

подтверждается вывод работы [2], что именно термическая составляющая вносит наибольший вклад в последовательное сопротивление МП.

На рис. 1, б приведены типичные прямые ветви ВАХ диодных структур при различных температурах. Эти зависимости хорошо описываются известными формулами [9] при плотности тока насыщения $j_s = 10^{-12}$ А/см², температурной зависимости $\tau \sim T^2$, а $j_s/p_i^2 = \text{const}$ (T) (p_i — собственная концентрация носителей заряда) [10]. Отметим, что высокие значения времени жизни дырок в базе (отношение эффективной ширины базы к диффузионной длине неосновных носителей заряда составляет 0.5—1) обеспечивают относительно малые прямые падения напряжения (1.25—1.4 В при токе 4000 А). Увеличение прямых падений при $j \geq 10$ А/см² связано с уменьшением коэффициентов инжекции, а при $j \geq 100$ А/см² существенное влияние начинает оказывать электронно-дырочное рассеяние.

Проведенные исследования показали, что современные технологические методы позволяют изготавливать лавинные диоды на напряжение пробоя 3—6 кВ и рабочий ток 1250 А. При этом для структур с площадью выпрямительного элемента 23 см² уже при плотности обратного тока ~ 1 А/см² наблюдается лавинное умножение носителей заряда практически по всей площади.

Список литературы

- [1] Грелов И. В., Серезжин Ю. Н. Лавинный пробой p — n -перехода в полупроводниках. Л.: Энергия, 1980. 152 с.
- [2] Зубрилов А. С., Шуман В. Б. // ЖТФ. 1987. Т. 57. Вып. 9. С. 1843—1845.
- [3] Евсеев Ю. А. Полупроводниковые приборы для мощных высоковольтных преобразовательных устройств. М.: Энергия, 1978. 193 с.
- [4] Богородский О. В., Воронцова Т. П., Жгутова О. С. и др. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 7. С. 1419—1426.
- [5] Sobolev N. A., Chelnokov V. E. // Proc. 2nd Intern. Autumn School CADEST / Ed. H. Richter Frankfurt, 1987. P. 179—184.
- [6] Астрова Е. В., Волле В. М., Воронков В. В. и др. // ФТП. 1986. Т. 20. Вып. 11. С. 2122—2125.
- [7] Выжигин Ю. В., Грессеров Б. Н., Соболев Н. А. // ФТП. 1988. Т. 22. Вып. 3. С. 536—538.
- [8] Дерменжи П. Г., Кузьмин В. А., Крюкова Н. Н. и др. Расчет силовых полупроводниковых приборов. М.: Энергия, 1980. 185 с.
- [9] Отблеск А. Е., Челноков В. Е. Физические проблемы в силовой полупроводниковой электронике. Л.: Наука, 1984. 238 с.
- [10] Грессеров Б. Н., Мнацаканов Т. Т. // ЖТФ. 1986. Т. 56. Вып. 9. С. 1827—1829.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
3 июня 1988 г.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СТРУКТУР

В. Г. Акульшин, В. В. Дякин, В. Н. Лысенко, В. Е. Родионов

В последние годы возрос интерес к исследованию влияния акустических волн и колебаний на свойства полупроводниковых и диэлектрических кристаллов. В связи с этим был обнаружен ряд новых эффектов, таких как акустолюминесценция [1], акустохимические реакции [2] и др. Поскольку в настоящее время в микроэлектронике находит все большее применение тонкопленочная технология, то представляет интерес исследование влияния ультразвука на свойства тонкопленочных, в том числе электролюминесцентных структур (ТПЭЛС). ТПЭЛС на основе ZnS, легированного Mn, перспективны для оптоэлектроники в связи с возможностью создания на их основе различного типа индикаторов и устройств отображения информации с высокой яркостью, большой крутизной вольт-яркостной характеристики (ВЯХ), высокой контрастностью изображения и др. [3].

Целью данной работы являлось исследование влияния ультразвуковой обработки на фотоэлектрические характеристики тонкопленочных электролюминесцентных структур.

Исследования проводились на образцах ТПЭЛС, получаемых методами вакуумного напыления. Полупроводниковый слой $ZnS : Mn$ в данных структурах заключен между диэлектрическими слоями, в качестве которых использовались композиции пленок Y_2O_3 и SiO_2 . Electroдами служили слои In_2O_3-Sn и Al . Общая толщина многослойной тонкопленочной структуры не превышала 2 мкм. Возбуждение электролюминесценции в структурах осуществлялось при приложении к электродам синусоидального напряжения частотой 1—5 кГц, а также биполярных импульсов длительностью 30 мкс и частотой следования 250 Гц.

Ультразвук вводился в исследуемые структуры перпендикулярно тонкопленочным слоям со стороны Al электрода. Для генерации ультразвука (УЗ) использовались преобразователи на основе пьезокерамики ЦТС-19, в которых возбуждались продольные по толщине УЗ колебания на частотах 0,5, 2,64 и 4,46 МГц. Интенсивность возбуждаемого УЗ лежала в пределах 0,2—12 Вт/см². Длительность УЗ обработки составляла 2—60 мин.

Результат воздействия ультразвука на образец контролировался по вольт-яркостной характеристике, поскольку она является наиболее важной и информативной характеристикой ТПЭЛС. На рис. 1 приведены ВЯХ образцов ТПЭЛС № 758 и 500 до и после воздействия

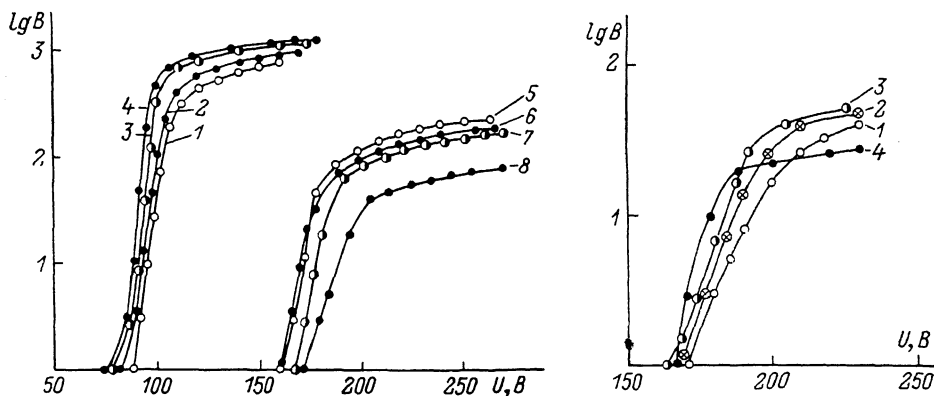


Рис. 1. Вольт-яркостные характеристики ТПЭЛС при возбуждении синусоидальным напряжением частотой 5 кГц.

1, 5 — образцы № 758, 500 до обработки; 2 — после обработки УЗ в течение 30 мин; 2 — 0,2, 3 — 0,7, 4 — 1, 6 — 1,5, 7 — 6, 8 — 12 Вт/см²; 2 — 2,64, 6 — 4,46 МГц.

Рис. 2. Вольт-яркостные характеристики ТПЭЛС.

1 — до обработки (образец № 789); 2 — после обработки УЗ в течение 15 (1 Вт/см², 2,64 МГц); 3 — 30, 4 — 60 мин.

на них УЗ различной интенсивности. Как видно из приведенных графиков, ультразвук оказывает двоякое воздействие на ход ВЯХ. Существенно, что при увеличении интенсивности УЗ, применявшегося для воздействия на образец, до 1 Вт/см² его ВЯХ сдвигается в область меньших напряжений возбуждения электролюминесценции (кривые 2—4) по сравнению с ВЯХ образца, не подвергавшегося УЗ обработке (кривая 1). При этом наблюдаются уменьшение порогового напряжения, увеличение крутизны ВЯХ и максимальной яркости свечения, а также увеличивается максимальное пробивное напряжение структуры. Использование для обработки ТПЭЛС ультразвука интенсивностью более 1 Вт/см² ведет к обратному смещению ВЯХ. Поэтому после обработки образца УЗ интенсивностью 1,5 Вт/см² его ВЯХ (кривая 6) практически не смещается по отношению к ВЯХ образца до обработки (кривая 5). Дальнейшее повышение интенсивности УЗ (кривые 7, 8) приводит к сдвигу ВЯХ в область больших напряжений возбуждения электролюминесценции. После обработки такими интенсивностями УЗ также снижаются яркость свечения и максимальное пробивное напряжение ТПЭЛС.

Поведение ВЯХ после воздействия на ТПЭЛС ультразвука можно пояснить следующим образом. Известно [4], что в результате обработки УЗ малой интенсивности монокристаллов CdS наблюдается уменьшение внутреннего трения, т. е. уменьшается дефектность кристаллической решетки. Исследовавшиеся ТПЭЛС являются более сложными в структурном отношении. В частности, полупроводниковый слой $ZnS : Mn$ представляет собой поликристаллическую структуру, состоящую из зерен размером около 1 мкм и мелкодисперсного межзеренного пространства. Это обуславливает дополнительное поглощение УЗ на границе зерен и приводит, таким образом, к активации диффузионных процессов. Следствием диффузи-

онных процессов в поле УЗ внутри слоев структуры является уменьшение дефектности активного слоя, о чем свидетельствует наблюдаемое на эксперименте увеличение крутизны ВЯХ [5].

При воздействии на монокристаллы CdS ультразвука интенсивностью более 1 Вт/см² происходит увеличение внутреннего трения [6], что для нашего случая может быть связано с размытием границы раздела диэлектрик—полупроводник в результате диффузии примесных центров между слоями структуры, а также с образованием новых дефектов в слоях. Названные причины приводят к снижению яркости свечения ТПЭЛС после обработки мощным УЗ.

Проводились также исследования влияния длительности УЗ обработки на ВЯХ ТПЭЛС при постоянной интенсивности УЗ. Зависимости, представленные на рис. 2, показывают, что увеличение длительности обработки до 30 мин при интенсивности УЗ 1 Вт/см² (кривые 2, 3) приводит к увеличению крутизны ВЯХ и яркости свечения структуры. Однако при длительности обработки 60 мин (кривая 4) уже наблюдается падение максимальной яркости свечения, т. е. наступает насыщение процессов, происходящих при УЗ обработке ТПЭЛС. Зависимость поведения ВЯХ от длительности УЗ воздействия подтверждает предположение о диффузионных процессах, протекающих в поле ультразвука.

Таким образом, в результате проведенных исследований показано, что ультразвуковое воздействие на тонкопленочные электролюминесцентные структуры приводит к управляемому изменению их фотоэлектрических характеристик. Наблюдаемые изменения связаны с диффузией примесных центров и дефектов, образованных в процессе получения многослойных структур, в поле ультразвука. Диффузионные процессы внутри слоев приводят при малых интенсивностях УЗ к уменьшению их дефектности, при больших интенсивностях — размытию границы раздела диэлектрик—полупроводник.

Список литературы

- [1] *Островский И. В., Лысенко В. Н.* // Письма в ЖТФ. 1979. Т. 5. Вып. 15. С. 910—913.
- [2] *Громашевский В. Л., Дякин В. В., Сальков Е. А.* и др. // УФЖ. 1984. Т. 29. № 4. С. 550—554.
- [3] *Власенко Н. А., Гурьянов С. Н.* // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1985. Т. 49. № 10. С. 1909—1915.
- [4] *Здебский А. П., Остапенко С. С., Савчук А. У., Шейнман М. К.* // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. Вып. 20. С. 1243—1247.
- [5] *Фок М. В.* // Тр. ФИАН СССР. 1982. Т. 129. С. 129—142.
- [6] *Островский И. В., Лысенко В. Н.* // ФТТ. 1984. Т. 26. Вып. 2. С. 531—532.

Институт химии поверхности АН УССР
Киев

Поступило в Редакцию
1 июня 1988 г.

ФОРМИРОВАНИЕ ПИКОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ ФИЛЬТРАМИ, СИНТЕЗИРОВАННЫМИ ФОТОВЫЖИГАНИЕМ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПРОВАЛОВ

А. А. Гороховский, Р. К. Каарли, В. В. Пальм, М. Л. Рятсен, Х. Р. Сынаалг

1. Методом фотовыжигания стабильных спектральных провалов [1, 2] можно получить линейные светофильтры с контролируемым в пределах сотен обратных сантиметров пропусканием. При этом минимальная ширина особенностей кривой пропускания определяется однородной шириной линий поглощения, что в области гелиевых температур составляет 10^{-2} — 10^{-4} см⁻¹. В силу соотношений Крамерса—Кронига модуляция коэффициента поглощения сопровождается изменением коэффициента преломления. Если на такой фильтр подается световой импульс, спектральные компоненты которого в пределах полосы пропускания фазированы и имеют равные амплитуды, то временной отклик на выходе фильтра определяется Фурье-образом комплексной функции пропускания.

Использование фильтра на основе фотовыжигания провалов для преобразования строго периодических когерентных световых сигналов было предложено в [3]. На дискретных частотных компонентах периодического сигнала в принципе осуществим полный Фурье-синтез,