

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

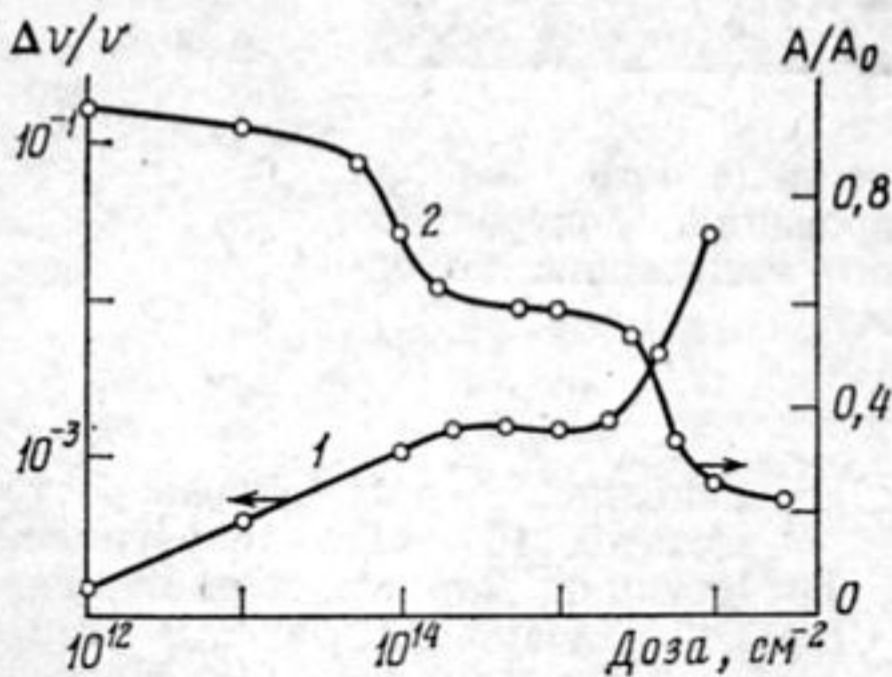
УДК 621.373—187.4:534

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В ИМПЛАНТИРОВАННОМ LiNbO_3

Басин В. М., Петров А. В., Пранязичене Г. Б.,
Эйдукас Д. Ю.

Ионная имплантация используется как метод управляемого воздействия на упругие характеристики поверхностного слоя ниобата лития. Это нашло применение при создании структур, отражающих поверхностные акустические волны, и коррекции уже сформированных акустоэлектронных устройств [1, 2].

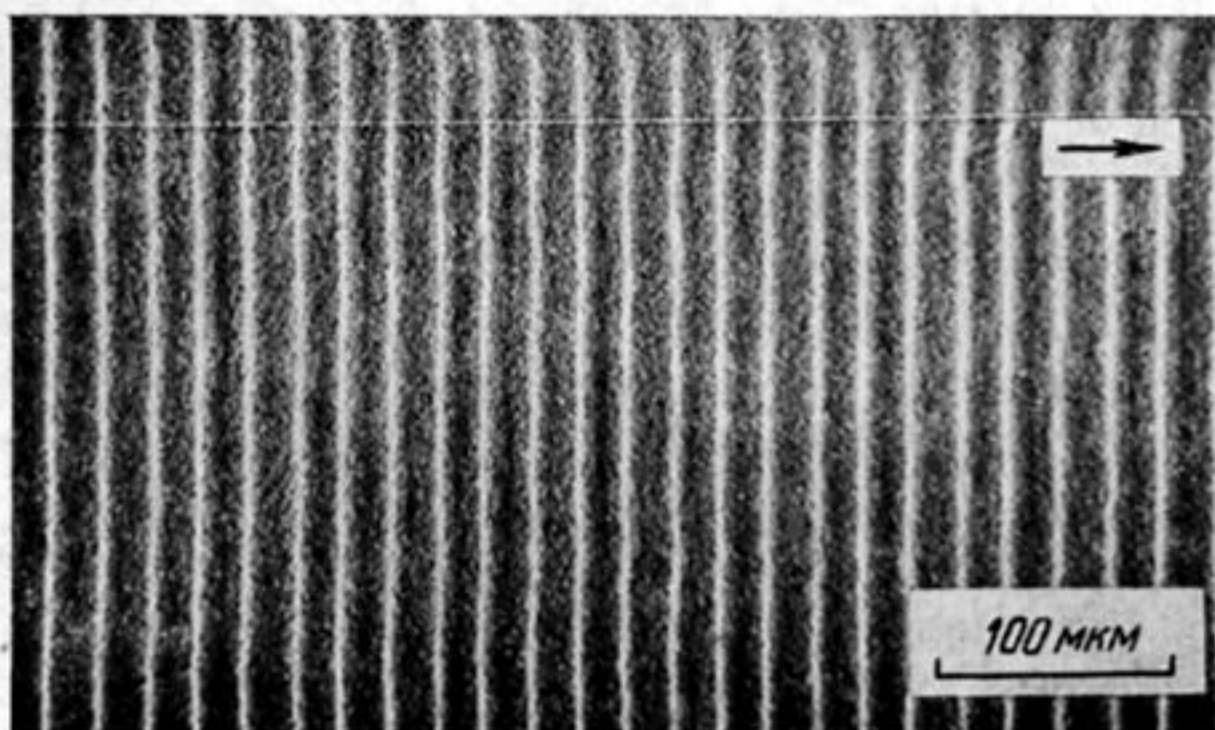
Несмотря на перспективность метода ионной имплантации, позволяющего локально и без дополнительного нагрева управлять параметрами распространения поверхностных акустических волн, области практического применения этого метода



Фиг. 1. Зависимости относительного изменения скорости распространения ПАВ и амплитуды потенциального рельефа от дозы внедренных ионов

ограничены той особенностью, что радиационные дефекты, генерируемые проникающими ионами, приводят к взаимосвязанному изменению совокупности параметров, главным образом таких, как скорость их распространения и затухания. Поэтому является важным, как с научной, так и практической точки зрения, выявить закономерности изменения параметров распространения поверхностных акустических волн и провести их сравнительный анализ в зависимости от режимов ионной имплантации. В существующих работах по изучению влияния ионной имплантации на скорость распространения поверхностных акустических волн [2, 3] отсутствуют данные об их затухании, что затрудняет практическое применение метода ионной имплантации в технологии изготовления приборов на поверхностных акустических волнах и физическую интерпретацию процессов, приводящих к регистрируемым изменениям параметров распространения.

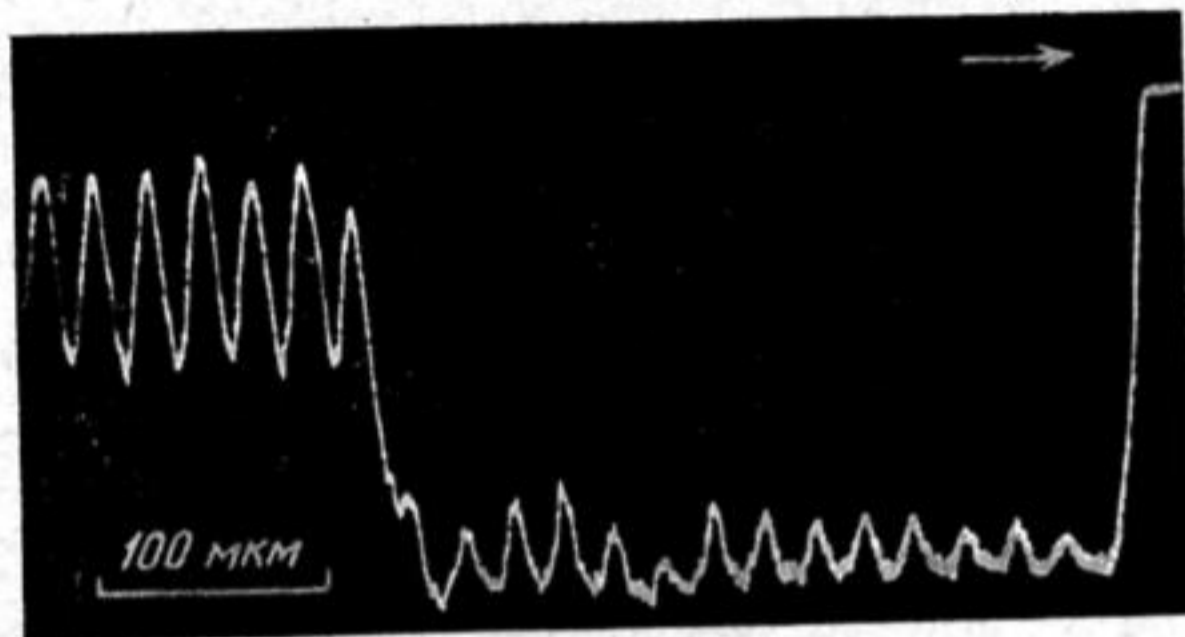
В настоящей работе экспериментально исследуется влияние имплантации ионов Ag^+ с энергией 100 кэВ в ниобат лития YZ среза на скорость распространения и за-



Фиг. 2. Изображение потенциального рельефа распространяющихся ПАВ в растровом электронном микроскопе

тухания ПАВ, а также на потенциальный рельеф на поверхности LiNbO_3 , который формируется распространяющимися поверхностными акустическими волнами. Применение ионов инертных газов связано с тем, что они в поверхностном слое не образуют новых химических соединений с элементами подложки и, таким образом, регистрируемые эффекты в основном определяются дефектами, генерируемыми проникающими ионами.

Относительные изменения скорости распространения ПАВ в зависимости от дозы внедренных ионов Ag^+ представлены на фиг. 1 (кривая 1). Результаты получены двумя методами. До дозы 10^{15} см^{-2} величина $\Delta v/v$ определялась методом измерения относительной частоты сдвига автогенератора с линией задержки на поверхностных акустических волнах в зависимости от дозы внедренных ионов в канал звукопровода [3]. При дозах внедренных ионов 10^{16} см^{-2} и более из-за резкого увеличения затухания поверхностных акустических волн этот метод становился непригодным. Дальнейшие измерения величины $\Delta v/v$ проводились методом визуализации распространяющихся поверхностных акустических волн в растровом электронном микроскопе [4]. Измерялось относительное изменение длины волны в зависимости от дозы внедренных ионов при фиксированной частоте генератора.



Фиг. 3. Осциллограмма потенциального рельефа ПАВ, полученная при сканировании электронного зонда растрового электронного микроскопа по одной строке

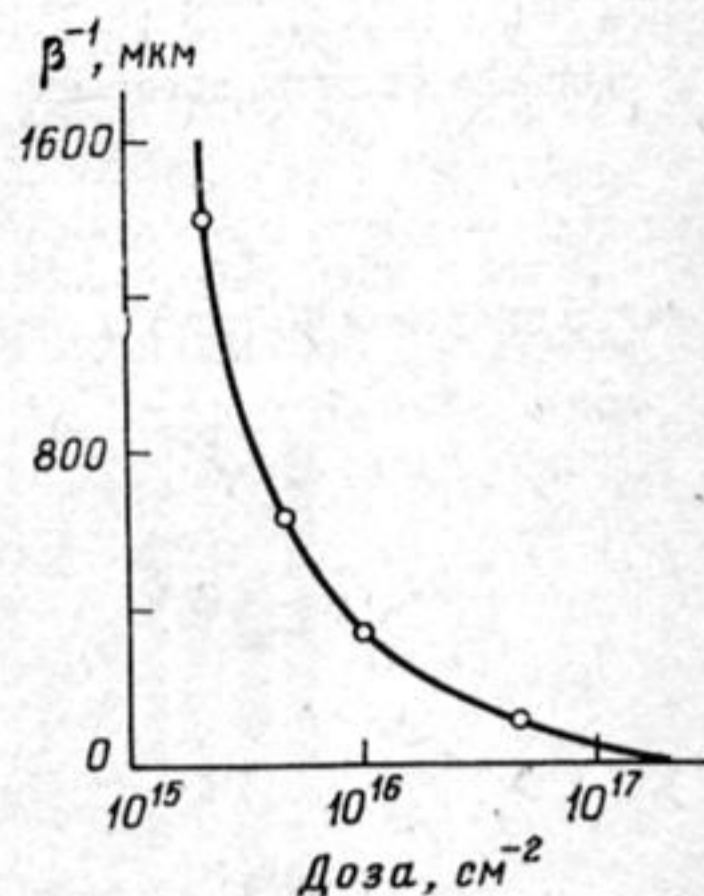
На фиг. 2 представлена микрофотография потенциального рельефа распространяющихся поверхностных акустических волн с частотой 166 МГц, полученная в растровом электронном микроскопе в режиме Y-модуляции. Длина в неимплантированном ниобате лития составляла 21,0 мкм. Стрелкой указано направление распространения ПАВ. Относительные изменения длины волны в имплантированных участках ниобата лития регистрировались с точностью 0,05% с помощью лазерного интерферометра.

На фиг. 3 представлена осциллограмма выходного сигнала РЭМ, полученная при сканировании электронного луча вдоль линии, проходящей через границу раздела между неимплантированной и имплантированной ионами Ag^+ с дозой 10^{16} см^{-2} областями. ПАВ возбуждались генератором с выходной мощностью 1 Вт и частотой 166 МГц.

Осциллограмма указывает на то, что при переходе границы между неимплантированной и имплантированной областями уменьшается амплитуда выходного сигнала в растровом электронном микроскопе. На фиг. 1 (кривая 2) представлена зависимость отношения амплитуд выходного сигнала растрового электронного микроскопа в имплантированной и неимплантированной областях A/A_0 , измеренных в непосредственной близости у границы раздела в зависимости от дозы внедренных ионов.

Осциллограмма выходного сигнала РЭМ является отображением потенциального рельефа на поверхности LiNbO_3 при наличии распространяющихся поверхностных акустических волн [5]. Следовательно, кривая 2 на фиг. 1 указывает, как меняется амплитуда потенциального рельефа, который образуется распространяющимися упругими волнами на поверхности LiNbO_3 в результате имплантации ионов с разными дозами.

Из фиг. 3 следует, что амплитуда выходного сигнала в направлении распространения поверхностных акустических волн уменьшается. Исследования показали, что в имплантированной области амплитуда потенциального рельефа убывает по экспо-



Фиг. 4. Зависимость коэффициента затухания от дозы внедренных ионов

пенсиальному закону с коэффициентом затухания β . На фиг. 4 представлена зависимость коэффициента затухания β , выраженного в мкм^{-1} , от дозы внедренных ионов. Получено, что затухание резко возрастает при дозах $2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ и более.

Полученные результаты указывают на сложную взаимосвязь между характеристиками распространяющихся поверхностных акустических волн в LiNbO_3 в зависимости от дозы внедренных ионов. Из этих результатов можно сделать следующие выводы: облучение ионами Ag^+ с энергией 100 кэВ в интервале доз до $2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ приводит к плавному уменьшению скорости распространения поверхностных акустических волн до величины $\Delta v/v = 1,2\%$ при незначительном увеличении затухания и слабом изменении потенциального рельефа на поверхности; в интервале больших доз уменьшение скорости распространения ПАВ сопровождается резким увеличением затухания и уменьшением амплитуды потенциального рельефа.

Сопоставление полученных результатов по изучению влияния имплантации ионов Ag^+ на параметры распространения поверхностных акустических волн с результатами исследований нарушений кристаллической структуры имплантированных слоев LiNbO_3 , проведенных в работах [6, 7], указывает, что в области небольших доз (10^{14} см^{-2} и менее) регистрируемые изменения параметров распространения поверхностных акустических волн определяются точечными дефектами и ими наводимыми механическими напряжениями. С увеличением дозы внедренных ионов степень разупорядочения кристаллической структуры поверхностного слоя увеличивается, что приводит к уменьшению электромеханической связи между атомами дефектного и под ним расположенного слоев. Отметим, что толщина дефектного слоя не превышала 0,7 мкм, т. е. была существенно меньше длины волны распространяющихся ПАВ $\lambda = 21,0 \text{ мкм}$. Это приводит к тому, что в этом интервале доз резко уменьшается амплитуда потенциального рельефа в имплантированной области. Полная аморфизация поверхностного слоя наступает при дозе $2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$. Это приводит к стабилизации параметров $\Delta v/v$ и A/A_0 .

Однако при дозах 10^{16} см^{-2} и более опять наступает резкое увеличение $\Delta v/v$ и уменьшение A/A_0 . При этом резко увеличивается коэффициент затухания ПАВ. По-видимому, в этом интервале доз из-за неупругих процессов в поле механических напряжений происходит внутреннее разрушение поверхностного слоя с появлением микротрещин, которые в дальнейшем выходят на поверхность [6]. Наличие множества микроскопических дефектов приводит к резкому увеличению затухания ПАВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смит Г. Технология изготовления устройств на ПАВ. В кн.: Фильтры на поверхностных акустических волнах/Под ред. Г. Мэтьюза. М.: Мир, 1981, с. 157–201.
2. Hartmann P. Acoustic surface resonator using ion implanted gratings. Ultrasonics Symposium Proceedings Los-Angeles.— California. N. Y., 1975, p. 303–306.
3. Валатка Р. Ю., Ионелюнас С. А., Пранявичюс Л. И. Анализ распространения поверхностных акустических волн в монокристалле ниобата лития в процессе внедрения ионов H^+ и Ne^+ .— Акуст. ж., 1980, т. 26, № 5, с. 804–805.
4. Валатка Р. Ю., Дюков В. Г., Ионелюнас С. А. и др. Применение растрового электронного микроскопа для исследования распространения поверхностных акустических волн.— ПТЭ, 1981, № 4, с. 211–212.
5. Басин В. М., Валатка Р. Ю., Даугела И. И. и др. Визуализация бегущих поверхностных акустических волн в РЭМ: возможности и применение.— В кн.: Ионно-плазменные процессы в технологии микроэлектроники, Вильнюс, Изд-во Мин. ВУЗ. Лит. ССР, 1982, с. 98–121.
6. Joneliunas S., Planevicius L. and Valatka R. Surface acoustic waves in the study of ion implanted surface layers.— Nuclear Instruments and Methods, 1981, v. 182/183, p. 761–767.
7. Karge H., Gotz G., Jahn U. Radiation damage and refractive index of ion implanted LiNbO_3 .— Nuclear Instruments and Methods, 1981, v. 182/183, p. 777–781.

Каунасский политехнический институт
им. Антанаса Снечкуса

Поступила в редакцию
11.IV.1983

УДК 534.86

О РАЦИОНАЛЬНОМ ВЫБОРЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ В ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ СЛОИСТЫХ СОГЛАСУЮЩИХ СТРУКТУР СТЕРЖНЕВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Задириенко И. М.

В работе [1] методами нелинейного программирования определялись локально-оптимальные размеры слоев, составляющих в совокупности структуры, предназначенные для расширения полосы пропускания стержневых преобразователей. Исследованные структуры состояли из чередующихся слоев легкого (эпоксидный компаунд) и тяжелого (металлы — сталь или вольфрам) материалов. В соответствии с