

ТЕМА 10.

Полупроводниковые источники света

История возникновения первых полупроводниковых источников света. Виды электролюминесценции. Механизм фотолюминесценции. Зонная схема твердого тела. Электролюминесценция. Механизм перед пробойной электролюминесценции.

Первые полупроводниковые светоизлучающие приборы (на основе карбида кремния) были созданы советским ученым Лосевым в 1923 году, который также заложил основы современных представлений о механизмах излучения (электролюминесценции), и возможных применениях светоизлучающих р-п переходах.

Различают 2 вида электролюминесценции:

1) инжекционную, возникающую при прохождении тока через прямосмещенный р-п переход (эффект Лосева),

2) перед пробойную, появляющуюся при наложении на слой люминофора сильного электрического поля (эффект Дестрио – 1936 г.) На первом, из этих эффектов, основано действие светодиодов на втором – электролюминесцентных панелей.

Люминесценцией называется избыток над тепловым излучением тела в данной спектральной области, если этот избыток обладает длительностью, значительно превышающей период световых колебаний, т.е. больше чем 10^{-10} секунды.

Рассмотрим сначала процесс фото люминесценции, как самый простой. Кристаллофосфорами, обычно, называют неорганические кристаллы, способные люминесцировать в видимой, ультрафиолетовой и ближней инфракрасной областях спектра. С точки зрения физики твёрдого тела, Кристаллофосфоры можно охарактеризовать как полупроводники, с широкой запрещенной зоной, хотя некоторые из них чаще называют диэлектриками, из-за высокого удельного сопротивления. Тем не менее, к ним применима зонная схема твёрдого тела. Кристаллофосфоры содержат некоторое количество примесей. Эти примеси играют важную роль в люминесценции, т.к. именно они создают те центры в кристаллической решетке, в которых возникает свечение. Их вводят специально при изготовлении. Кроме того, чтобы кристаллофосфор хорошо люминесцировал (т.е. с большим к.п.д.) в него обычно вводят ещё по крайней мере один сорт примесных атомов – соактиваторов. И те и другие примеси вносят локальные уровни в запрещенную зону, но, так сказать противоположного знака, если активатор-донор, то соактиватор-акцептор, и наоборот. Преднамеренное введение примесей называется активацией или легированием.

Кроме активаторов и соактиваторов в кристаллофосфоре могут быть и другие примеси, не введенные туда преднамеренно, но также вносящие свои энергетические уровни. Если доноры и акцепторы расположены в кристалле поблизости друг от друга, они образуют донорно-акцепторные пары,

которые играют большую роль в люминесценции некоторых люминофоров. Все центры, вообще говоря, способны обмениваться зарядами и с валентной зоной и с зоной проводимости. Однако, в зависимости от условий, этот обмен может происходить с различной интенсивностью. Если данные центры обмениваются зарядами, главным образом с одной из зон, то их называют ловушками соответствующих зарядов. Обычно преимущественный обмен с одной из зон возникает, если энергетический уровень центра расположен ближе к этой зоне, чем к другой. Если же уровень расположен далеко от зон, то центр способен лишь захватывать электроны из зоны проводимости и дырки из валентной зоны. В результате этого выделяется некоторая энергия, а оба заряда нейтрализуют друг друга. Такой процесс называется *рекомбинацией*.

Разделение центров на центры захвата (ловушки) и центры рекомбинации очень удобно при рассмотрении кинетики люминесценции, однако оно весьма не строго, так как далеко не всегда один из процессов – тепловое освобождение зарядов или их рекомбинация значительно преобладают над другим. Строго говоря, они оба происходят при любых условиях, но в разных пропорциях. Какой из этих процессов станет более интенсивным – зависит от температуры и концентрации свободных носителей заряда. Так, при низких температурах, когда вероятность термического освобождения электронов мала, ловушка может стать центром рекомбинации. Таким же образом влияет и увеличение концентрации свободных зарядов, так как при этом также возрастает отношение вероятности рекомбинации локализованных зарядов к вероятности их теплового освобождения. Механизм фотолюминесценции кристаллофосфоров, в общих чертах, состоит в следующем.

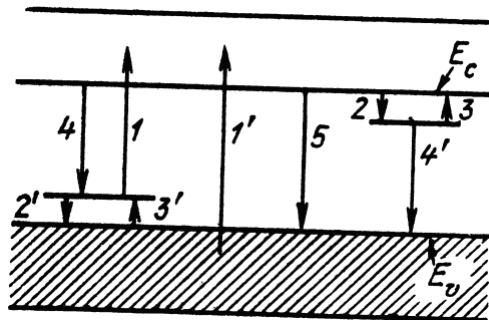


Рис.10.1 – Схема электронных переходов, происходящих при фотолюминесценции кристаллофосфоров:

E_c -зона проводимости ; E_v -валентная зона ;

1 – ионизация центра люминесценции при поглощении кванта возбуждающего света ; **1'** – ионизация атома кристаллической решетки (создание электронно-дырочной пары) при поглощении кванта возбуждающего света ; **2**-захват электрона ловушкой ; **2'** – захват дырки ловушкой ; **3** – освобождение электрона из ловушки ;

3' – освобождение дырки из ловушки ; **4** – рекомбинация электрона с ионизованными центрами люминесценции (она обычно приводит к испусканию кванта света люминесценции) ; **4'** – рекомбинация свободной дырки с электроном, локализованным на ловушке (она может не приводить к испусканию света) ;

5 – рекомбинация свободных электрона и дырки.

Кванты возбуждающего света поглощаются центрами люминесценции (переход 1 на рис.10.1., на рисунке стрелками указаны переходы электронов). Дырки совершают переход в обратном направлении или решеткой основного вещества (переход 1'). В результате этого происходит разделение зарядов. В первом случае один из них оказывается свободным, а другой – локализованным на центре люминесценции. Во втором случае оба носителя заряда получаются свободными. Затем свободные носители заряда локализуются на ловушках и центрах люминесценции (переходы 2 и 2'). На этом заканчивается процесс возбуждения кристаллофосфора. О кристаллофосфоре, находящемся в таком состоянии, говорят, что он запас светосумму, разумея под этим, что в нем имеется некоторый запас разделенных зарядов, которые могут при рекомбинации дать соответствующее число квантов света.

Заряды, локализовавшиеся на уровнях примесей во время возбуждения, постепенно освобождаются под влиянием тепловых колебаний (переходы 3 и 3'), некоторые из них встречаются с зарядами противоположного знака и воссоединяются с ними – рекомбинируют (переходы 4 и 4'), а остальные опять захватываются ловушками. Рекомбинация обычно происходит в местах нарушения правильной кристаллической решетки – атомах примеси, пустых узлах решетки, междоузельных атомах и т.п. Если эти центры рекомбинации способны превращать в свет выделяющуюся при рекомбинации энергию, они называются центрами люминесценции, или центрами свечения. Центры рекомбинации, не обладающие этой способностью, называются центрами тушения, так как энергия, выделяющаяся при рекомбинации на этих центрах, превращается в тепло и тем самым безвозвратно теряется для люминесценции.

Если концентрация свободных зарядов того и другого знака достаточно велика, то заметную роль может играть также рекомбинация зарядов, когда они оба находятся в свободном состоянии (переход 5). В этом случае обычно тоже происходит испускание квантов света.

Если выключить возбуждающий свет, то люминесценция будет продолжаться в течение некоторого времени (иногда очень длительного), постепенно ослабевая по мере истощения запаса разделенных зарядов. Для рекомбинационного механизма люминесценции характерно не экспоненциальное спадание яркости за время послесвечения: в начале послесвечения яркость спадает быстро, а затем все медленнее и медленнее. Такую кривую невозможно охарактеризовать только величиной постоянной времени τ , поэтому надо очень осторожно относиться к утверждениям, что люминесценция данного кристаллофосфора имеет данное τ . Обычно это просто значит, что на некотором участке кривую затухания можно аппроксимировать экспонентой с этим τ . Чтобы это утверждение приобрело смысл, необходимо выяснить о каком интервале времени (или яркости) идет речь. Нередко хорошо выраженный экспоненциальный участок бывает только в начале затухания, где яркость спадает всего в 2-3 раза, а дальше спад яркости замедляется.

При описанном выше механизме люминесценции причина такого замедления затухания заключается в следующем. Скорость рекомбинации (т.е. число актов рекомбинации, происходящее в единицу времени)

пропорционально произведению концентраций ре комбинирующих «партнеров», например, локализованных дырок и свободных электронов (или свободных дырок и локализованных электронов). В результате рекомбинации происходит уменьшение концентрации разделенных зарядов, по мере которого им становится все труднее «найти» друг друга, и поэтому они все большее число раз задерживаются на ловушках, прежде чем им удастся рекомбинировать.

Иногда возможен несколько иной механизм люминесценции, но приводящий к качественно таким, же результатам, как и в первом из рассмотренных нами случаев. Дело в том, что даже когда электроны и дырки локализованы на примесях, они могут ре комбинировать друг с другом, минуя зону проводимости. Такой процесс называется межпримесной рекомбинацией. При этом электрон совершает так называемый туннельный переход от донора к акцептору (уровень акцептора обычно расположен ниже уровня донора). Этот переход может сопровождаться испусканием света. Вероятность перехода быстро убывает с ростом расстояния между донором и акцептором. Поэтому, после прекращения возбуждения, рекомбинация происходит сначала в «ближних» парах (т.е. в таких, в которых донор и акцептор расположены близко друг к другу), а потом во все более дальних. Затухание свечения происходит при этом также по не экспоненциальному закону, близкому к описанному выше.

На далеких стадиях послесвечения, обязательно наступает момент, когда непрорекомбинировавшими останутся электроны и дырки, локализованные на донорах и акцепторах, расположенных столь далеко друг от друга, что вероятность туннельного перехода заряда между ними станет меньше вероятности термического освобождения одного из зарядов. Начиная с этого момента, вероятность межпримесной рекомбинации перестает определять длительность послесвечения, и затухание пойдет по обычной рекомбинационной схеме, описанной выше.

В некоторых кристаллофосфорах возможен также принципиально другой – нерекомбинационный механизм люминесценции. В этом случае поглощение возбуждающего света происходит в центрах люминесценции, и оно не приводит к освобождению зарядов. Энергия поглощенного кванта не выходит за пределы центра люминесценции и в нем же почти целиком превращается в энергию испускаемого кванта.

В несколько измененном виде этот механизм люминесценции может быть в некоторых случаях осуществлен также и при электровозбуждении.

Электролюминесценция.

Электролюминесценция твердых тел была открыта в 1923 году О.В Лосевым при изучении кристаллических детекторов из карбида кремния и правильно им объяснена, но интенсивные исследования этого явления начались лишь в пятидесятых годах 20 века.

Электролюминесценцией называется люминесценция, при которой светящееся тело черпает энергию непосредственно из электрического поля.

Свечение при электровозбуждении возникает обычно тем же – рекомбинационным или не рекомбинационным – путем, что и при фотовозбуждении. Различие состоит главным образом в том, каким образом тело поглощает энергию, а не в том, как оно превращает её в свет.

Разделение зарядов происходит под действием приложенного к кристаллу электрического поля. Поле влияет, конечно, и на все последующие процессы, однако сущность их при этом не изменяется. Есть некоторые особенности электролюминесценции, в частности, не линейность многих свойств. Так, яркость электролюминесценции нередко зависит от напряжения экспоненциально, тогда как яркость катодолюминесценции приблизительно пропорциональна напряжению. Нелинейные также электрические свойства. Это приходится учитывать при построении электрических цепей, в которых участвуют электролюминесцентные компоненты.

Различают два вида электролюминесценции – инжекционную, возникающую, в частности, на p-n переходе, включённом в прямом направлении, и пред пробойную, возникающую в сильных полях, близких к тем, при которых образуется электрический пробой. Следует сразу оговориться, что оба эти названия в значительной степени условны, так как все многообразные процессы, происходящие во время электролюминесценции кристаллов, нельзя свести только к инжекции и пробую. Последние только наиболее характерные частные случаи. Начнем с пред пробойной электролюминесценции.

Механизм пред пробойной электролюминесценции.

При выяснении механизма любой электролюминесценции, в том числе и пред пробойной, необходимо ответить на 3 основных вопроса:

1. Откуда берутся те электроны (или дырки), поглощение которыми энергии электрического поля приводит к испусканию света?
2. Каким образом и где происходит это поглощение энергии?
3. Как эта энергия передается центрам люминесценции?

Как видно из самого названия, механизм пред пробойной электролюминесценции включает в себя начальные стадии развития пробоя. Однако в отличие от пробоя для возникновения электролюминесценции достаточно, чтобы сильное электрическое поле существовало в небольшом объеме кристалла, например возле p-n перехода или просто на краю изолированного кристалла. Поскольку кристаллофосфоры имеют широкую запрещенную зону, их сопротивление обычно бывает велико. Поэтому остальной объем кристалла служит балластным сопротивлением, не дающим развиваться пробую, способному разрушать электролюминесцирующий кристалл. В то же время слишком большая величина этого сопротивления приводит к падению на нем слишком большой части приложенного напряжения. Поэтому на практике его стремятся сделать как можно меньшим, так сказать, «балансируя на грани пробоя».

Концентрация электрического поля в небольшой части кристалла происходит в результате возникновения пространственного заряда, который

сосредоточен на ионизированных донорах, если он положителен, или акцепторах, если отрицателен.

На рисунке 10.2. изображено распределение заряда, поля и потенциала в кристалле.

Как видно, в области пространственного заряда поле наибольшее и постепенно спадает по мере проникновения внутрь кристалла (если заряд распределен с постоянной плотностью, то этот спад идет по линейному закону). Вне области пространственного заряда поле во много раз меньше, но все же не равно нулю. Оно определяется током, текущим внутри кристалла, и омическим сопротивлением последнего.

Если в область сильного поля попадет электрон (например, проникнув из электрода или освободившись туннельным путем с какого-либо глубокого уровня), он может приобрести в этом поле такую энергию, что будет способен ионизировать центры люминесценции или даже кристаллическую решетку (рис.10.3.). В сильном поле возможна также туннельная ионизация центров люминесценции и решетки (эффект Зингера).

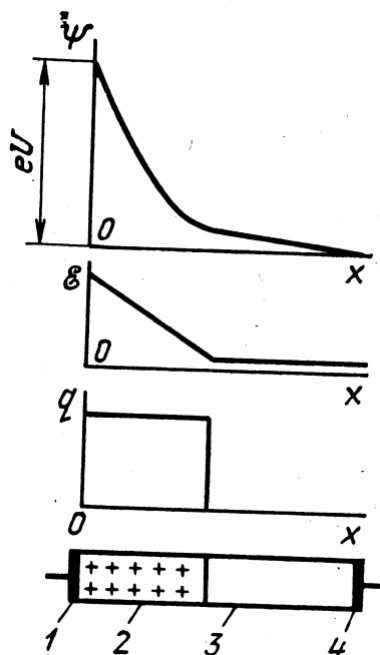


Рис.10.2 – Концентрация электрического поля в кристалле:

1 – катод; 2 – область пространственного заряда;

3 – остальная часть кристалла; 4 – анод.

x – расстояние от катода; q – плотность пространственного заряда;

ϵ – напряженность электрического поля; ψ – потенциальная энергия электронов в поле; U – приложенное напряжение; e – заряд электрона.

ТЕМА 11

В результате этих процессов возникают разделенные электроны и дырки, которые могут рекомбинировать и при этом излучать свет. Как видно, эти процессы вполне аналогичны тем, которые происходят в начале электрического пробоя.

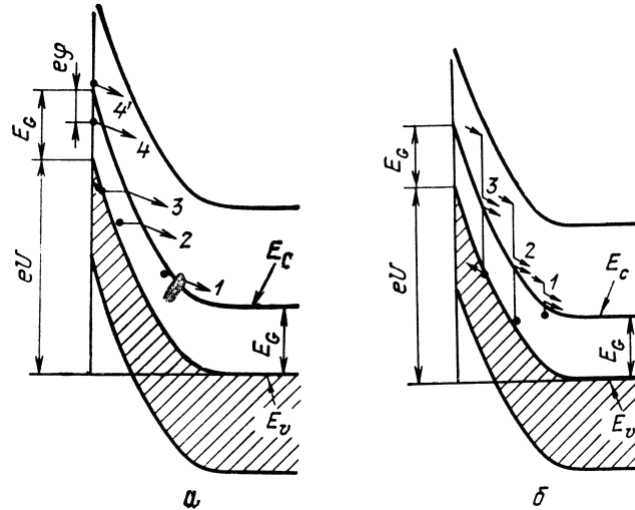


Рис.11.1 – Электронные переходы,
происходящие в сильном электрическом поле:

- а - туннельные (и связанные с ними) переходы;
- б – переходы под действием ударов высоко энергетических электронов.
- 1 – ионизация ловушек; 2 – ионизация центров люминесценции; 3 – ионизация кристаллической решетки; 4 – проникновение электронов из электрода сквозь (4' – поверх) потенциальный барьер; eU – высота потенциального барьера.

Наклонными стрелками указано изменение энергии электронов и дырок под действием электрического поля. Наклон определяется потерями энергии из-за взаимодействия с кристаллической решеткой (рассеяния на фононах, примесях и т.п.); E_c – дно зоны проводимости; E_v – потолок валентной зоны; E_g – ширина запрещенной зоны.

Возбуждение пред пробойной электролюминесценции постоянным напряжением.

Возбуждение предпробойной электролюминесценции постоянным напряжением осуществляется тогда, когда возможно сквозное прохождение тока через кристалл и когда некоторые барьеры в кристалле оказываются в запирающем направлении. Таким барьером может служить р-п переход в толще кристалла или поверхностный барьер, возникающий в месте контакта с соседним кристаллом или электродом.

К.п.д., или, как его обычно называют, энергетический выход электролюминесценции, при таком способе возбуждения бывает очень мал, т.к. излучательные рекомбинации должны происходить в области сильного поля, а при большой энергии носителей заряда рекомбинации гораздо менее вероятны чем то, что носитель заряда пролетит сквозь область сильного поля

и уйдет в электрод. Особый случай свечения в постоянном поле представляет собой свечение электролюминофоров ZnS-Mn, потому что у них возможен механизм люминесценции не рекомбинационного типа.

Возбуждение переменным напряжением.

Возбуждение переменным напряжением имеет ту особенность, что для него не требуется сквозного тока, а, следовательно, и непосредственного контакта с электродами. Бесконтактное возбуждение предпробойной электролюминесценции применяется в настоящее время наиболее широко. Обычно, для наблюдения эффекта Дестрио, порошкообразный электролюминофор погружают в какой-нибудь органический диэлектрик, и эту смесь помещают в переменное электрическое поле между обкладками конденсатора, одна из которых прозрачна. Такой конденсатор называется электролюминесцентным (ЭЛК).

В первом приближении можно считать, что в ЭЛК сквозной отсутствует (на самом деле слабый все же имеется), т.е. что заряды, разошедшиеся на концы кристалла за время одного полупериода, возвращаются в толщу кристалла за время следующего. Это приводит к тому, что они могут рекомбинировать друг с другом не обязательно в области сильного поля. Не успевшие прорекомбинировать, а также вновь возникшие свободные носители заряда снова разводятся электрическим полем на концы кристалла с тем, чтобы в следующий полупериод опять устремиться навстречу друг другу. Таким образом, дважды за период напряжения свободные носители заряда встречаются друг с другом. В результате получаются две вспышки свечения за период приложенного напряжения.

Поскольку при таком способе возбуждения носители заряда, не успевшие прорекомбинировать во время одного полу периода напряжения, имеют возможность встретиться вновь, к.п.д. эффекта Дестрио значительно выше, чем к.п.д. пред пробойной электролюминесценции, возбуждаемой постоянным напряжением. Однако и к.п.д. эффекта Дестрио невелик; в свет превращается всего несколько процентов подводимой энергии.

Основные характеристики

Прежде всего, заметим, что если фотолюминесцентные свойства характеризуют только вещество, то электролюминесцентные свойства характеризуют в такой же мере вещество, как и устройство. Происходит это потому, что электролюминесценция всегда связана с прохождением тока. Поэтому она зависит от того, возможно ли в данной системе сквозное прохождение тока, и каковы условия на контактах.

При исследовании электролюминесценции обычно рассматривают следующие характеристики:

1. Зависимость яркости от величины возбуждающего напряжения. В тех случаях, когда возбуждение ведется постоянным напряжением, обычно рассматривается также зависимость яркости от тока. При возбуждении переменным напряжением рассматривается зависимость яркости от частоты.

2. Спектр свечения. Он также зависит от условий возбуждения и, прежде всего, от частоты

3. Энергетический выход, т.е. отношение мощности, испускаемой в виде света, к электрической мощности, поглощаемой ЭЛК или кристаллом. Иногда вместо энергетического пользуются квантовым выходом, т.е. отношением числа испускаемых в единицу времени квантов к числу электронов, проходящих за это время через электролюминесцирующее устройство. Для характеристики источников видимого света, предназначенного для восприятия глазом, а не прибором, пользуются величиной, называемой светоотдачей, т.е. отношением светового потока в люменах к поглощаемой мощности в ваттах. Все эти характеристики зависят от частоты и амплитуды приложенного напряжения.

4. Инерционные характеристики. Кривые разгорания и кривые затухания электролюминесценции.

5. Температурные зависимости всех характеристик электролюминесценции.

6. «Старение» электролюминофоров. Оно проявляется в том, что яркость ЭЛК постепенно убывает по мере его работы.

7. Электрические характеристики электролюминесцентных устройств: величина импеданса её зависимость от напряжения, выпрямляющие свойства и т.п.

Механизм эффекта Дестрио.

Двух стадийная модель

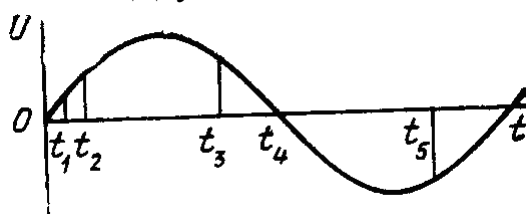


Рис.11.2 – Фазы приложенного напряжения, к которым относятся зонные схемы рис.11.3.

Рассмотрим отдельный кристаллик электролюминофора, помещенного в ЭЛК. Здесь рассматривается только один из возможных механизмов эффекта Дестрио, наиболее вероятный, но существуют и другие точки зрения.

Пусть в данный момент фаза приложенного к конденсатору переменного напряжения такова, что положительный электрод находится справа, а само напряжение ещё невелико (t_1 на рис.11.2). В это время в левой части кристалла (рис.11.3, а) начинает формироваться положительный пространственный заряд, так как электроны, освобождаемые теплом с мелких доноров, уносятся полем на другой конец кристалла, а новых электронов в эту область не поступает, потому что кристалл изолирован от электрода или соседнего кристалла слоем диэлектрика. Этот слой может

быть очень тонким, например, это может быть слой молекул, адсорбированных на поверхности кристалла.

Одновременно с ростом приложенного напряжения область объёмного заряда расширяется, а поле все больше концентрируется в ближайшей к катоду части кристалла и частично вытесняется в слой диэлектрика, отделяющий его от соседнего кристалла или от катода. Когда электрическое поле в кристалле достигает достаточно большой величины (момент t_2 , рис.11.2), в кристалл начинают проникать электроны извне (рис.11.3, б) сквозь барьер на его поверхности. Проникшие в при катодную область кристалла электроны попадают в сильное электрическое поле, разгоняются в нем и вызывают ионизацию центров люминесценции и кристаллической решетки. Возникающие при этом дырки увлекаются электрическим полем в сторону катода (на рис.11.3, в – влево) и выходят из области сильного поля, но не из кристалла. Большинство их остается в области приповерхностного искривления зон или на поверхностных уровнях. В дальнейшем, когда приложенное напряжение начинает уменьшаться (например, в момент t_3 , рис.11.2), распределение потенциала в кристалле оказывается весьма сложным (рис.11.3, в). Поле возникшего поляризованного заряда в правой части кристалла становится больше внешнего поля (которое уже успело уменьшиться), и под влиянием суммарного поля электроны в этой части двигаются влево. В результате пространственный заряд начинает нейтрализоваться электронами, приходящими с при анодной области. К моменту t_4 он будет уже полностью нейтрализован (рис.11.3, г). На этом заканчивается полу период ионизации в левой части кристалла. В момент t_4 катод и анод поменяются местами, но электроны, приход которых вызвал нейтрализацию заряда в левой части кристалла, еще не успеют прорекомбинировать с положительными зарядами. Вплоть до некоего момента t_5 в левой части кристалла идет усиленная рекомбинация, сопровождаемая свечением (рис.11.3, д). Дырки при этом возвращаются в бывшую при катодную область и ре комбинируют там с электронами. В результате одновременного поступления электронов и дырок в область кристалла, где происходит рекомбинация, заряд её остается близким к нулю. Этот полупериод мы назовем полупериодом рекомбинации в левой части кристалла. Пространственный заряд в это время возникает в правой части кристалла, где процессы сдвинуты по фазе на половину периода.

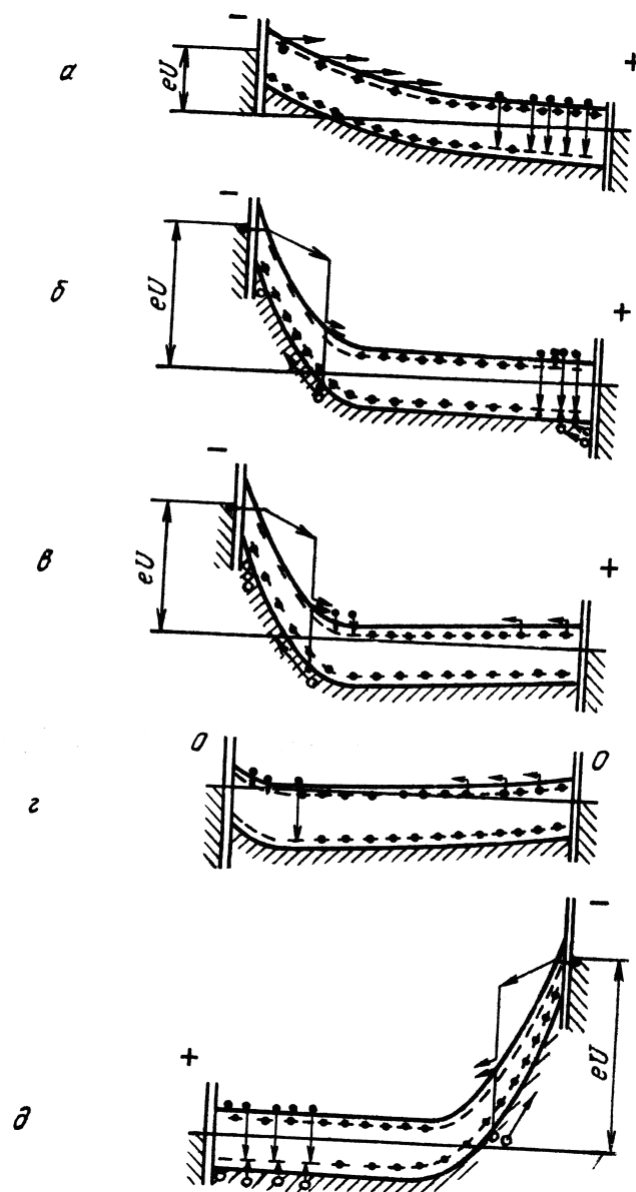


Рис.11.3 – Потенциальная энергия электрона в кристаллике электролюминофора при разных фазах приложенного напряжения и процессы, протекающие при этом:

а - фаза t_1 . Благодаря уходу электронов, освобождаемых из доноров, образуется пространственный заряд; **б** - фаза t_2 . Начало проникновения электронов в кристалл и ударная ионизация; **в** - фаза t_3 . Напряжение уменьшается. Электроны возвращаются в при катодную область и нейтрализуют пространственный заряд; **г** - фаза t_4 . Приложенное напряжение равно нулю. Пространственный заряд почти полностью нейтрализован. В бывшей при катодной области идет рекомбинация; **д** - фаза t_5 . Знак напряжения переменялся - напряжение прошло через максимум. Интенсивная рекомбинация в бывшей при катодной области. В бывшей при анодной области идет ионизация.

Процесс изготовления электролюминофоров приблизительно такой же, как у фотоллюминофоров, поэтому мы его пропускаем.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает шесть марок электролюминофоров (см. таблицу 11.1)

Таблица 11.1-Характеристики электролюминофоров.

Марка	Состав	Свет свечения	Максимум излучения кд/м ² (нт)	Число частиц с размером до 10 мкм, %	Яркость свечения, кд/м ² (нт)	
					начальная	через 2000 ч
ЭЛ-455С	ZnS-Cu	Синий	455	65	20	6
ЭЛ-455	ZnS-Cu	Голубой	455	60	20	6
ЭЛ-510М	ZnS-Cu, Al	Зеленый	510	55	60	15
ЭЛ-515	ZnS-Cu	Зеленый	515	55	60	18
ЭЛ-580М	ZnS-Cu, Mn	Желтый	580	50	20	7
ЭЛ-650	(Zn, Cd) (S, Se)-Cu	Оранжево-красный	650	75	20	7

Данные по яркости свечения приведены на ЭЛК, изготовленных с применением эпоксидного лака ЭП-96. Толщина электролюминесцирующего слоя в конденсаторе составляет 60мкм, частота возбуждающего напряжения 400 Гц, напряжение 220 В. Данные для электролюминофора ЭЛ-650 получены при частоте 5 000Гц. Применение в качестве диэлектрика веществ с большей диэлектрической проницаемостью позволяет повысить яркость свечения электролюминесцентных конденсаторов. Так, при использовании цианэтилцеллюлозы или её производных яркость можно увеличить в 2-3 раза, однако стабильность свечения при этом ухудшается.

Основные типы конструктивного исполнения ЭЛК разного назначения.

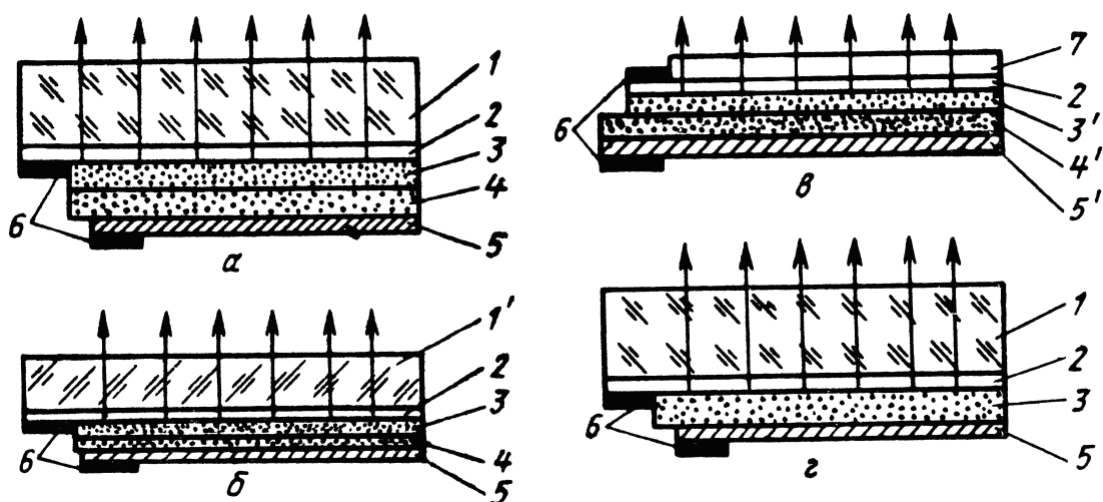


Рис.11.4 – Основные принципы конструктивно-технологического выполнения электролюминесцентных приборов разного назначения (а, б, в, г).

1 - стеклянная пластина-основание; 1' - прозрачное органическое основание;
 2 - прозрачный электропроводящий слой; 3 - электролюминофор в органическом диэлектрике; 3' - электролюминофор в керамическом диэлектрике; 4 - защитный слой на органической основе; 4' - белый керамический грунт (защитный слой на керамической основе); 5 - металлический электрод; 5' - металлическая пластина-основание; 6 - контакты; 7 -защитное покрытие.

В основном существуют 2 типа ЭЛК, в зависимости от связующего:

- 1) приборы с органическим связующим;
- 2) приборы на неорганической, стеклоэмалевой (керамической) основе.

В зависимости от материала основания и типа связующего возможны различные варианты: приборы с органическим связующим выполняются на стеклянном (а), органическом (б) (жестком и гибком) основаниях, приборы с керамическим связующим - на металлическом (в) и стеклянном (г) основаниях. Способы нанесения слоёв опускаем. Основная задача - не допустить пробоя. Пробой наступает уже при токе 1мА.