

которых диапазон изменений q достаточен для вычисления интеграла (4). Это оказалось возможным для атомов с $Z=6, 14, 18, 26, 32$ и 36 .

Таким образом, функция экранирования, восстановленная из данных по комptonовскому рассеянию, достаточно хорошо описывает средние значения энергии $\langle \epsilon^n \rangle$ для атомов. Значительные различия при $n=1$ между (4) и (5), как, впрочем, и с результатами модели Томаса — Ферми, вызваны неточностью интегрирования. Это первый вывод настоящей работы.

Диапазон атомных номеров, для которых комptonовские профили измерены, ограничен. Это не позволило нам провести соответствующие расчеты и сравнение для атомов с $Z > 36$. Если же возникает вопрос о решении обратной задачи, то здесь, вероятно, следует рекомендовать область $-1/4 \leq n \leq 3/2$. Решение задачи вне этой области может привести к превышению точности.

Список литературы

- [1] *Gerasimov S. A., Volkov V. F.* // Czech. J. Phys. 1988. Vol. B38. N 11. P. 1202—1209.
- [2] *Волков В. Ф., Герасимов С. А.* // Изв. вузов. Физика. 1984. Т. 27. № 9. С. 120—121.
- [3] *Краснов М. Л.* Интегральные уравнения. М.: Наука, 1975. 304 с.
- [4] *Карлсон Т. А.* Фотоэлектронная и оже-спектроскопия. Л.: Машиностроение, 1981. 431 с.
- [5] *Reed W. A., Eisenberger P.* // Phys. Rev. B. 1972. Vol. 6. N 12. P. 4596—4604.
- [6] *Phillips W. C., Weiss R. J.* // Phys. Rev. B. 1972. Vol. 6. N 11. P. 4213—4219.
- [7] *Eisenberger P., Reed W. A.* // Phys. Rev. A. 1972. Vol. 5. N 5. P. 2085—2094.

Ростовский-на-Дону
государственный университет
Научно-исследовательский
институт физики

Поступило в Редакцию
7 декабря 1988 г.
В окончательной редакции
22 мая 1989 г.

05; 12

Журнал технической физики, т. 60, в. 6, 1990

© 1990 г.

ВЛИЯНИЕ РЕАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ α -LiIO₃ НА ИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Н. А. Захаров, А. В. Егоров, Н. С. Козлова, О. Г. Портнов, В. Н. Носов

Электрические свойства кристаллов α -LiIO₃ представляют особый интерес в связи с возможностью их использования в устройствах акусто- и оптоэлектроники. Однако приводимые в литературе сведения о диэлектрических и пьезоэлектрических характеристиках этих кристаллов весьма противоречивы [1]. В то же время имеющиеся данные о зависимости пьезоэлектрических характеристик кристаллов α -LiIO₃ от примесей и условий выращивания [1] позволяют предположить возможность влияния реальной структуры объекта на его электрические свойства. В настоящей работе приводятся результаты тестирования распределения электрических характеристик в объеме кристаллов α -LiIO₃.

Использованные для исследования монокристаллы α -LiIO₃ выращивали из водного раствора методом испарения растворителя при контролируемом отборе конденсата со скоростью роста вдоль оси z 0.1—0.3 мм/сут при температуре 40 °С и кислотности раствора $pH=1.8$ —2.5. В качестве затравки использовали срез призматической части кристалла. Кристаллы были бесцветны, прозрачны, имели призматический габитус и огранены призмой $\{10\bar{1}0\}$ и пирамидой $\{10\bar{1}1\}$ (рис. 1, а). По результатам рентгеновских исследований монокристаллы относились к α -фазе LiIO₃ гексагональной модификации, параметры элементарной ячейки $a=5.48$, $c=5.17$ Å, пр. гр. $P6_3$.

Величины пьезомодулей d_{im} определяли квазистатическим ($f=100$ Гц) методом [2], диэлектрические характеристики ϵ_{ij} и $\text{tg } \delta_{ij}$ — мостовым методом ($f=1$ кГц). Значения коэффициента электромеханической связи (КЭМС) K_{ij} в соответствии с [2] вычисляли как $K^2 = (\epsilon^T - \epsilon^S) / \epsilon^T$, где ϵ^T , ϵ^S — диэлектрические проницаемости механически свободного и механически зажатого кристаллов. Для измерения использовали аквадаговые электроды. Точность ориентации образцов была не хуже 2°. Погрешность определения пьезомодулей составляла 5%, ϵ и $\text{tg } \delta$ — 8%. Для исследования распределения электрических характеристик по высоте и ширине кристалла монокристаллическую булю препарировали на плоскопараллельные пластины, каждая из которых разрезалась затем в соответствии с рис. 1, а.

Распределение пьезоэлектрических характеристик в объеме исследованных кристаллов описано на рис. 1, б, в, согласуется с результатами изучения структурного совершенства кристаллов $\alpha\text{-LiIO}_3$ [1]. Начало разрастания затравочной пластины z-среза сопровождается ее переограничением, зарастанием отдельными пирамидами грани (0001) при одновременном быстром формировании от краев затравочной пластины {10 $\bar{1}\bar{1}$ }. В результате в нижней части монокристаллической булы у затравочной пластины образуется конусообразная переходная область (рис. 1, а, пунктир) низкого кристаллического совершенства, которой соответствуют наибольшие значения ϵ_{33} и $\text{tg } \delta_{33}$. Образующиеся в переходной области трещины распространяются в более совершенные верхние части кристалла, а включения раствора и посторонних частиц на гранях {10 $\bar{1}\bar{1}$ } приводят к появлению дислокаций.

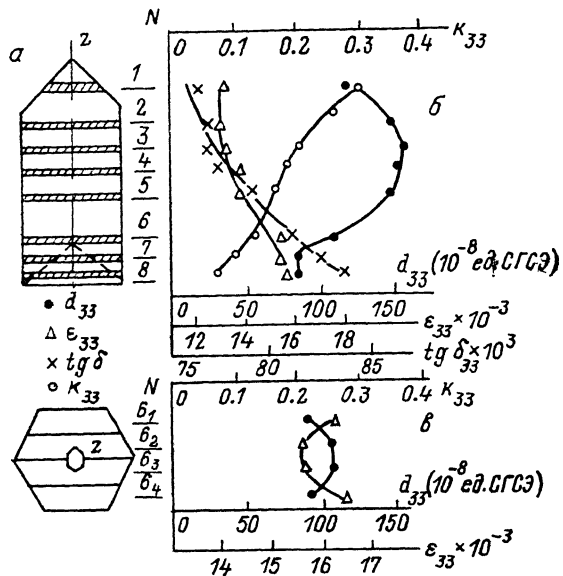


Рис. 1. Распределение пьезоэлектрических и диэлектрических характеристик монокристаллов $\alpha\text{-LiIO}_3$ в объеме кристаллической булы (при температуре 20 °С).

а — схема приготовления монокристалла (конусообразная переходная область (пунктир)); б — распределение по высоте кристалла в — распределение по ширине в G-м срезе кристалла.

Распространяясь по нормальным к пирамидальным граням, дислокации по мере роста кристалла выходят на призматические грани булы, где наблюдается их максимальная плотность. Плотность дислокаций уменьшается от затравки к вершине кристалла, и боковой прирост оказывается менее совершенным, включая больше примесей и дефектов, чем центральная часть кристалла.

С описанными закономерностями реальной структуры кристалла $\alpha\text{-LiIO}_3$ согласуются измеренные зависимости электрических характеристик для всей партии из 6 таких кристаллов (рис. 1, б, в). Совершенная часть кристалла отличается меньшими значениями ϵ_{33} и $\text{tg } \delta_{33}$, чем боковой прирост. При этом для верхних областей кристалла характерны большие значения K_{33} , мак-

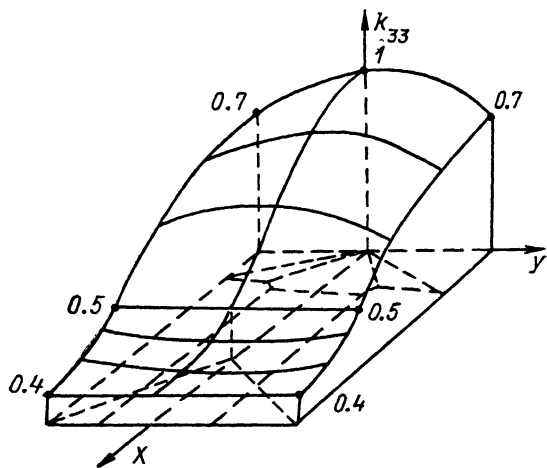


Рис. 2. Указательная поверхность (нормированная к единице) КЭМС K_{33} в объеме монокристаллической булы $\alpha\text{-LiIO}_3$.

симальные значения которых отмечены для центральной части монокристаллической булы. Характер изменения d_{33} по высоте и ширине кристалла в нижней и средней частях булы соответствует таковому для K_{33} . Наибольшие значения d_{33} зафиксированы для центральной части булы на высоте перехода ее призматической огранки в пирамидальную. При этом пирамидальной части кристалла соответствует уменьшение d_{33} в сечениях, близких к вершине булы, до значений, соответствующих области, примыкающей к конусообразной несовершенной части булы. Исчерпывающая интерпретация подобного поведения d_{33} в настоящей работе не представляется возможной ввиду недостатка экспериментальных данных. Однако учитывая взаимную зависимость электрических и упругих характеристик кристалла, в соответствии с которой имеет место соотношение $K = d_{33} / (\epsilon_{33}^T S_{33}^E / 4\pi)^{1/2}$ (S_{33}^E — упругие податливости при постоянном электрическом поле) [2], измеренный характер изменения d_{33}

по высоте були может представляться оправданным. На рис. 2 построена характеристическая поверхность K_{33} монокристаллической були, нормированная к единице.

Полученные результаты объясняют имеющие место расхождения литературных данных о величине электрических характеристик кристаллов α -LiIO₃. Рис. 2 наглядно показывает, что анализ экспериментальных данных необходимо проводить с учетом влияния структурного

Компоненты матриц d_{im} , ϵ_{ij} ($U_{max} \leq 80$ В, $f = 2$ кГц)
и величины K_{ij} монокристаллов α -LiIO₃
при комнатной температуре

$d_{im} \cdot 10^{-8}$, ед. СГСЭ			ϵ_{ij}^S		K_{ij}	
d_{15}	d_{31}	d_{33}	$\epsilon_{11} = \epsilon_{22}$	ϵ_{33}	K_{33}	K_{31}
111	7.1	97	300	1000	0.37	0.35

совершенства кристаллов и места расположения выбранного для исследования образца в объеме були. Типичные значения компонент матриц d_{im} , ϵ_{ij} и величин КЭМС K_{ij} , измеренные нами для образцов из средней части монокристаллической були, приведены в таблице.

Учет полученных результатов позволит оптимизировать препарирование кристаллов на рабочие элементы с заданным набором или распределением свойств.

Список литературы

- [1] Авдиенко К. И., Богданов С. В., Архипов С. М. и др. Иодат лития. Выращивание кристаллов, их свойства и применение. Новосибирск: Наука, 1980. 144 с.
- [2] Смажеская Е. Г., Фельдман Н. Б. Пьезоэлектрическая керамика. М.: Сов. радио, 1971. 199 с.

СЕЛЕКТИВНАЯ ФОТОИОНИЗАЦИЯ АТОМОВ ИНДИЯ В ГИПЕРБОЛОИДНОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРЕ ТИПА ТРЕХМЕРНОЙ ЛОВУШКИ

Э. П. Шертов, А. И. Сулов, Б. И. Колотилин, А. Б. Ястребков,
Н. В. Веселкин, В. К. Комов, С. П. Овчинников

Гиперболоидные масс-спектрометры типа трехмерной ловушки (ГМС) в настоящее время широко начинают использовать в технике и науке [1]. Недавно был создан масс-спектрометр этого типа для автоматической межпланетной станции «Вега» по международной программе «Венера—комета Галлея» [2]. В настоящей работе сообщается о реализации метода селективной фотоионизации атомов индия в таком приборе.

В работе [3, 4] высказана идея двухмерного масс-оптического спектрометра. Экспериментальные исследования проводились в этих работах с использованием времяпролетных масс-спектрометров.

Применение ГМС позволяет реализовывать непрерывный режим накопления ионов, что особенно важно при детектировании следовых количеств вещества. Кроме этого, одновременно с накоплением ионов осуществляется их селекция по массам, что существенно снижает влияние фона.

Селективная фотоионизация атомов индия осуществлялась с помощью излучения перестраиваемого лазера на красителях, возбуждаемого импульсным азотным лазером. Излучение направлялось в вакуумную камеру, в которой находилась электродная система анализатора ГМС, вдоль одной из асимптот электродной системы (рис. 4). Вдоль другой асимптоты в рабочий объем ГМС вводился пучок атомов индия, полученный с помощью термического атомизатора.