

ЛИТЕРАТУРА

1. Morse P. M., Ingard K. V. Linear acoustic theory. Handb. der Physik, vol. XI/1 Akustik. Berlin — Gottingen — Heidelberg, Springer, 1961, 1—127.
2. Mangulis V. Radiation of sound from a circular rigid piston in a non-rigid baffle. Int. J. Engns Sci., 1964, 2, 115.
3. Shail R. The radiation of sound from a piston set in a nonrigid baffle. J. Sound and Vibration, 1971, 15, 2, 287—294.
4. Брежневских Л. М. Волны в слоистых средах. М., «Наука», 1973.
5. Скучик Е. Основы акустики. М., «Мир», т. 2, 1976.
6. Градштейн И. С., Рыжик И. М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М., «Наука», 1971.

Поступила
25 апреля 1979 г.
После исправления
26 февраля 1980 г.

УДК 621.373—187.4:534

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В МОНОКРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ В ПРОЦЕССЕ ВНЕДРЕНИЯ ИОНОВ H^+ и Ne^+

Р. Ю. Валатка, С. А. Ионелюнас, Л. И. Прайвичюс

В процессе имплантации ионов в твердое тело в его поверхностном слое происходят сложные физико-химические процессы. Скорость распространения поверхностных акустических волн (ПАВ) в твердых телах зависит от их механических свойств, и, таким образом, ПАВ могут быть использованы в качестве метода, позволяющего регистрировать кинетику структурных превращений в поверхностном слое [1, 2].

В настоящей работе исследовано изменение скорости ПАВ в кристаллическом ниобате лития YZ среза во время внедрения ионов водорода и неона с энергией 150 кэВ.

На пластине ниобата лития в непосредственной близости друг от друга формировались два идентичных фильтра на ПАВ. Пластина с фильтрами помещалась в вакуумную камеру ионного ускорителя. Ионы внедрялись на всю ширину акустического канала одного из фильтров. В процессе имплантации за счет изменения скорости ПАВ в одном из каналов звукопровода менялись параметры фильтра, а одновременно и частота колебаний автогенератора с имплантируемым фильтром на ПАВ, которая определяется уравнениями баланса фаз и амплитуд [3]. Экспериментально регистрировалась величина относительного сдвига частоты $\Delta f/f_0$ генератора с имплантированным фильтром относительно частоты генератора с неимплантированным фильтром $f_0=70$ МГц. Относительное изменение скорости ПАВ $\Delta v/v_0$ находится в простой аналитической связи с измеряемой величиной $\Delta f/f_0$.

Применение двух фильтров на одном кристалле позволило существенно повысить точность измерений и уменьшить влияние тепловых эффектов. Компенсация объемного заряда, приносимого ионами, осуществлялась источником электронов, который работал в режиме автокомпенсации.

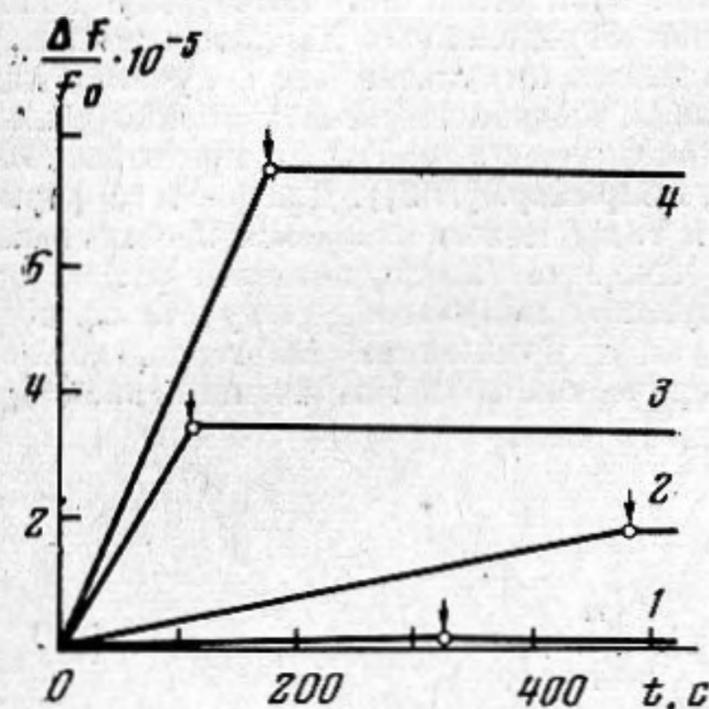
На фиг. 1 представлены временные зависимости относительного изменения частоты генератора в процессе внедрения ионов H^+ (кривые 1 и 2) и ионов Ne^+ (кривые 3 и 4) в канал звукопровода одного из фильтров с энергией 150 кэВ. Имплантация прекращалась в момент, который на рисунке обозначен кружочком со стрелкой, и далее исследовалось изменение $\Delta f/f_0$ в отсутствие ионного внедрения.

На фиг. 2 представлены кривые относительного изменения скорости распространения ПАВ в имплантированном ниобате лития в зависимости от дозы внедренных ионов.

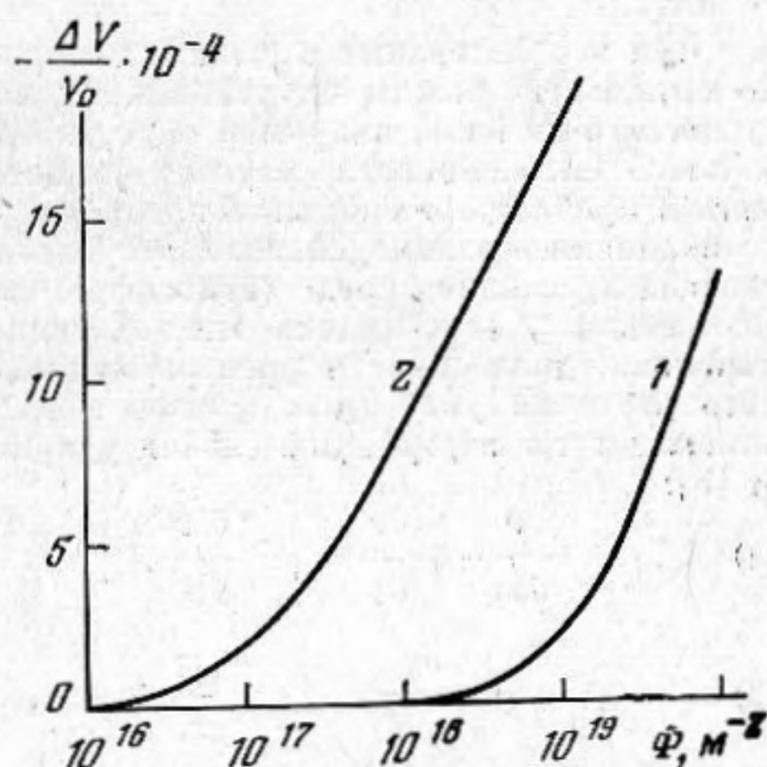
Получено, что независимо от сорта внедряемых ионов скорость распространения ПАВ в кристаллическом ниобате лития уменьшается. Наиболее вероятным механизмом, приводящим к изменению скорости распространения ПАВ в имплантированном кристалле в исследованном интервале доз $10^{18}-10^{19}$ м⁻², является возникновение механических напряжений в поверхностном слое, которые приводят к изменению его пьезоэлектрических свойств.

Согласно экспериментальным данным, представленным на фиг. 1, 2, существует минимальная доза, ниже которой влияния ионной имплантации на скорость распространения ПАВ не наблюдается. Это так называемое инкубационное состояние твердого тела. В этом состоянии внедренные ионы и созданные ими дефекты, по-видимому, выступают в виде элементарных дефектов, не приводящих к заметному изменению электромеханических свойств твердого тела. При дозах 10^{18} м⁻² для H^+ и

10^{16} м^{-2} для Ne^+ и более наблюдаем линейное изменение скорости распространения ПАВ (фиг. 1). Наклон кривых определяется сортом ионов и интенсивностью ионного облучения и характеризует скорость уменьшения относительной величины скорости распространения ПАВ в процессе ионной имплантации. Эта величина зависит как от сорта ионов, так и от плотности ионного тока. Экспериментально получено, что скорость изменения относительной скорости распространения ПАВ в ниобате лития в процессе имплантации ионов водорода с энергией 150 кэВ при плотности ионного



Фиг. 1



Фиг. 2

Фиг. 1. Временные зависимости относительного изменения частоты генератора в процессе внедрения ионов H^+ (кривые 1 и 2) и ионов Ne^+ (кривые 3 и 4). Плотность тока ионного луча 1 мА/м^2 — кривые 1 и 3, 10 мА/м^2 — кривые 2 и 4.

Фиг. 2. Зависимости относительного изменения скорости распространения поверхностных акустических волн в имплантированном ниобате лития от дозы внедренных ионов H^+ (кривая 1) и ионов Ne^+ (кривая 2).

тока 1 мА/м^2 составляет $5,4 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$, при 10 мА/м^2 — $4,7 \cdot 10^{-8} \text{ с}^{-1}$; для ионов неона при 1 мА/м^2 — $2,7 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$, при 10 мА/м^2 — $5,3 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$. Тот факт, что после прекращения ионной имплантации скорость распространения ПАВ не меняется, означает, что механические напряжения возникают непосредственно в процессе внедрения и не связаны с процессами перераспределения внедренных атомов и ими созданных дефектов. Механические напряжения, возникающие в процессе имплантации, не релаксируют при комнатной температуре после прекращения имплантации.

Согласно полученным данным, можно предположить, что вслед за инкубационным состоянием кристалл переходит в состояние упругой деформации, когда связь между электромеханическими постоянными кристалла и величиной его деформации сильно выражена [4].

Сделанные выводы о влиянии механических напряжений на скорость распространения ПАВ подтверждаются результатами электронного и рентгенодифракционного анализа. Результаты изучения относительного изменения постоянной кристаллической решетки в зависимости от дозы внедренных ионов хорошо коррелируют с экспериментальными данными, представленными на фиг. 1, 2. В интервале доз, соответствующем инкубационному состоянию, дозовая зависимость постоянной кристаллической решетки не регистрируется, а в состоянии упругой деформации при дозах 10^{18} м^{-2} для H^+ и 10^{16} м^{-2} для Ne^+ и более наблюдается линейное увеличение относительной величины постоянной кристаллической решетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Szabo T. L. Obtaining subsurface profiles from surface-acoustic-wave velocity dispersion. *J. Appl. Phys.*, 1975, 46, 4, 1448–1454.
2. Nalamwar A. L., Epstein M. Effects of applied strain in ZnO thin film SAW devices, *IEEE Transactions of Sonics and Ultrasonics*, 1976, v. SU-23, 3, 144–147.
3. Коченасов В. Н. Генерация и синтез частот с применением приборов на поверхностных акустических волнах. *Зарубежная радиоэлектроника*, 1979, 1, 96–132.
4. Hartmann P. Acoustic surface resonator using ion implanted gratings. *Ultrasonics Symposium Proceedings Los Angeles — California*. N. Y., 1975, 303–306.

Каунасский политехнический институт
им. Антанаса Снечкуса

Поступила
26 ноября 1979 г.