

- [1] Г а м а л е я Н.Ф., С т а д н и к В.Я. // Врачебное дело. 1988. № 9. С. 67-70.
- [2] Г а м а л е я Н.Ф., Ш и ш к о Е.Д., Я н и ш Ю.В. // Изв. АН СССР. Сер. физическая. 1986. Т. 50. № 5. С. 1027-1032.
- [3] К а р у Т.Й., К а л е н д о Г.С., Л о б к о В.В. // Изв. АН СССР. Сер. физическая. 1983. Т. 47. № 10. С. 2017-2022.
- [4] А л б е р т с Б., Б р е й Д., Л ь ю и с Дж. и др. Молекулярная биология клетки. М.: Мир, 1986. т. 2, 312 с.
- [5] Р у б и н А.Б. Биофизика. Книга 2. Биофизика клеточных процессов. М.: Высшая школа, 1987. 303 с.
- [6] В u n k i n F.V., L u k ' a n s h u k B.S., S h a f e e v G.A. // Prok. of SPIE. The Int. Soc. for Opt. Engineering. 1984. V. 473. P. 31-38.

Поступило в Редакцию
28 декабря 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 6

16 марта 1990 г.

04; 05.2

© 1990

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ПРОБОЙ МОНОКРИСТАЛЛОВ LiH И LiD В НАНОСЕКУНДНОМ ДИАПАЗОНЕ

Ю.Н. В е р ш и н и н, Р.В. Е м л и н,
С.О. Ч о л а х, В.Г. Ш п а к,
В.А. Б е л о г л а з о в

Кубические кристаллы гидрида и дейтерида лития представляют большой практический и научный интерес [1], в частности перспективным является использование их в качестве источника ионов в различных электрофизических установках.

В данной работе представлены результаты исследования пробоя монокристаллов LiH и LiD при 300 К импульсами положительной полярности длительностью 2,5 - 4 нс амплитудой 220 кВ, создаваемыми генератором РАДАН [2]. Фронты импульса не превышали 0,5 нс. Монокристаллы LiH и LiD были выращены методом Чохральского из расплава. Дополнительному отжигу в атмосфере водорода образцы не подвергались. Для экспериментов использовались образцы сечением 10×10 мм² толщиной от 1 до 20 мм, выкальвываемые непосредственно перед испытаниями.

В эксперименте по пробое относительно длинных образцов (10–20 мм) в ячейке диаметром 30 мм с коаксиальным расположением образца с положительного острия (стальная игла) образуется тонкий длинный канал пробоя в кристаллографическом направлении $[100]$. Диаметр каналов составлял 70–100 мкм, их длина до 20 мм (наибольший размер использованных образцов). Подобные каналы наблюдаются при пробое ШГК в направлениях $[110]$ и $[100]$ [3, 4].

Представляло интерес измерить при этих же условиях скорость распространения проводящего канала. Известно [5, 6], что время развития пробоя до полного перекрытия образца хорошо проводящим искровым каналом зависит от напряжения, с ростом напряжения оно уменьшается. В типичных кристаллических диэлектриках, таких как LiF , $NaCl$, KCl толщиной 1–10 мм средняя скорость формирования пробойного канала составляет по нашим измерениям $(1.5–2.5) \cdot 10^6$ м/с.

Для измерений использовалась заполненная касторовым маслом ячейка с двумя коаксиальными емкостными делителями напряжения. Первый датчик служит для измерения напряжения на анодном острие, второй измеряет напряжение на нагрузке $R_H = 23$ Ом, включенной последовательно с образцом. Чувствительность второго датчика по току ≈ 200 А. Оба сигнала через резистивные делители подавались на вход осциллографа С9–4А, сигнал тока подавался с задержкой 40 нс.

На рис. 1 осциллограмма 1 соответствует работе генератора на резистивную нагрузку R_H , близкую к согласованной с его импедансом. Видно, что после первого импульса напряжения имеются небольшие ($< 20\%$) отражения в течение времени 4 нс из-за неполного согласования в месте присоединения измерительной ячейки к генератору. Полоса пропускания осциллографа и делителей составляла 400 МГц, наблюдаемые фронты импульсов при этом равны 0,8 нс. Все временные измерения проводились на уровне 0,1 амплитуды импульса, скорость развертки на экране осциллографа 10 нс/см, максимальная погрешность не превышала 0,4 нс.

Осциллограммы 2, 3, 4 соответствуют пробое образцов толщиной 2, 4,2 и 6 мм соответственно. Видно, что при увеличении толщины образца задержка появления импульса тока, равная времени развития пробоя, растет. Когда она превышает длительность импульса, задаваемую формирующей линией генератора, пробой происходит на последующих отражениях: если в течение первого импульса диэлектрик до конца не пробит, импульс отражается к генератору и возвращается обратно через 7 нс к образцу. Особенно наглядно это явление наблюдается при пробое слоя касторового масла толщиной 9 мм (осциллограмма 5), где видно пять отраженных импульсов до появления пробоя. Измерить величину предпробойных токов, протекающих до момента замыкания образца хорошо проводящим каналом, при данной чувствительности датчиков нам не удалось. Таким образом, при необходимости использовать максимальную амплитуду импульса, достигаемую в режиме работы

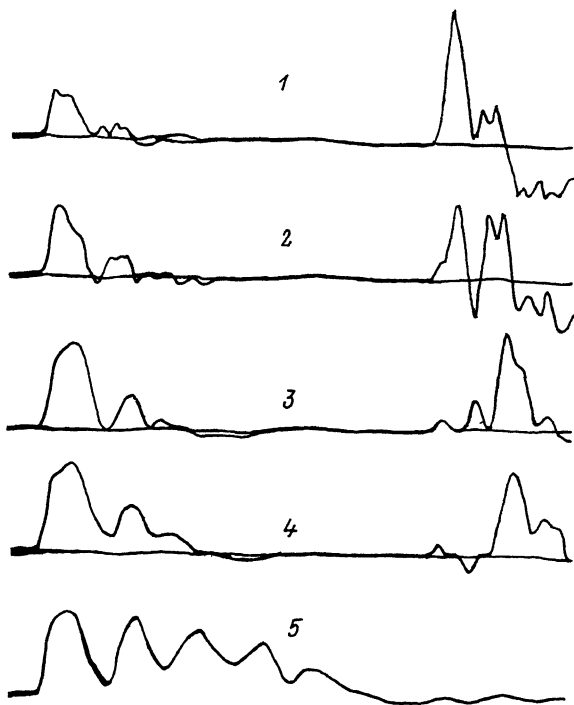


Рис. 1. Осциллограммы импульсов напряжения и тока (задержка 40 нс) пробоя образцов LiH толщиной 0, 2, 4.2 и 6 мм и слоя касторового масла 9 мм.

генератора на разомкнутую цепь (пробиваемый диэлектрический образец), учет явлений отражения при таких коротких импульсах является совершенно необходимым. Кроме того, такой „многотильтный“ режим пробоя приводит, вероятно, к большей эффективности образования канала, поскольку обеспечивает больший, по сравнению с одиночным импульсом, средний ток пробоя из-за включения компоненты тока $j = C \frac{dU}{dt}$ и увеличения энергии, выделяющейся в канале разрушения.

На рис. 2 приведена зависимость времени формирования проводящего канала от длины образца и определена средняя скорость распространения канала $v = (1 \pm 0.3) \cdot 10^6$ м/с. Такая зависимость подтверждает положение [7], что скорость пробоя в твердых диэлектриках определяется параметрами импульса и практически не зависит от длины образца. Кроме того, наличие задержки момента появления тока пробоя является характерным для диэлектрика, поэтому кристаллы LiH и LiD следует относить скорее к диэлек-

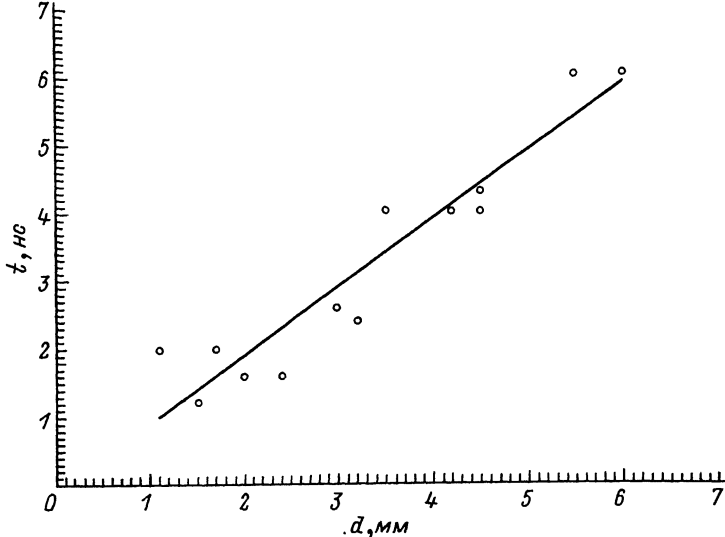


Рис. 2. Зависимость времени развития канала пробоя от толщины образцов d .

трикам, чем к полупроводникам [1]. Несмотря на некоторое различие постоянных решетки и упругих свойств LiH и LiD , заметного различия средней скорости формирования канала пробоя у них не обнаружено.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Лушник Ч.Б., Гаврилов Ф.Ф., Завт Г.С., Плеханов В.Г., Чолах С.О. Электронные возбуждения и дефекты в кристаллах гидрида лития. М.: Наука. 1985. 214 с.
- [2] Загулов Ф.Я., Котов А.С., Шпак В.Г., Юрике Я.Я., Яландин М.И. // ПТЭ. 1989. В. 2. С. 146-149.
- [3] Davison J.W. // Phys. Rev. 1946. V. 70. P. 685-698.
- [4] Воробьев А.А. // ДАН СССР. 1952. Т. 86. С. 681.
- [5] Воробьев А.А., Сончик К.К. Физика диэлектриков. Тр. Второй Всес. конференции, 1958. М.: АН СССР. 1960. С. 235-242.
- [6] Воробьев А.А., Воробьев Г.А. Электрический пробой и разрушение твердых диэлектриков. М.: Высшая школа. 1966. 224 с.
- [7] Вершинин Ю.Н. // ЖТФ. 1989. Т. 59. В. 2. С. 158-160.