

6
А-6

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ

Государственный комитет Совета Министров СССР
по радиоэлектронике

На правах рукописи

В. М. ЛЮБИН

**ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЕВ ХАЛЬКОГЕНИДОВ
СУРЬМЫ И МЫШЬЯКА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ ТРУБКАХ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель —
доктор технических наук,
профессор *Б. Т. КОЛОМИЕЦ*

ЛЕНИНГРАД
1960

За последнее время телевизионная техника добилась новых больших успехов. Наряду с бурным развитием черно-белого и цветного телевизионного вещания, методы телевидения находят все более широкое применение в самых различных отраслях народного хозяйства, в биологии и медицине, в военном деле, в астрономии, в разнообразных научных исследованиях.

Расширение сферы применения телевидения выдвигает новые требования к телевизионным передающим устройствам. Многие задачи удалось решить с помощью телевизионных передающих трубок с фотопроводящей мишенью. Основными достоинствами таких трубок являются высокая чувствительность, высокая разрешающая способность, малые габариты и простота изготовления.

В настоящее время, однако, имеется весьма ограниченный круг фотопроводников, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к фотопроводящим материалам мишени трубки. В большинстве случаев применяются фотопроводящие слои трехсернистой сурьмы Sb_2S_3 , что ограничивает возможности применения таких трубок по многим причинам и, прежде всего, вследствие сравнительно узкой спектральной характеристики фотоэффекта.

Настоящая работа посвящена исследованию одного класса фотопроводников, проведенному с целью выявления материалов, пригодных для использования в телевизионных передающих трубках различного назначения.

Диссертация состоит из шести глав.

В первой главе описываются телевизионные передающие трубки с фотопроводящей мишенью. Рассматривается механизм работы трубок типа «видикон» и приводится перечень фотопроводящих материалов, применяющихся в таких трубках. В конце главы формулируются основные требования к материалам, предназначенным для использования в трубках типа «видикон», и высказывается предположение, что сформулированным требованиям будут удовлетворять некоторые бинарные и тройные материалы типа $A_2^V B_3^{VI}$, к которым относится также и трехсернистая сурьма Sb_2S_3 .

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А.Н. Ниргизской ССР

172582.

Во второй главе приводится обзор имеющихся литературных данных об электрических и фотоэлектрических свойствах бинарных халькогенидов сурьмы и мышьяка. Результаты ранних исследований, проведенных на естественных кристаллах Sb_2S_3 , являются чрезвычайно противоречивыми. Позднее разными авторами были исследованы монокристаллические и поликристаллические объемные образцы, а также тонкие слои трехсернистой сурьмы [1, 2].

Значительно слабее изучены другие халькогениды сурьмы, а также халькогениды мышьяка. Фотоэффект в тонких слоях Sb_2Te_3 , As_2Se_3 и As_2Te_3 практически совершенно не изучался.

Во второй главе дается также обзор работ, посвященных изучению свойств тройных полупроводниковых материалов на основе халькогенидов сурьмы и мышьяка. Отмечается, что свойства тонких слоев таких материалов ранее не изучались.

В конце второй главы формулируются следующие основные задачи исследования:

1. Подробное изучение электрических, фотоэлектрических и оптических свойств тонких слоев бинарных халькогенидов сурьмы и мышьяка, а также слоев сложного состава.

2. Выяснение механизма проводимости и фотопроводимости в таких слоях, а также сопоставление свойств тонких слоев и массивных образцов того же состава.

3. Оценка характеристик исследованных слоев с точки зрения возможности их применения в телевизионных передающих трубках с фотопроводящей мишенью.

В третьей главе описываются методы приготовления образцов и методы исследования электрических, фотоэлектрических и оптических свойств. Образцы готовились испарением в вакууме и позволяли проводить исследование свойств как вдоль, так и поперек слоя.

С целью изучения свойств слоев в условиях, близких к условиям работы их в телевизионных передающих трубках, разработан двухпучковый метод измерения сопротивления и потенциала поверхности полупроводниковых слоев. Сущность метода заключается в одновременном облучении слоя полупроводника, нанесенного на металлизированную стеклянную подложку, двумя пучками электронов. Один пучок служит для зарядки поверхности полупроводника, второй пучок, работающий в импульсном режиме, — для определения потенциала поверхности по методу сдвига вольт-амперных импульсных характеристик. Одновременное измерение сквозного тока, протекающего через слой, позволяет определять поперечное сопротивление слоя и его изменение при освещении и исследовать, таким образом, люкс-амперные характеристики и спектральное распределение фотопроводимости в образцах. Двухпучковый метод позволяет работать в широком

диапазоне потенциалов на поверхности слоя, а также исследовать кинетику нарастания и спадания потенциала поверхности и изучать распределение потенциала по поверхности слоя.

В конце третьей главы описывается импульсный вольтметр, разработанный для проведения измерений с импульсами низкой частоты повторения.

В четвертой главе излагаются результаты исследования электрических, фотоэлектрических и оптических свойств слоев бинарных халькогенидов сурьмы и мышьяка: Sb_2S_3 ; Sb_2Se_3 ; Sb_2Te_3 ; As_2S_3 ; As_2Se_3 ; As_2Te_3 . Все шесть исследованных соединений в тонких слоях являются типичными полупроводниками, обладающими отрицательным температурным коэффициентом сопротивления, определенной величиной ширины запрещенной зоны, а также фотопроводимостью.

Все соединения могут быть получены в виде аморфных слоев. Во всех слоях, в которых проводилось определение знака термо-э.д.с., доминирующими темновыми носителями тока оказались дырки. Удельные темновые сопротивления материалов в аморфном слое всегда на 3—5 порядков величины выше, чем удельные сопротивления соответствующих материалов в кристаллических объемных образцах. Высказывается предположение о том, что подобное увеличение сопротивления может быть объяснено резким уменьшением подвижности носителей тока. Слои Sb_2S_3 , Sb_2Se_3 , Sb_2Te_3 и As_2Te_3 удавалось с помощью последующего прогрева или приготовлением по особой технологии получить в поликристаллической форме, что показано электронографическими исследованиями. Слои As_2S_3 и As_2Se_3 закристаллизовать не удалось. При кристаллизации сопротивление слоев уменьшается, стремясь к значениям, характерным для кристаллических объемных образцов. При кристаллизации уменьшается также тепловая энергия активации.

Во всех исследованных слоях закон Ома выполняется до напряженностей электрического поля 10^4 — 10^5 в/см, в более сильных полях имеет место сверхлинейное возрастание тока при увеличении напряженности поля.

В слоях Sb_2S_3 , Sb_2Se_3 , As_2S_3 и As_2Se_3 наблюдаются большие значения кратности изменения сопротивления при освещении, а в слоях Sb_2Te_3 и As_2Te_3 сопротивление изменяется очень незначительно. Зависимость фототока I_{ϕ} от освещенности E на слое обычно хорошо описывается выражением $I_{\phi} = AE^n$, где A и n — постоянные коэффициенты. При этом в широком диапазоне освещенностей $n = 0,5 \div 0,65$ (для различных слоев), а при низких уровнях освещенности $n = 0,9 \div 1,0$. Такие люкс-амперные характеристики объясняются в предположении двух различных механизмов рекомбинации неравновесных носителей тока: мономолекулярного ме-

ханизма, доминирующего при низких уровнях освещенности, и бимолекулярного механизма, преобладающего при высоких освещенностях. На слоях Sb_2S_3 проведено подробное исследование люкс-амперных характеристик при повышении температуры. Наблюдаемое при этом изменение вида характеристик, приводящее к исчезновению меньшего наклона, свидетельствует об увеличении роли мономолекулярного механизма рекомбинации. В слоях As_2S_3 обнаружена сверхлинейная фотопроводимость. В слоях As_2Se_3 наклон люкс-амперной характеристики фототока поперек слоя резко изменяется при изменении полярности приложенного напряжения, что объясняется наложением на эффект фотопроводимости фотодиодного эффекта, обусловленного явлениями на границах As_2Se_3 — металл.

Изучение температурной зависимости фототока показало, что в исследованных слоях при увеличении температуры имеют место две противоречивые тенденции. Одна тенденция, вызывающая уменьшение фототока, наблюдается в высокоомных образцах (Sb_2S_3 ; Sb_2Se_3 ; As_2Se_3) при больших освещенностях в области сравнительно высоких температур и при малых освещенностях в широком температурном интервале, а также для низкоомных образцов (Sb_2Te_3) при любых значениях температуры и освещенности, при которых проводились исследования. Этот эффект может быть объяснен существенным увеличением скорости рекомбинации неравновесных носителей тока. Вторая тенденция, приводящая к экспоненциальному возрастанию фототока, проявляется в высокоомных слоях в области сравнительно низких температур, т. е. при высоких уровнях инжекции неравновесных носителей тока ($I_f \gg I_T$). Такое увеличение фототока может быть объяснено на основе предположения об экспоненциальном возрастании эффективной подвижности носителей тока, обусловленном увеличением вероятности теплового заброса «прилипших» носителей тока в зону проводимости, что хорошо согласуется с представлениями об эстафетном механизме движения носителей [3]. Критически рассматриваются другие возможные объяснения экспоненциального возрастания тока при увеличении температуры.

Благодаря наличию двух рассмотренных тенденций изменения, фототок при увеличении температуры может проходить через максимальное значение, которое наблюдается обычно на опыте при таких значениях температуры, где величины фототока становятся приблизительно равными величине темного тока.

Изучение кривых спектрального распределения фотопроводимости и оптического поглощения показывает, что в аморфных халькогенидных слоях спектральное распределение фотопроводимости и поглощения обычно сдвинуты в сто-

рону коротких волн по отношению к таковым для кристаллических объемных образцов. Вместе с тем обычно максимум фотопроводимости находится в глубине полосы поглощения света. Делается предположение о том, что наблюдаемый сдвиг максимума фотопроводимости связан со слабым влиянием поверхностной рекомбинации на спектральное распределение фотопроводимости в аморфных образцах.

На слоях Sb_2S_3 , Sb_2Se_3 , As_2Se_3 было проведено сравнительное изучение спектральных распределений фотопроводимости «вдоль» и «поперек» слоя, которые оказались сравнительно хорошо совпадающими. В слоях As_2Se_3 наблюдалась резкая зависимость формы спектрального распределения фотопроводимости «поперек» слоя от полярности приложенного напряжения. Рядом опытов показано, что отмеченное изменение характеристик может быть объяснено на основе представлений о фотодиодном эффекте на контактах металл — As_2Se_3 .

Проведенное сравнительное изучение свойств слоев Sb_2Se_3 , приготовленных испарением из материала обычной степени чистоты и из материала, очищенного зонной плавкой, не показало существенных различий величины проводимости и спектрального распределения фотопроводимости. Этот факт наряду с опытами со слоями сложного состава, приготовленными из материалов с различным содержанием серы, показавшими неизменность электрических и фотоэлектрических свойств слоев, свидетельствует о слабом влиянии примесей на свойства аморфных халькогенидных слоев. Подобный вывод согласуется с заключениями работ [4—6] о слабом влиянии примесей на электрические свойства жидких и аморфных полупроводников. Такой вывод имеет также важное практическое значение для технологии разработки мишеней телевизионных передающих трубок.

В исследованных слоях обнаружено две составляющие инерционности фотопроводимости: коротко- и длинновременная, параметры которых различны для разных слоев. Природа процессов, обуславливающих сложную кинетику фотоэффекта, не выяснена. Указывается на необходимость выделения процессов, связанных с установлением ионизационно-рекомбинационного равновесия, и процессов, связанных с установлением диффузионно-дрейфового равновесия (следующая терминология, предложенная в работе [7]).

На основе проведенного исследования делается заключение о том, что в группах аморфных халькогенидов сурьмы и мышьяка величины удельного темного сопротивления и ширины запрещенной зоны уменьшаются по мере увеличения молекулярного веса соединения, как это имеет место и в других рядах полупроводниковых соединений.

Таблица 1

Некоторые параметры аморфных слоев бинарных халькогенидов сурьмы и мышьяка

Вещество	ΔE_T э. в.	ΔE_0 э. в.	Рт О.м. см		α		Спектральный интервал чувствитель- ности м.мк	$\tau_{кор}$ сек
			вдоль слоя	поперек слоя	вдоль слоя	поперек слоя		
Sb_2S_3	1,7	1,85	10^{11}	10^{12}	10/400 лк	50/100 лк	480—760	$5 \cdot 10^{-2}$
Sb_2Se_3	1,5	1,5	10^9	10^{13}	$10 \div 15/400$ лк	$5 \div 8/100$ лк	350—850	$5 \cdot 10^{-3} \div 10^{-4}$
Sb_2Te_3	1,1	1,2	$10^3 \div 10^4$	—	2/1000 лк	—	370—2000	—
As_2S_3	—	2,5	—	$0,8 \div 5 \cdot 10^{14}$	—	$10 \div 20/400$ лк	400—650	0,02
As_2Se_3	1,7	1,75	$2 \cdot 10^{11}$	$1 \div 5 \cdot 10^{12}$	$10 \div 15/400$ лк	$40 \div 60/100$ лк	380—550*	10^{-3} *
As_2Te_3	0,9	1,5	$10^4 \div 10^5$	—	~ 1	—	—	—

* Для случая приложения напряжения вдоль слоя.

 ΔE_T — тепловая энергия активации; ΔE_0 — оптической энергия активации;

Рт — удельное темновое сопротивление;

 α — кратность изменения сопротивления при освещении; $\tau_{кор}$ — время нарастания фототока (коротковременная составляющая).

Исследование показало, что при измерениях вдоль слоя получаются значительно меньшие величины удельного темнового сопротивления, чем при измерениях поперек слоя, что объясняется наличием на границах металл—полупроводник прослоек, обедненных свободными носителями тока.

Некоторые параметры исследованных аморфных слоев бинарных халькогенидов сурьмы и мышьяка приведены в табл. 1.

Проведенное исследование показывает, что из изучавшихся бинарных слоев не только слои Sb_2S_3 , но и аморфные слои Sb_2Se_3 , As_2S_3 и As_2Se_3 удовлетворяют требованиям, предъявляемым к слоям для их успешной работы в телевизионных передающих трубках, предназначенных для решения различных задач, стоящих перед телевизионной техникой.

В пятой главе приводятся результаты изучения проводимости и фотопроводимости в некоторых слоях сложного состава на основе халькогенидов мышьяка, сурьмы и висмута.

Предпринятое исследование преследовало, в основном, следующие цели:

1. Установление корреляции между свойствами тройных халькогенидных материалов в объемных образцах и в тонких слоях.

2. Исследование зависимости свойств слоев от их состава.

3. Отыскание слоев, пригодных для работы в телевизионных передающих трубках различного назначения.

Изучались две системы с катионным замещением: $m Sb_2S_3 \cdot n Bi_2S_3$ и $m As_2S_3 \cdot n Sb_2S_3$, а также три системы с анионным замещением: $m As_2S_3 \cdot n As_2Te_3$; $m Sb_2S_3 \cdot n Sb_2Te_3$ и $m As_2S_3 \cdot n As_2Se_3$.

Исследования показали, что на основе тройных соединений может быть получено большое количество полупроводниковых слоев, электрические и фотоэлектрические свойства которых могут варьироваться в широких пределах.

Исследование показало, что слои сложного состава обнаруживают многие особенности, качественно аналогичные особенностям слоев бинарных халькогенидов сурьмы и мышьяка, описанным и обсужденным в четвертой главе диссертации.

Показано, что обычно свойства слоев промежуточных составов монотонно изменяются между соответствующими свойствами слоев бинарных составов. Это относится к значениям удельного сопротивления и энергии активации, а также к положению кривых спектрального распределения фотопроводимости.

В слоях не удается реализовать полезное, хотя и не совсем понятное, сочетание высокоомности и фоточувствительности в инфракрасной области спектра, наблюдавшееся авто-

рами работы [8] в некоторых объемных кристаллических образцах промежуточных составов в системе $m \text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot n \text{Bi}_2\text{S}_3$.

Установленное монотонное изменение свойств слоев промежуточного состава позволяет путем должного выбора исходных веществ получать слои с необходимыми электрическими и фотоэлектрическими свойствами.

В конце пятой главы проводится обсуждение полученных экспериментальных результатов и делается заключение о перспективности некоторых слоев системы $m \text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot n \text{Bi}_2\text{S}_3$ и слоев состава $\text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot \text{Sb}_2\text{Te}_3$ для использования в передающих трубках для телевизионного вещания как черно-белого, так и цветного.

Слои $m \text{As}_2\text{S}_3 \cdot n \text{As}_2\text{Se}_3$ и $m \text{As}_2\text{S}_3 \cdot n \text{Sb}_2\text{S}_3$ не могут быть использованы в вещательных трубках, прежде всего, по причине большой инерционности фотоответа. Однако способность длительного сохранения заряда такими слоями, а также их высокая fotocувствительность и вид спектрального распределения фотоэффекта позволяет считать их перспективными для передающих трубок специального назначения, например, для трубок, предназначенных для работы в малокадровых телевизионных системах, обладающих рядом преимуществ, указанных в работах [9, 10]. Исследованиями показано, что слои систем с анионным замещением являются более предпочтительными для серийных промышленных передающих трубок по сравнению со слоями систем с катионным замещением в связи с меньшим разбросом свойств слоев. Указывается, что слои $m \text{As}_2\text{S}_3 \cdot n \text{As}_2\text{Se}_3$ и $m \text{As}_2\text{S}_3 \cdot n \text{Sb}_2\text{S}_3$ могут найти применение в электрофотографии.

В шестой главе описываются результаты исследования некоторых халькогенидных слоев в разборном макете телевизионной передающей трубки. Были исследованы слои As_2Se_3 , As_2S_3 , $2\text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$ и слои системы $m \text{As}_2\text{S}_3 \cdot n \text{As}_2\text{Se}_3$.

Было проведено исследование зависимости величины сигнала и качества переданного изображения от освещенности на слое и спектрального состава падающего света. Для каждого типа слоев определены оптимальные режимы работы трубки и исследовалась инерционность фотоответа трубки.

Результаты исследования подтвердили предположения, высказанные на основе исследования физических свойств слоев.

Далее в шестой главе описываются параметры экспериментальных передающих трубок с мишенями As_2Se_3 ; $2\text{As}_2\text{S}_3 \cdot \text{As}_2\text{Se}_3$, $\text{As}_2\text{S}_3 \cdot \text{As}_2\text{Se}_3$ и $\text{As}_2\text{S}_3 \cdot 2\text{As}_2\text{Se}_3$.

Трубки с As_2Se_3 — мишенями удовлетворительно работали в трех режимах:

1) режим коммутации пучком медленных электронов (коэффициент вторичной эмиссии $\sigma < 1$);

2) режим коммутации пучком быстрых электронов ($\sigma > 1$) при сильном отбирающем электрическом поле для вторичных электронов;

3) режим коммутации пучком быстрых электронов при запирающем электрическом поле для вторичных электронов.

В первом и в третьем режимах было получено негативное, а во втором режиме — позитивное изображение. Четкость изображения в оптимальных режимах работы трубки превышала 500—600 строк (в центре). Величина сигнала возрастала при увеличении освещенности на слое от 0,5 до 10 лк; при дальнейшем увеличении освещенности наблюдалась так называемая «пересветка», и сигнал уменьшался. На лучших трубках были получены максимальные значения тока сигнала $i_c = 0,18 \text{ мка}$ (при $E \approx 10 \text{ лк}$). Второй режим характеризовался большой инерционностью передачи изображения. В первом и третьем режимах инерционность была весьма малой. Таким образом, инерционность фотоответа оказалась зависящей от полярности напряжения на слое, что согласуется с результатами изучения кинетики фотоэффекта в слоях As_2Se_3 .

Трубки со слоями $m \text{As}_2\text{S}_3 \cdot n \text{As}_2\text{Se}_3$ работали в широком диапазоне освещенностей на слое. Максимальный сигнал (до 0,4 мка) был получен в трубках с $\text{As}_2\text{S}_3 \cdot 2\text{As}_2\text{Se}_3$ мишенями. Все такие трубки характеризовались большой инерционностью передачи изображений. Вместе с тем, такие трубки обладали способностью долго хранить записанные изображения, что является весьма интересным и полезным свойством.

Краткие выводы

Настоящая работа была проведена с целью подробного исследования электрических и фотоэлектрических свойств слоев халькогенидов сурьмы и мышьяка. Предполагалось, что в результате такого исследования будут найдены слои, пригодные для использования в качестве мишеней телевизионных передающих трубок различного назначения.

Для выполнения работы был разработан двухпучковый метод измерения сопротивления и потенциала поверхности слоев полупроводника, позволяющий проводить исследование электрических и фотоэлектрических свойств слоев в условиях, близких к условиям работы их в телевизионных передающих трубках.

Двухпучковым методом и методом непосредственного контактирования было проведено изучение свойств бинарных слоев Sb_2S_3 , Sb_2Se_3 , Sb_2Te_3 , As_2S_3 , As_2Se_3 и As_2Te_3 , приготовленных испарением в вакууме.

Показано, что все названные слои являются типичными полупроводниками и могут иметь как аморфную, так и кри-

сталлическую структуру (за исключением слоев As_2S_3 и As_2Se_3 , закристаллизовать которые не удалось).

Удельное темновое сопротивление материалов в аморфных слоях значительно (на 3—5 порядков величины) больше, чем таковое в объемных кристаллических образцах того же состава. Свойства кристаллизованных слоев приближаются к свойствам объемных кристаллических образцов. Доминирующими темновыми носителями тока в слоях оказались дырки.

Проведено исследование люкс-амперных характеристик, спектральных распределений поглощения света и фотопроводимости, зависимости фототока от температуры, кинетики фотозффекта, обнаружившие ряд характерных особенностей. Сделана попытка связать указанные особенности с особенностями процессов рекомбинации и прилипания носителей тока в аморфных слоях, а также с процессами, происходящими на контактах полупроводник—металл.

Показано, что в группах аморфных халькогенидов сурьмы и мышьяка величины удельного темнового сопротивления и энергии активации уменьшаются по мере увеличения молекулярного веса соединения, как это имеет место и в других рядах полупроводниковых соединений.

Слои не изменяли свои электрические и фотоэлектрические свойства при длительном хранении на воздухе, а также при помещении их в вакуум и при облучении электронным пучком. Далее по аналогичной программе было проведено исследование слоев сложного состава в следующих системах: $m As_2S_3 \cdot n As_2Te_3$; $m As_2S_3 \cdot n As_2Se_3$; $m Sb_2S_3 \cdot n Sb_2Te_3$; $m Sb_2S_3 \cdot n Bi_2S_3$; $m As_2S_3 \cdot n Sb_2S_3$. Показано, что свойства слоев сложного состава качественно аналогичны свойствам слоев бинарных халькогенидов сурьмы и мышьяка.

Спектральное распределение фототока и проводимость монотонно изменяются между соответствующими свойствами слоев бинарного состава, что резко отличает слои от объемных кристаллических образцов того же состава.

В аморфных слоях Sb_2Se_3 и $Sb_2S_3 \cdot Bi_2S_3$ обнаружено слабое влияние примесей на электрические и фотоэлектрические свойства.

Аморфные слои As_2Se_3 , As_2S_3 , Sb_2Se_3 и многие слои сложного состава признаны удовлетворяющими требованиям, предъявляемым к фотопроводящим материалам, предназначенным для работы в телевизионных передающих трубках.

Проведено исследование слоев As_2Se_3 , As_2S_3 , $2Sb_2S_3 \cdot Bi_2S_3$ и слоев $m As_2S_3 \cdot n As_2Se_3$ в разборном макете телевизионной передающей трубки. С помощью таких слоев получены достаточно высококачественные телевизионные изображения.

Изготовлены и кратко исследованы экспериментальные трубки с мишенями из As_2Se_3 и $m As_2S_3 \cdot n As_2Se_3$. Показано, что такие трубки смогут успешно применяться в телевизионной аппаратуре различного назначения.

*
* *

ЛИТЕРАТУРА

1. Я. А. Оксман. Радиотехника и электроника. 1, 1940 (1956).
2. С. Kunze. App. d. Phys. 1, 173, (1958).
3. А. Ф. Иоффе. ФТТ, 1, 157, (1959).
4. А. Р. Регель. Сб. «Вопросы теории и исследования полупроводников и процессов полупроводниковой металлургии». Изд. АН СССР, 1955.
5. Б. Т. Коломиец и Т. Ф. Назарова. Сб. «Физика твердого тела», вып. 2. Изд. АН СССР, 1959.
6. И. З. Фишер. ФТТ, 1, 192, (1959).
7. С. М. Рывкин. ЖТФ, 26, 2439, (1956).
8. Н. А. Горюнова, Б. Т. Коломиец и А. А. Малькова. ЖТФ, 26, 1625, (1956).
9. И. Л. Валик и Л. И. Хромов. Техника кино и телевидения, 3, № 12, (1959).
10. С. Т. Shelton a. H. W. Stewart. J. SMPTE 67, 441, (1958).

*
* *

Работа докладывалась и обсуждалась на семинарах лабораторий полупроводников ЛФТИ АН СССР, лаборатории физико-химического анализа полупроводниковых материалов ИОНХ АН СССР и на семинарах по телевизионной электронике.

Основные результаты диссертации опубликованы в статьях:

1. В. М. Любин и Д. В. Тархин. Телевизионная электроника, вып. 1, 5, (1959).
2. Б. Т. Коломиец и В. М. Любин. ФТТ 1, 740, (1959).
3. Б. Т. Коломиец, В. М. Любин и Д. В. Тархин. ФТТ, 1, 899, (1959).
4. В. М. Любин. ПТЭ № 4, 118, (1959).
5. В. М. Любин и В. Л. Македонский. ПТЭ № 4, 125, (1959).
6. Б. Т. Коломиец, В. М. Любин. Телевизионная электроника, вып. 2, (1959).
7. Б. Т. Коломиец и В. М. Любин. ДАН СССР, 129, 789, (1959).
8. Б. Т. Коломиец и В. М. Любин. ФТТ 2, 52, (1960).

172582.

**ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А.Н. Киргизской ССР**

Подписано к печати 8/1-60 г. Объем 0,75 печ. листа Бум. 60×92
Тираж 250 М-29507 Зак. 1685 **БЕСПЛАТНО**

Типография Ленинградской ордена Ленина лесотехнической академии
имени С. М. Кирова. Ленинград, Институтский пер., 5.