s также хорошо согласуется с термодинамической теорией, как ранее было показано для селената калия [4].

С целью проверки высказанного ранее предположения о влиянии дефектов на ширину температурной области выполнимости закона «степени двух третей» для P_s (см. формулу (2)) были проведены аналогичные описанным выше исследования образцов RZC с дефектами, введенными рентгеновским облучением. Из рис. 3 видно, что введение радиационных дефектов в кристалл заметно изменяет температурный ход P_s и сужает тем-

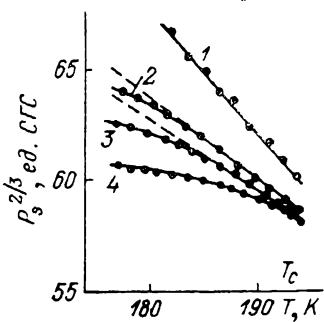


Рис. 3. Температурные зависимости $P_s^{2/3}$ кристалла Rb_2ZnCl_4 после различных доз рентгеновского облучения.

1 — необлученный образец, 2 — 0.5, 3 — 1.5, 4 — 5 крд.

пературную область выполнимости закона «степени двух третей» вплоть до исчезновения линейного участка зависимости $P_s^{2/3}(T)$ при максимальной использованной дозе облучения (5 крд.). Такое поведение P_s может быть связано с увеличением числа стопоров, закрепляющих доменные стенки в облученных кристаллах; с этими же причинами, видимо, связано и некоторое общее снижение в них P_s .

В заключение отметим, что нами не было обнаружено заметного искажения петли диэлектрического гистерезиса для образцов с максимальной дозой облучения.

Л и т е р а т у р а

- [1] Дронов И. А. Автореф. канд. дис. Воронеж, ВПИ, 1983. 12 с.
 [2] Sorge G., Maack H., Shivalov L. A. Phys. St. Sol. (a), 1986, vol. 93, N 1, p. 315—320.
 [3] Санников Д. Г., Головкин В. А. ФТТ, 1984, т. 26, № 4, с. 1117—1123.
 [4] Гладкий В. В., Джабраилов А. М., Кириков В. А., Бржезина В., Желудев И. С. ФТТ, 1986, № 8, т. 28, с. 2397—2401.

Воронежский политехнический институт
Воронеж

Поступило в Редакцию
16 сентября 1987 г.

УДК 621.793.162 : 537.612.2

Физика твердого тела, том 30, в. 2, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 2, 1988

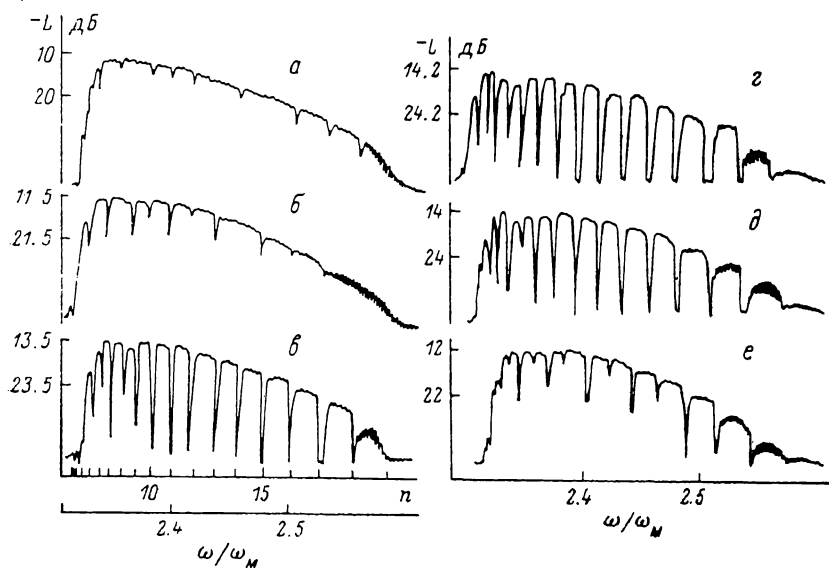
О РАСПРОСТРАНЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СПИНОВЫХ ВОЛН В ИОННОИМПЛАНТИРОВАННЫХ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ГРАНАТОВЫХ ПЛЕНКАХ

Ю. М. Яковлев, Е. Г. Ржижина,
Т. А. Крылова, С. В. Яковлев,
Г. М. Новиков

Дисперсия и амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) поверхностных спиновых волн (ПСВ) существенно изменяются при переходе от однослойной к многослойной структуре [1, 2]. Одним из методов получения многослойных структур служит ионная имплантация (ИИ). При ИИ в зависимости от энергии E ионов на глубине x образуется имплантированный слой δ с отличающимися от основного физическими параметрами: намагниченностью насыщения, константой кристаллической анизотропии и тем-

пературой Кюри. Кроме этого, изменяются условия «закрепления спинов» на поверхности пленки. Все это существенно влияет на условия распространения ПСВ в имплантированных структурах.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния ИИ на распространение поверхностных спиновых волн в пленках иттриевого феррограната $Y_3Fe_5O_{12}$, выращенных методом жидкофазной эпитаксии на подложках из гадолиний-галлиевого граната ориентации (111). Имплантация ионов Ne^+ с энергией 175 кэВ и различной дозой осуществлялась по всей поверхности образца. АЧХ ПСВ измерялись с помощью возбуждающей системы в виде двух отрезков микрополосковой линии, расположенных на расстоянии 3 мм друг от друга. Исследовались образцы размером 4×8 мм, вырезанные из ИИ пленки толщиной 3.36 мкм таким образом, что спиновая волна распространялась вдоль кристаллографической оси $\langle 110 \rangle$.



Амплитудно-частотные характеристики поверхностных спиновых волн для пленок иттриевого ферро-граната.

a — неимплантированного, *б* — имплантированного ионами Ne^+ с энергией 175 кэВ и дозой $D = 2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$, *в* — $D = 5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$, *г* — $D = 10^{14} \text{ см}^{-2}$, *д* — $D = 2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$, *е* — $D = 4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$.

На рис. приведены амплитудно-частотные характеристики поверхностных спиновых волн, соответствующие различным режимам имплантации образцов. Видно, что ИИ приводит к появлению в АЧХ спиновой волны регулярных «резонансных» минимумов большой амплитуды. По мере возрастания дозы D имплантации глубина минимумов увеличивается достигая при дозе $5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ величины ≈ 40 дБ. Затухание спиновой волны также растет при возрастании дозы (с 10 до 14 дБ для $f = 4.1$ ГГц при возрастании дозы до $D = 2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$). Ширина «резонансных» минимумов, измеренная на уровне 25 дБ при дозе $D = 5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$, изменялась от 5 МГц для $n = 5$ до 11 МГц для $n = 12$. Расстояние между соседними минимумами возрастает по мере роста частоты. Известно, что ИИ вызывает деформацию кристаллической решетки. В результате ИИ слой оказывается в напряженном состоянии, что приводит к появлению дополнительной локальной анизотропии вследствие обратного эффекта мигнитострикции [1]. Изменение анизотропии имплантированного слоя может привести к трансформации поверхностной спиновой волны, появлению составляющей, направленной перпендикулярно поверхности пленки [3], а также эффекту «закрепления» поверхностных спинов. Это в свою очередь может вызвать спин-волновой резонанс (СВР) по толщине пленки. Частоты стоячих спиновых волн можно рассчитать по формуле [4]

$$\begin{aligned}\omega_H &= \Omega_H (\Omega_H + \omega_M), \\ \Omega_H &= \omega_H + \omega_M \alpha z_n^2, \\ \omega_M &= \gamma \mu_0 M_0, \quad z_n = n\pi/h, \quad \omega_H = \gamma \mu_0 H_i,\end{aligned}\tag{1}$$

где μ_0 — магнитная проницаемость вакуума, $M_0 = 140$ кА/м = 1750 Э — намагниченность насыщения иттриевого граната, γ — гиромангнитное отношение, h — толщина пленки, H_i — внутреннее поле, $\alpha = 3 \cdot 10^{-12}$ см² — постоянная неоднородного обмена. Внутреннее поле H_i рассчитывалось из формулы для частоты нижней границы возбуждения спиновой волны

$$\omega_{н. гр} = \sqrt{\omega_H (\omega_H + \omega_M)}.\tag{2}$$

Величина $\omega_{н. гр}$ определялась экспериментально (см. рисунок). На рисунке 1 приведены рассчитанные по формуле (1) частоты стоячих спиновых волн с указанием порядкового номера СВР n и АХЧ ПСВ при дозе $D = 5 \cdot 10^{13}$ см⁻². Видно, что частоты резонансных минимумов в АХЧ спиновой волны, распространяющейся в имплантированной пленке, хорошо согласуются с рассчитанными частотами стоячих спиновых волн.

Таким образом, можно предположить, что имплантация изменяет условия «закрепления спина» на поверхности, что приводит к возбуждению спин-волнового резонанса поверхностной спиновой волны.

В заключение авторы благодарят Д.-Т. А. Урбонаса за ионную имплантацию образцов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Рандошкин В. В. Радиоэлектроника за рубежом, 1983, № 8 (1980), с. 1—34.
- [2] Вашковский А. В., Стальмахов А. В. Радиотехника и электроника, 1984, т. 29, № 5, с. 901—907.
- [3] Гуляев Ю. В., Зильберман П. Е., Луговской А. В. ФТТ, 1977, т. 19, № 12, с. 3409—3414.
- [4] Калиникос Т. А. Изв. вузов, Физика, 1981, т. 24, № 8, с. 42—56.

Поступило в Редакцию
14 апреля 1987 г.
В окончательной редакции
17 сентября 1987 г.

О ПОЛНОМ ПРОХОЖДЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ЧЕРЕЗ СТРУКТУРУ С АНТИФЕРРОМАГНИТНЫМ СЛОЕМ

Р. Г. Тарханян

Недавно в [1, 2] было обращено внимание на то, что неоднородный слой плотной плазмы может оказаться полностью прозрачным для падающей р-поляризованной волны из-за возбуждения на скачках плотности поверхностных электромагнитных волн ТН-типа, тогда как s-поляризованная волна не проникает через слой. Настоящая работа имеет своей целью показать возможность аналогичного, но прямо противоположного явления: полного просветления двухслойной структуры антиферромагнитный диэлектрик — немагнитное вещество (например, гетероструктуры $Cd_{1-x}Mn_xTe$ — $CdTe$) при падении именно (и только) s-поляризованной волны, частота которой лежит в области непрозрачности антиферромагнетика. Это явление сопровождается резонансным возбуждением поверхностной электромагнитной волны ТЕ-типа, распространяющейся вдоль