

**ПОВЕРХНОСТНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ КНОИДАЛЬНЫЕ ВОЛНЫ И СОЛИТОНЫ
В СТРУКТУРЕ LiNbO_3 – ПЛЕНКА SiO**

B.I. Наянов

На примере распространения волн Рэлея большой амплитуды в слоистой структуре LiNbO_3 – пленка SiO впервые проведено экспериментальное наблюдение процесса трансформации их в кноидальные волны при интенсивности звука $\sim 100 \text{ Вт}/\text{мм}^2$, а при $\sim 300 \text{ Вт}/\text{мм}^2$ в периодическую последовательность КдВ-солитонов, по два солитона с разными амплитудами на каждом периоде.

В работах ^{1,2} показано, что собственной акустической нелинейности в ниобате лития при интенсивности звука $100 - 300 \text{ Вт}/\text{мм}^2$ вполне достаточно для образования ударных поверхностных акустических волн (ПАВ) в твердом теле. Тот факт, что нелинейная ПАВ на начальном этапе ведет себя как простая волна, наводит на мысль о возможности существования в LiNbO_3 поверхностных акустических солитонов, если для поверхностных волн искусственно создана каким-либо образом дисперсия. Подобные дисперсионные свойства, как это следует из работы ³, получаются нанесением на поверхность твердого тела тонкой диэлектрической пленки. Нетрудно показать, что в определенном интервале толщин этой пленки закон дисперсии с хорошей степенью точности аппроксимируется законом дисперсии в уравнении Кортевега – де Бриза.

В данной работе реализована конкретная слоистая структура LiNbO_3 – пленка SiO и проведено экспериментальное наблюдение процесса преобразования по мере распространения гармонической излучателя поверхности волны в кноидальные волны или КдВ-солитоны.

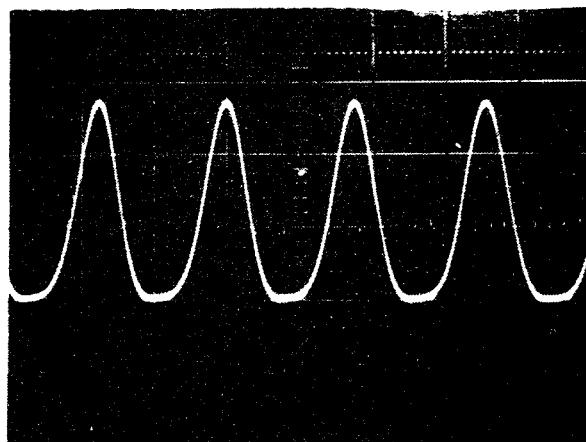


Рис. 1. Профиль нелинейной волны Рэлея при интенсивности звука $P = 100 \text{ Вт}/\text{мм}^2$. Представлено поведение продольной компоненты колебательной скорости ПАВ

В эксперименте техника возбуждения ПАВ большой амплитуды полностью соответствовала описанной в работе ¹. Волна Рэлея генерировалась на частоте $\sim 114 \text{ МГц}$ с плотностью потока акустической мощности до $\sim 300 \text{ Вт}/\text{мм}^2$. Диэлектрическая пленка SiO толщиной $\sim 500 \text{ \AA}$ наносилась на поверхность кристалла V-резца ниобата лития методом вакуумного испарения. Профиль нелинейной поверхности волны исследовался с помощью подвижного электродинамического зонда, который представлял собой медную полоску (ширина – 2 мкм, толщиной – 0,2 мкм и длиной – 1 мм), напыленную на сапфировый параллелепипед. Зонд, ориентированный параллельно фронту поверхности волны, как отрезок несимметричной полосковой линии, осуществлял за счет пьезоэлектрических свойств LiNbO_3 электроакустическое преобразование исследуемого сигнала, который анализировался затем с помощью осциллографа С1-75.

На рис. 1 приведена осциллограмма, на которой показана форма нелинейной ПАВ, соответствующая плотности потока акустической мощности волны $\sim 100 \text{ Вт}/\text{мм}^2$. Прежде всего нужно отметить, что эта форма остается практически неизменной в любой точке кристалла, если не считаться с небольшим уменьшением амплитуды по мере удаления волны от преобразователя из-за поглощения. Далее, с увеличением интенсивности нелинейной ПАВ наблюдается увеличение ее периода. Эти свойства, в совокупности с характерной формой наблюданной волны говорят о том, что мы имеем здесь дело с кноидальными волнами.

При дальнейшем повышении интенсивности гармоническая у излучателя ПАВ распадается на периодическую последовательность коротких импульсов (солитонов), по два солитона с разными амплитудами на каждом периоде. На рис. 2 (а, б, в) представлены осциллограммы, иллюстрирующие динамику солитонов в зависимости от расстояния точки наблюдения до преобразователя. Плотность потока мощности при этом достигала $\sim 300 \text{ Вт}/\text{мм}^2$. Из этих осциллограмм следует, что солитон с меньшей амплитудой отстает от большого (на осциллограмме волна распространяется справа налево). В точке наблюдения, находящейся, например, в пределах 9,46 – 9,5 мм от преобразователя, картина резко меняется – фактически осциллограмма "в" заменяется осциллограммой "а", после чего динамика поведения солитонов

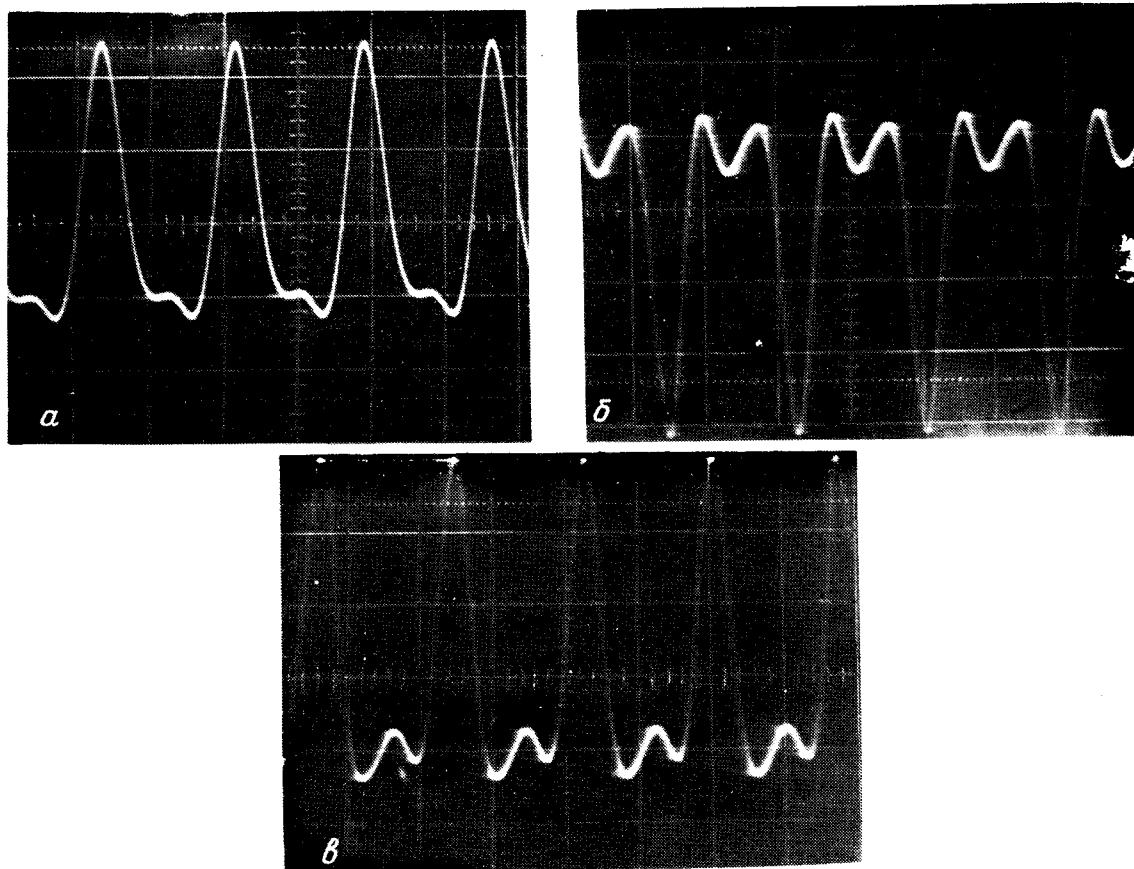


Рис. 2. а – Профиль волны Рэлея при интенсивности звука $P = 300 \text{ Вт}/\text{мм}^2$. Расстояние точки наблюдения до излучателя $l = 9,04; 9,5 \text{ мм}$; б – $P = 300 \text{ Вт}/\text{мм}^2, l = 9,24; 9,75 \text{ мм}$; в – $P = 300 \text{ Вт}/\text{мм}^2, l = 9,46 \text{ мм}$

полностью повторяется. Резкая смена местоположений солитонов на осциллограммах при относительно небольшом смещении зонда (0,04 мм) демонстрирует классическую картину столкновения солитонов. Подобная динамика поведения солитонов находится в соответствии с периодическими солитонными решениями уравнения Кортевега – де Вриза ⁴, в силу чего экспериментально наблюдаемые импульсы можно интерпретировать как КdВ-солитоны.

Литература

1. Наянов В.И., Васильев И.А. ФГТ, 1983, 25, 2490.
2. Vasilkov A.V., Nayannov V.I. PROCEEDINGS of the International Symposium Surfac Waves in Solids and layered structures isswas, V.II, Novosibirsk, USSR, 1986, p. 166.
3. Богданов С.В., Левин М.Д., Яковкин И.Б. Акуст. журн., 1969, 15, № 1, 12 – 16.
4. Zabusky N.J. Kruskal M.D. Phys. Rev. Lett., 1965, 15, 240.

Саратовский государственный университет
им. Н.Г.Чернышевского

Поступила в редакцию
17 июля 1986 г.