

ФОТО- И АКУСТОСТИМУЛИРОВАННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
КРИСТАЛЛОВ $LiNbO_3 : Mg$.

А.П. Здебский, Н.И. Дерюгина,
А.Н. Аннаниязов, Г. Гарягдыев,
Г. Корради, К. Полгар

Наряду с явлением фоторефракции, которое заключается в локальном изменении комплексного показателя преломления света n при освещении кристаллов сегнетоэлектриков светом высокой интенсивности, наблюдается также эффект фотоиндуцированного изменения скорости звука v_s [1, 2].

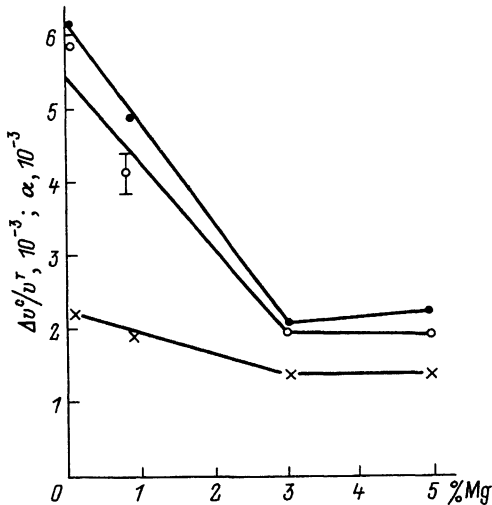
Поскольку как в линейных (фазовые модуляторы, электрооптические затворы, переключатели), так и в нелинейных (умножители частоты, параметрические усилители) устройствах акустооптики явление фотоиндуцированного изменения констант вещества является нежелательным, применяются различные методы стабилизации оптических характеристик материалов. В случае ниобата лития одним из таких методов является легирование его примесью Mg [3]. В связи с этим представляет интерес исследование влияния этой примеси на фотоиндуцированное изменение скорости звука в кристаллах $LiNbO_3$ с различной концентрацией Mg .

С другой стороны, величина фоторефрактивного эффекта существенно зависит от дефектной структуры, примесного и стехиометрического состава материала [4, 5]. В работах [6, 7] было показано, что эффективным методом снижения плотности структурных дефектов кристаллов может служить метод ультразвуковой обработки (УЗО) при интенсивности колебаний ниже пороговой, т.е. такой, при которой еще не начинается генерация точечных дефектов и дислокаций. Поэтому в данной работе исследовано также влияние УЗО на величину фотоиндуцированного изменения скорости звука в ниобате лития.

Одним из механизмов фоторефрактивного эффекта в сегнетоэлектриках является изменение при освещении спонтанной поляризации вследствие появления при освещении деполяризующего электрического поля [8]. Так как пьезоэффект в сегнетоэлектриках можно рассматривать как линеаризованную спонтанной поляризацией электрострикцию, освещение должно привести и к изменению пьезоэлектрических характеристик кристаллов. В связи с этим одновременно со скоростью звука измерялась величина коэффициента электро-механической связи.

Эксперимент

Исследования проведены на кристаллах ниобата лития с процентным содержанием Mg , равным 0, 0,85, 3 и 5%. Монокристаллы $LiNbO_3$, легированные Mg , выращивались в Исследовательской лаборатории физики кристаллов АН Венгрии (г. Будапешт). Измере-



Зависимость фотоиндуцированного изменения $\frac{\Delta v_s^c}{v_s^T}$ и α от процентного содержания Mg. 1 - $\Delta v_s^c/v_s^T$, 2 - α , 3 - $\Delta v_s^c/v_s^T$.

ния выполнены методом резонанса-антирезонанса на стержнях с размерами $x \times y \times z = 4 \times 10 \times 2$ мм³. На торцы стержней испарением в вакууме наносились золотые электроды. Измерения амплитудно-частотных характеристик резонаторов проводились в темноте и при освещении образцов белым светом от лампы накаливания мощностью 500 Вт. Время установления стационарных значений электромеханических параметров при освещении составляло около 2 мин.

В образцах возбуждались продольные колебания на частотах ~ 300 кГц.

На рисунке представлены относительные изменения скорости

звука $\Delta v_s^c/v_s^T = -\frac{v_s^c - v_s^T}{v_s^T}$, где v_s^c и v_s^T - значения скорости

звука при освещении и в темноте соответственно от процентного содержания Mg (кривая 1). Кривая 2 соответствует изменению

параметра $\alpha = k_{22}^2 \frac{\Delta k_{22}^c}{k_{22}^T}$, где $\frac{\Delta k_{22}^c}{k_{22}^T} = -\frac{k_{22}^c - k_{22}^T}{k_{22}^T}$ - относительное изменение

при освещении коэффициента электромеханической связи k_{22}^2 . Как видно, $\Delta v_s^c/v_s^T$ и α симбатно уменьшаются с увеличением

процентного содержания Mg . Значительное уменьшение эффекта фотоиндуцированного изменения в $LiNbO_3:Mg$ наблюдается после УЗО образцов в течение 1 часа при комнатной температуре на резонансной частоте образцов (кривая 3).

Обсуждение результатов.

Известно, что в пьезодиэлектриках скорость звука зависит от величины коэффициента электромеханической связи, который в свою очередь является функцией спонтанной поляризации P_S . Для рассматриваемого случая имеем

$$v_s^2 = v_{s0}^2 (1 + k_{22}^2),$$

$$k_{22}^2 = \frac{(2Q_{22}P_S)^2 \epsilon_{22}}{S_{22}}.$$

Здесь Q_{22} — электрострикционная константа, ϵ_{22} — диэлектрическая проницаемость, S_{22} — упругая податливость, v_{s0} — скорость звука в отсутствие пьезоэлектрического взаимодействия. Можно показать, что изменение P_S и k_{22} приводит и к изменению v_s , так что

$$\frac{\Delta v_s^c}{v_s^T} \approx k_{22}^2 \frac{\Delta k_{22}^c}{k_{22}^T}.$$

Как видно из приведенных экспериментальных зависимостей, это равенство выполняется для всех исследованных образцов, и с увеличением процентного содержания Mg эффект фотоиндуцированного изменения v_s и k_{22} уменьшается, что согласуется с данными работы [3] по уменьшению фоторефрактивного эффекта в кристаллах $LiNbO_3$.

Таким образом, фотоиндуцированное изменение скорости звука в ниобате лития определяется изменением величины спонтанной поляризации вследствие появления при освещении деполяризующего электрического поля пространственного заряда, связанного с асимметрией элементарных электронных и электронно-атомных процессов в средах с выделенным направлением.

В настоящей работе механизм влияния примеси Mg и УЗО на величину фоторефрактивного эффекта не установлен. Это является предметом дальнейших наших исследований.

Наведенные светом изменения v_s и k_{22} сохраняются в кристаллах в течение нескольких суток и после выключения освещения. Вернуть кристалл в исходное состояние можно прогревом до $100^\circ C$ и последующем охлаждении в темноте до комнатной температуры. Этим, вероятно, объясняется значительный разброс литературных данных по электромеханическим параметрам кристаллов $LiNbO_3$ [9].

- [1] Владимирцев Ю.В., Голенищев-Кутузов А.В. - ФТТ, 1980, т. 22, № 1, с. 217-218.
- [2] Здебский А.П., Шейнкман М.К., Аннаниязов А.Н., Гарягдыев Г. - Письма в ЖТФ, 1986, т. 12, в. 18, с. 1134-1137.
- [3] Bryan D.A., Rice R.R., Lerson R., Tomaschke H.E., Sweeney K.L., Halibrerton. - Optical Engineering, 1985, v. 24, N 1, p. 138-143.
- [4] Ангерт Н.Б., Пашков В.А., Соловьева Н.М. - ЖЭТФ, 1972, т. 62, в. 5, с. 1666-1672.
- [5] Онищенко А.М., Пашков В.А., Топчий С.Б. - ФТТ, 1986, т. 28, в. 10, с. 3168-3170.
- [6] Здебский А.П., Остапенко С.С., Савчук А.У., Шейнкман М.К. - Письма в ЖТФ, 1984, т. 10, в. 20, с. 1243-1247.
- [7] Здебский А.П., Шейнкман М.К., Аннаниязов А.Н., Гарягдыев Г. - ФТТ, 1987, т. 29, в. 4, с. 1135-1140.
- [8] Леванюк А.П. - Изв. АН СССР, сер. физич., 1975, т. 39, № 4, с. 686-689.
- [9] Акустические кристаллы / Под. ред. М.П. Шаскольской. М.: Наука, 1982.

Институт полупроводников
АН УССР, Киев

Поступило в Редакцию
21 июля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 23

12 декабря 1988 г.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ
ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН
В $LiNbO_3$ ПРИ $T = 300-4.2$ К

К.В. Дьяконов, Ю.В. Илизавский,
Э.З. Яхкин

В работе [1] сообщалось о влиянии поверхностных акустических волн (ПАВ) большой интенсивности ($I \sim 10^4$ Вт/см²) на сверхпроводящее состояние тонких пленок свинца при $T = 6-8$ К. Некоторые особенности полученных результатов можно объяснить, если предположить, что воздействие поверхностной волны на сверхпроводящую пленку имеет ударный характер.

При $T = 300$ К преобразование мощной гармонической ПАВ в ударную экспериментально исследовалось в работах [2, 3]. Используя метод оптического зондирования, авторы [2] изучили спектраль-