

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.286+534.16

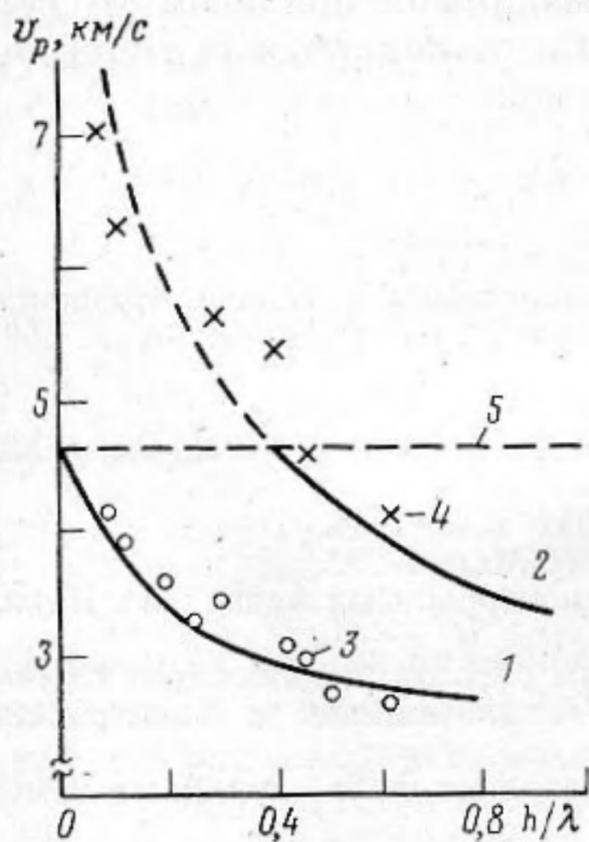
ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ С БОЛЬШИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В СЛОИСТОЙ СТРУКТУРЕ ZnO/Si

Анисимкин В. И., Котелянский И. М., Мавленков П. Н.

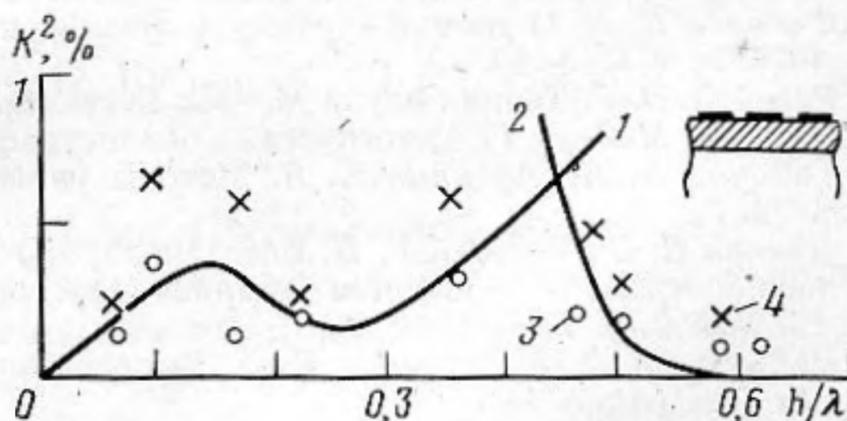
В работах [1-3] сообщается о получении в слоистых структурах пьезоэлектрической пленки ZnO на подложках из керамики, сапфира и стекла высокой скорости распространения поверхностных акустических волн (ПАВ) при большом коэффициенте электромеханической связи  $K^2$ . Это достигается использованием так называемых «утекающих» волн Сезава. Применение таких волн безусловно представляет большой практический интерес для создания новых высокочастотных ПАВ-устройств.

В настоящей работе проведено возбуждение высокоскоростных «утекающих» ПАВ Сезава в слоистой структуре ZnO/Si и сравнение характеристик этих волн с характеристиками ПАВ Рэлея в широком (0,06-0,6) диапазоне изменений нормированной толщины пленки  $h/\lambda$  ( $\lambda$  - длина волны ПАВ). Выбор кремния в качестве подложки объясняется его широким применением в микроэлектронике.

Использовались пластины кремния КЭФ 4,5 толщиной 500 мкм и кристаллографическими ориентациями (111), (110) и (100), (110). Текстурированные пьезоэлек-



Фиг. 1



Фиг. 2

Фиг. 1. Дисперсионные зависимости фазовых скоростей акустических мод слоистой структуры ZnO/Si. Ориентация кремниевой подложки - (111), (110). 1, 3 - ПАВ Рэлея; 2, 4 - ПАВ Сезава; 1, 2 - расчет работы [4]; 3, 4 - эксперимент настоящей работы; 5 - значение скорости объемной сдвиговой волны в кремнии

Фиг. 2. Зависимость коэффициента электромеханической связи  $K^2$  от отношения  $h/\lambda$  для структуры ZnO/Si. Ориентация кремниевой подложки - (111), (110). Обозначения те же что на фиг. 1, 5 - не приводится

трические пленки ZnO осаждались методом триодного реактивного распыления в вакууме и имели направление оси текстуры перпендикулярно поверхности подложки.

Оба типа волн возбуждались и принимались одними и теми же встречно-штыревыми преобразователями, располагаемыми на поверхности пленки. Фазовые скорости  $V_p$  измерялись по частоте синхронизма и периоду преобразователей. Результаты измерений для кремния (111), (110) - ориентации представлены на фиг. 1. Для кремния (100), (110) - ориентации зависимость  $V_p = V_p(h/\lambda)$  была аналогична. Из фиг. 1 видно, что экспериментальные значения хорошо согласуются с расчетом [4, 5]. Особый интерес представляют ПАВ Сезава в области  $h/\lambda$ , меньших «отсечки» (0,16 для ZnO на (100), (110) - Si и 0,41 для ZnO на (111), (110) - Si). ПАВ Сезава эффективно-

возбуждаются во всей области значений  $h/\lambda$ : как после значения «отсечки», так и до него. При этом в области  $h/\lambda$  до «отсечки», когда скорость ПАВ превышает скорость объемной сдвиговой волны в подложке Si, начинается черенковское излучение энергии волны в объем и ПАВ Сезава приобретает «утекающий» характер. Скорость «утекающей» ПАВ Сезава примерно в 1,5 раза превышает скорость рэлеевской ПАВ на чистой поверхности Si и достигает величины  $\approx 7300$  м/с.

Коэффициент электромеханической связи  $K^2$  определялся из измерений сопротивления излучения  $R_a$  преобразователей в последовательной эквивалентной схеме с помощью выражения:  $K^2 = 2R_{af} \cdot C_T / N$ , где  $f$  — частота синхронизма,  $C_T$  — статическая емкость,  $N$  — число пар преобразователей. Зависимость  $K^2$  от отношения  $h/\lambda$  для кремния (111), (110) — ориентации представлена на фиг. 2. Для кремния (100), (110) — ориентации зависимость  $K^2 = K^2(h/\lambda)$  была аналогична. Из фиг. 2 видно, что значения  $K^2$  для «утекающих» ПАВ Сезава превышают таковые для рэлеевской ПАВ во всем диапазоне значений  $h/\lambda$  и достигает значений 0,7% при  $h/\lambda = 0,1$ . Скорость распространения этой ПАВ составляет  $\approx 7000$  м/с.

Высокая скорость «утекающих» ПАВ Сезава и достаточно большой коэффициент электромеханической связи открывают возможность создания на основе этих волн более высокочастотных ПАВ-устройств по сравнению с устройствами на рэлеевских волнах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Mitsuyu T., Yamazaki O., Wasa K. A 4.4 GHz SAW filter using a single-crystal ZnO film on sapphire // Proceedings 1981 Ultrason. Symp. IEEE. P. 74–77.
2. Takeda F., Shiosaki T., Kawabata A. High coupling and high velocity surface acoustic waves using a C-axis oriented ZnO film on translucent Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramics // Appl. Phys. Letters. 1983. V. 43. P. 51–53.
3. Shiosaki T., Mikamura Y., Takeda F., Kawabata A. High coupling and high velocity SAW using ZnO and AlN films on glass substrate // IEEE Trans. 1986. V. UFFC-33. P. 324–332.
4. Farnell G. W. A Review of propagation and electroacoustic coupling in layered structures // Proceedings 1977 Ultrason. Symp. IEEE. P. 803–813.
5. Shiosaki T., Yamamoto T., Kawabata A. Higher order mode Rayleigh waves propagating on ZnO/substrate structures // Proceedings 1977 Ultrason. Symp. IEEE. P. 814–817.

Институт радиотехники и  
электроники  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
3.VII.1986

УДК 548:539.3

## ЗАТУХАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В X-СРЕЗЕ НИОБАТА ЛИТИЯ НА ЧАСТОТЕ 9,1 ГГц

*Баженов С. А., Григорьев М. А., Петров В. В.*

Литературные данные о затухании продольных акустических волн, распространяющихся в ниобате лития вдоль оси X, характеризуются большим разбросом величин (см. таблицу). Это послужило поводом для проведения настоящей работы, целью которой явилось измерение затухания продольных акустических волн в ниобате лития в указанном направлении на частоте 9,1 ГГц в интервале температур от 78 до 330 К.

Исследуемые кристаллы имели размеры  $2,5 \times 3,5 \times 1,57$  мм<sup>3</sup> и были ориентированы коротким ребром вдоль направления [100]. На одну из полированных широких граней ( $2,5 \times 3,5$  мм<sup>2</sup>) сначала была напылена пленка Au ( $\sim 2000$  Å), а затем ионно-плазменным методом — пленка ZnO ( $\sim 3000$  Å). Образец помещался в емкост-

ной зазор тороидального резонатора, который перестраивался за счет перемещения исследуемого образца. Пьезопленка, ориентированная осью [001] перпендикулярно торцу кристалла, обеспечивала возбуждение только продольной акустической волны, поскольку металлический «подслой» шунтировал тангенциальную составляющую электрического поля в пленке и экранировал кристалл ниобата лития от высокочастотного поля, предотвращая возбуждение поперечных волн с его поверхности.

Затухание, дБ/мкс. ГГц <sup>2</sup>	Источник
0,128	[1]
0,099	[2]
0,577	[3]