

06;08
©1995

СЛОИСТЫЕ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ AlN ДЛЯ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫХ ПАВ УСТРОЙСТВ

С.К.Тихонов, Н.И.Сушенцов, В.Ю.Рудь

Пленки пьезоэлектрических материалов широко применяются в устройствах на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Подобные пленки представляют особый интерес для монокристаллических магнитоуправляемых ПАВ устройств (фазовращателей, аттенуаторов, датчиков магнитного поля и т. д.). Наибольшее распространение к настоящему времени получили пленки ZnO [1].

Пленки AlN имеют меньший, чем у пленок ZnO, коэффициент электромеханической связи, однако обладают следующими преимуществами:

- 1) Малая дисперсия ПАВ,
- 2) Высокая химическая и температурная устойчивость и механическая прочность.

Пленки AlN выращивают методами MOCVD [2], ВЧ диодного [3] и ВЧ магнетронного распыления [4]. Для подложек, не допускающих высокотемпературного (1000 К и более) нагрева, предпочтительным является последний метод.

В данной работе описаны вопросы технологии роста пленок AlN методом ВЧ магнетронного распыления на эпитаксиальных пленках висмутсодержащего феррит-граната $(Y, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$, выращенных на (111)ГГГ подложках. Приводятся акустические характеристики линии задержки, выполненной на основе такой слоистой структуры, и их зависимости от внешнего магнитного поля.

Пленки AlN выращивались распылением алюминиевой мишени (99.995%) $100 \times 20 \times 5$ мм в аргон-азотной атмосфере. Особенностью распылительной системы является наличие регулируемого постоянного смещения на подложкодержателе. Соотношения между температурой подложки, давлением газа и скоростью осаждения выбирались на основе данных, представленных в работе [5]; свойства пленок исследовались рентгеновскими и акустическими методами. Рентгеновские дифрактограммы пленок толщиной 2 мкм, выращенных при этих условиях, представлены на рис. 1 и 2.

Увеличение времени осаждения пленок приводит к возрастанию размеров кристаллитов и уменьшению угла ра-

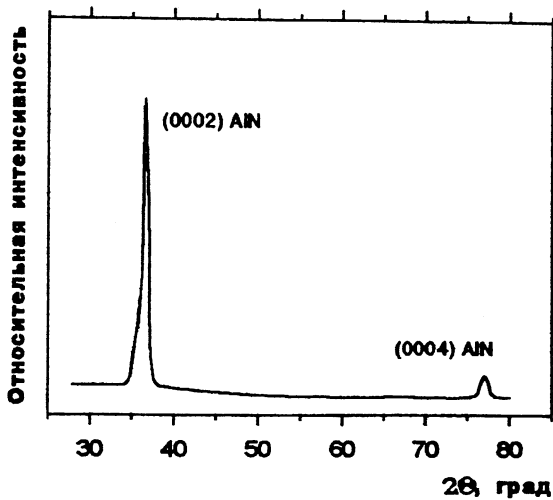


Рис. 1. Дифрактограмма пленки AlN, выращенной на пленке граната.

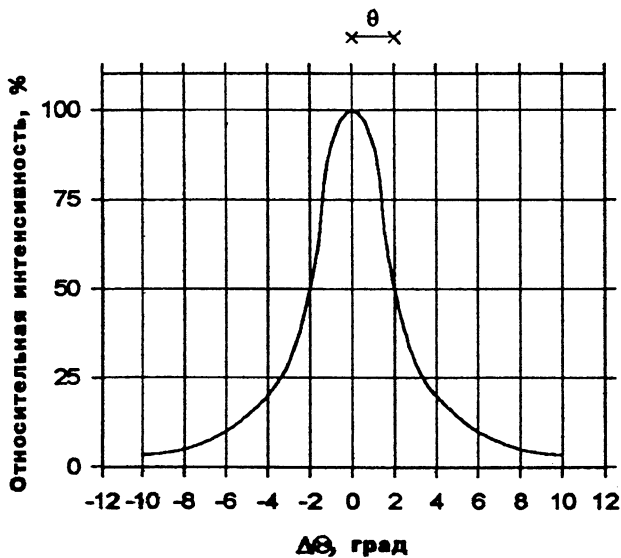


Рис. 2. Кривая качания пленки AlN.

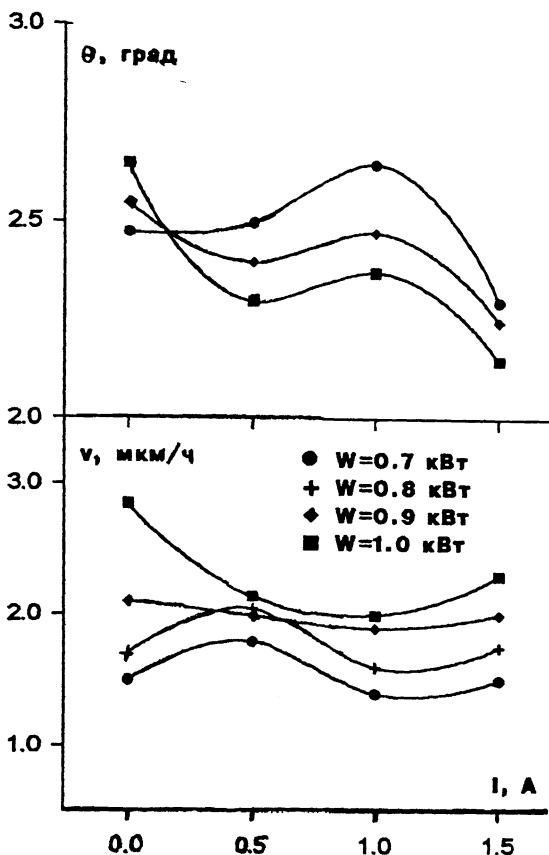


Рис. 3. Зависимости полуширины кривой качания Θ и скорости роста пленок v от постоянного тока смещения I и ВЧ мощности W .

ориентации c -оси, однако с ростом времени осаждения увеличивается шероховатость пленки. Экспериментальные результаты по влиянию величины постоянного смещения на подложкодержателе на свойства пленок AlN приведены на рис. 3. Увеличение тока смещения приводит к уменьшению угла разориентации c -оси. Предположительно, этот эффект связан с реиспарением пленки в процессе роста.

Исследования акустических свойств пленок AlN проводились на тестовых линиях задержки (ЛЗ), звукопровод которых представлял собой слоистую структуру $\text{AlN}(\text{Y, Bi})_3(\text{Fe, Ga})_5\text{O}_{12}/\text{ГТГ}$. На поверхности пленки AlN толщиной 2 мкм были сформированы встречно-штыревые преобразователи (ВШП), выполненные из Al , с $N_p = 20$, пе-

риодом штырей 40 мкм и апертурой 2 мм. Акустическая длина ЛЗ $L = 20$ мм. Направление распространения ПАВ рэлеевского типа было параллельно оси $[110]$ эпитаксиальной пленки феррита-граната. Преобразователи возбуждались на первой и третьей гармониках ПАВ (соответственно на частотах 41.5 и 128 МГц). Измеренные по амплитуде огибающей радиоимпульса ПАВ значения потерь на двойное преобразование ПАВ в согласованном режиме составляли 25–60 и 35–40 дБ соответственно для партии из 8 образцов. Возрастание потерь на частоте третьей гармоники было связано, по-видимому, с шероховатостью поверхности пленки AlN. Соотношение частот первой и третьей гармоник характеризует малую дисперсию ПАВ в звукопроводе. Долговременные испытания стабильности свойств пленок проводились на негерметизированных образцах в течение 1 года при температуре 292–295 К, влажность 80–90%. Возрастание потерь составило 1 и 2 дБ для 1-й и 3-й гармоник соответственно.

Влияние внешнего магнитного поля на затухание ПАВ в ЛЗ исследовалось в диапазоне полей до насыщения магнитной пленки (т. е. в области существования многодоменной магнитной структуры из 180° доменов). На частоте первой гармоники ПАВ влияния поля на затухание обнаружено не было. На рис. 4 представлены зависимости амплитуды третьей гармоники ПАВ от внешнего планарного магнит-

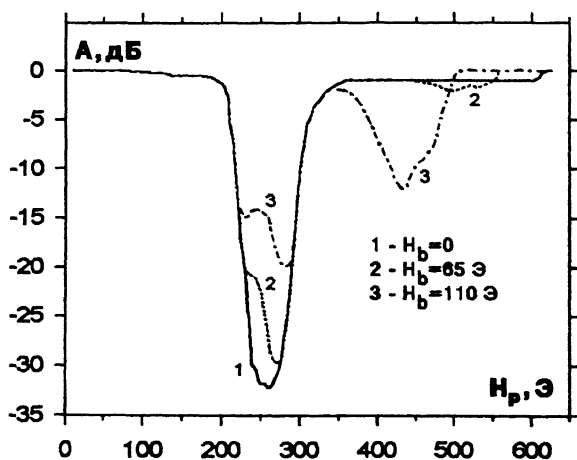


Рис. 4. Зависимости амплитуды радиоимпульса ПАВ A от внешнего планарного поля H_p и перпендикулярного поля смещения Y_b . Поле H_p параллельно $[110]$. Поле одноосной анизотропии магнитной пленки $H_A = 600$ Э.

ного поля H_p при различных значениях перпендикулярного магнитного поля смещения H_b для полосовой доменной структуры (ДС), ориентированной по полю H_p . Наблюдаются пики поглощения ПАВ, обусловленные магнитоакустическими резонансами элементов ДС. Появление второго пика поглощения связано со структурным преобразованием ДС-зарождением, наряду с полосковыми доменами, цилиндрических (ЦМД). Увеличение числа ЦМД с ростом поля приводит к возрастанию второго пика и уменьшению первого. В области пиков спектр радиоимпульса ПАВ существенно искажается: слева (по полю H_p) от максимумов поглощения ослабляются высокочастотные компоненты спектра, справа — низкочастотные. Такое искажение обусловлено сильной зависимостью волнового вектора ПАВ и, соответственно, длины волны, от поля в области резонанса и селективностью ВШП по длине волны. Характер изменений спектра показывает, что при приближении к точке резонанса слева по полю величина волнового вектора уменьшается, а справа — возрастает. Такое поведение характерно для резонанса, частота которого возрастает с ростом планарного поля, что позволяет идентифицировать наблюдавшиеся резонансы как магнитоакустические резонансы доменных границ (ДГ), а не 180° -е моды резонанса в объеме доменов. Этот вывод согласуется с нашими предыдущими результатами [6]. Зависимость затухания ПАВ от поля измерялась и для другого типа ДС магнитной пленки — решетки ЦМД. Экспериментальные результаты качественно совпадали с показанными на рис. 4 (появление второго пика было связано с преобразованием “плотнупакованная-разреженная (1/3) решетка”).

Приведенные в данной работе результаты показывают возможность выращивания на ориентирующих подложках текстурированных пленок AlN со стабильными электроакустическими параметрами и создания на их основе высокоэффективных магнитоуправляемых ПАВ устройств, использующих, в отличие от известных, эффекты взаимодействия ПАВ с доменными границами в магнитной пленке. Эти результаты представляют и фундаментальный интерес как для акустической спектроскопии структуры ДГ в магнетиках, так и для более общей задачи распространения волн в анизотропной среде с низкоразмерными неоднородностями.

Работа выполнена при частичной поддержке Министерства обороны США.

Список литературы

- [1] *Velekoop M.J., Niewkoop E., Haartsen S.C., Venema A.* // Ultrasonics Symp. Proc. 1987. P. 641-644.
- [2] *Tsubouchi K., Mivoshiba N.* // IEEE Trans. Sonics Ultrason. 1985. SU-32. P. 634-644.
- [3] *Ohuchi F.S.* // J. Vac. Sci. Technol. 1987. A5(4). P. 1630-1634.
- [4] *Shiosaki T. et al.* // Ultrasonics Symp. Proc. 1985. P. 186-191.
- [5] *Thornton J.* // J. Vac. Sci. Technol. 1974. N 11. P. 666-670.
- [6] *Davydov S.Yu.* // Proc. II Intern. Symp. "Surface waves in solids and layered structures" ISSWAS'89. 1989. V. 2. P. 362-363.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе РАН
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
4 ноября 1994 г.
