

Устройства функциональной электроники

Функциональная оптоэлектроника

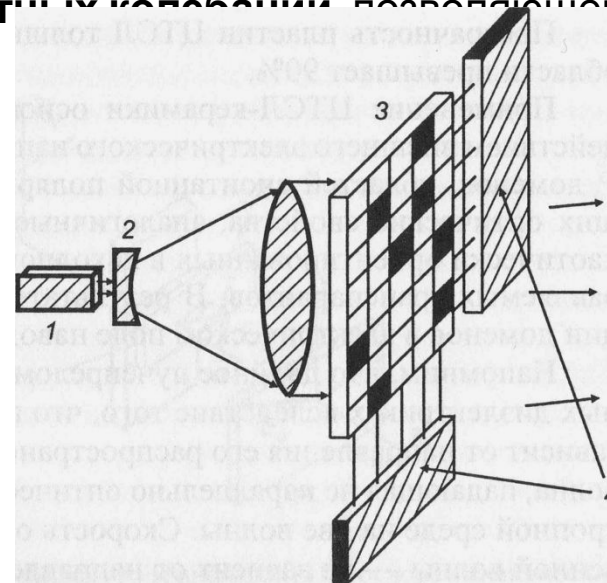
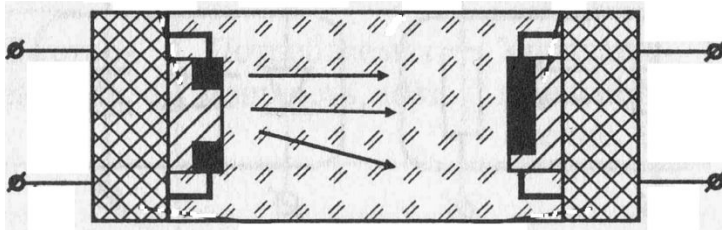
Функциональная оптоэлектроника представляет собой направление в функциональной электронике, изучающее явления взаимодействия **оптических динамических неоднородностей** с электромагнитными полями **в оптической континуальной среде**, в том числе и в активной, а также возможность создания приборов и устройств обработки и хранения информации.

Развитие оптоэлектроники связано с успехами в области квантовой электроники, полупроводниковой электроники, физики твердого тела, оптики.

Приборы и устройства оптоэлектроники работают в диапазоне длин волн от 0,2 до 20 мкм.

Преимущества при передаче и хранении информации, в случае **использования оптического излучения** обусловлены:

- **электрической нейтральностью** квантов оптического излучения – фотонов,
- **высокой частотой электромагнитных колебаний**, позволяющей достигать $\sim 10^{12}$ операций в секунду.



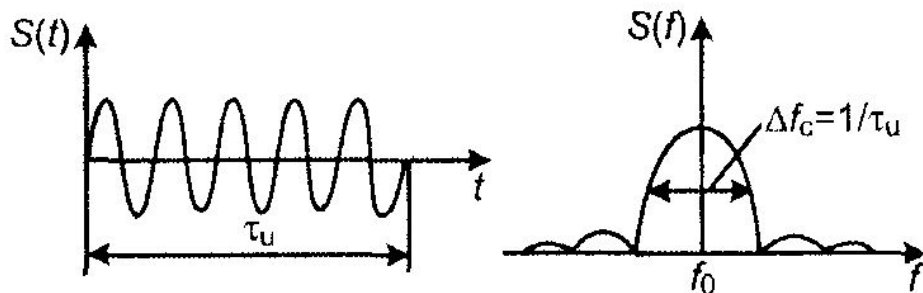
Функциональная оптоэлектроника

1. Динамические неоднородности

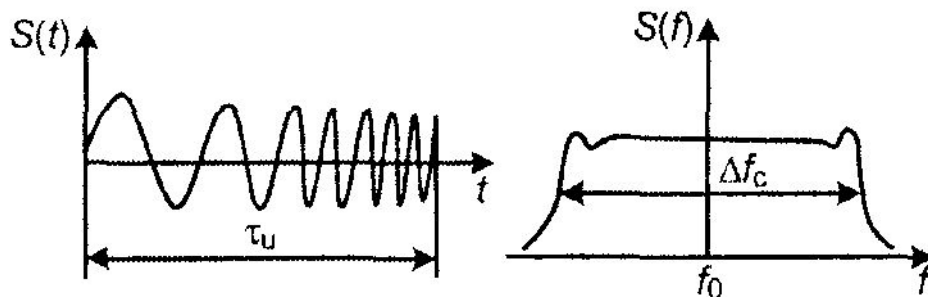
Динамические неоднородности оптической природы представляют собой

(1) **электромагнитные волны**. Это могут быть различные волны, как по форме, так и по спектру. Различают **плоские волны**, амплитуда и фаза которых в любой момент времени постоянны в плоскости распространения; **сферические волны**, волны испускаемые точечным источником и др.

(2) **Волновой фронт**, представляющий собой поверхность, во всех точках которой гармоническая волна имеет в данный момент времени одинаковую фазу, также является динамической неоднородностью оптической природы. Распространение такой динамической неоднородности происходит в направлении нормали к волновому фронту.



Синусоидальная волна и ее спектр



Линейно частотно-модулированная волна и ее спектр

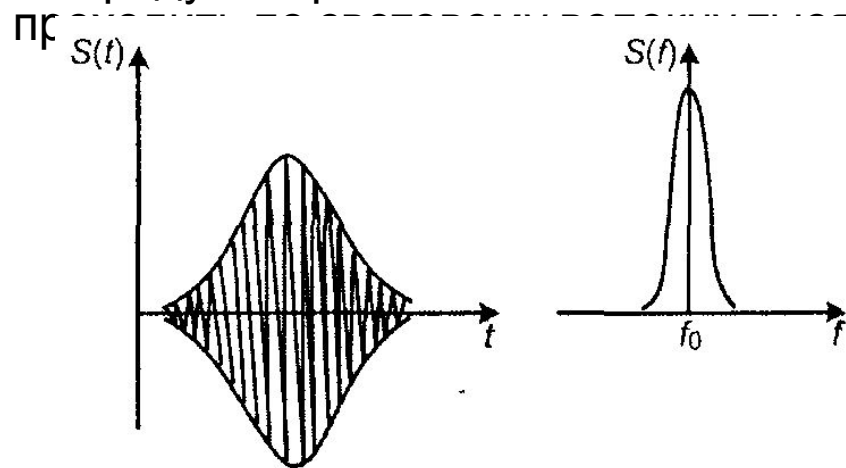
Функциональная оптоэлектроника

1. Динамические неоднородности

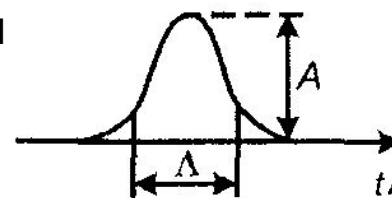
Динамические неоднородности оптической природы представляют собой

В качестве динамической неоднородности может использоваться (3) **волновой пакет** или распространяющееся волновое поле, занимающее в каждый момент времени ограниченную область пространства. Такой волновой всплеск может быть разложен на сумму плоских монохроматических волн.

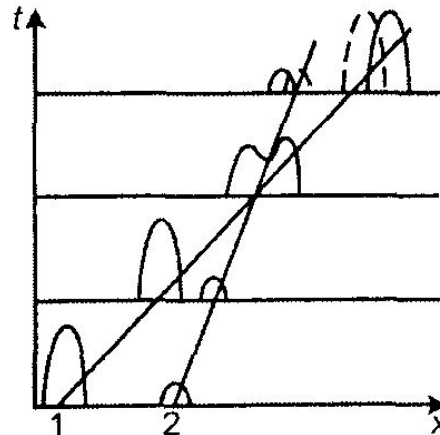
Весьма перспективным носителем информации является (4) **СОЛИТОН**, представляющий собой структурно-устойчивую уединенную волну в нелинейной диспергирующей среде. Солитоны подобно частицам могут образовывать связанные состояния из двух или более импульсов, а также специфическую среду, называемую солитонным газом. Солитонный импульс не предусматривает высокочастотного заполнения. Солитоны могут



Волновой пакет и его спектр



Взаимодействие двух солитонов



Функциональная оптоэлектроника

2. Континуальные среды

Континуальными средами в функциональной оптоэлектронике могут служить как **пассивные оптические среды**, так и **активные оптические среды**.

Активная оптическая среда – вещество, распространение частиц (атомов, молекул, ионов) в котором не является равновесным по энергетическим состояниям, а также среда, в которой меняется плоскость поляризации световой волны. В активных средах **возможны процессы генерации** динамических неоднородностей.

Пассивные оптические среды – каналы передачи оптического информационного сигнала. Это каналы высокой добротности и оптического качества, например оптические стекла, кварц и т. п.

- Для **генерации динамических неоднородностей** часто используют эффективно **люминесцирующие** соединения типов $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$, твердые растворы на их основе: *GaAs*, *InGa*, *GaP*, *GaAlAs*, *GaAsP*, *ZnS* и т.д.
- В **детекторах оптических сигналов** используют **фоточувствительные** соединения типов $A^{II}B^{VI}$, $A^{III}B^V$, $A^{IV}B^{IV}$, например, *CdS*, *CdSe*, *InAs*, *PbS*, *PbSnTe*, *CdHgTe* и т.д.
- В качестве сред, **канализующих динамические неоднородности и управляющих их перемещением**, используются оптические материалы, отличающиеся прозрачностью в заданном спектральном диапазоне, высокой однородностью и строго заданными управляемыми оптическими свойствами. Это могут быть **электрооптические материалы** (*LiTaO₃*, *LiNbO₃*), **акустооптические материалы** (*TeO₂*, *SiO₂*, *Ge* и др.), **магнитооптические материалы** (*EuO*, *MnBi*, *TmFeO₃* и др.), а также высококачественные кварц, различные полимеры, многокомпонентные стекла и т.п.

Функциональная оптоэлектроника

2. Континуальные среды

В запоминающих устройствах используются *светочувствительные* материалы, которые позволяют **хранить динамические неоднородности**, а также **преобразовывать их в статические неоднородности** и хранить таким образом «замороженные» динамические неоднородности. Существуют среды, позволяющие «размораживать» динамические неоднородности и считывать информационный сигнал.

Основные требования, предъявляемые к запоминающим средам:

- **высокая энергетическая чувствительность** ($\sim 10^{-4}$ Дж/см²),
- **высокая разрешающая способность** ($\sim 10^4$ лин/мм),
- **высокая контрастность** ($\sim 1 : 100$),
- **большая продолжительность хранения** информационного массива (~ 10 лет),
- **малая длительность цикла перезаписи** информации для реверсивных материалов.

К таким средам можно отнести:

- фотографические материалы,
- фоторезисторы и фотохромные материалы,
- магнитооптические материалы,
- фототермопластики и термооптические материалы,
- халькогенидные стекла и т.д.

Функциональная оптоэлектроника

3., 5. Генераторы и детекторы

Генераторами динамических неоднородностей оптической природы являются *источники света* различных типов.

Выбор того или иного типа генераторов определяется, континуальной средой, в которой должна распространяться динамическая неоднородность. Различают **когерентные** и **некогерентные** генераторы оптического излучения.

- Излучение **некогерентных генераторов** представляет собой суммарный эффект независимых актов **спонтанного испускания фотонов** совокупностью возбужденных атомов и молекул. Неодновременность и отсутствие корреляции актов испускания фотонов приводит к хаотичному распределению фаз волн.
- Наиболее привлекательным типом генераторов в функциональной оптоэлектронике считают **светоизлучающие диоды и лазеры**. Их излучение обладает **временной и пространственной когерентностью**. Именно это обстоятельство позволяет получать динамические неоднородности с высокой воспроизводимостью пространственных и временных параметров.

В качестве **детекторов динамических неоднородностей оптической природы**, как правило, используют различные типы фотоэлектрических устройств – **фотодетекторы**. Преобразовав оптический сигнал в электрический, можно легко обрабатывать информацию традиционными методами.

Детекторами могут служить и регистрирующие среды. Регистрирующие среды должны обладать **свойством обратимости (реверсивности)**.

Функциональная оптоэлектроника

4. Управление динамическим неоднородностями

1. В устройствах управления динамическими неоднородностями **оптической** природы, как правило, используются **электрические и магнитные поля**, а также различные **модуляторы**.

В динамической неоднородности оптической природы может модулироваться:

- амплитуда,
- фаза,
- интенсивность,
- поляризация световой волны и др.

при этом будут формироваться соответствующие информационные массивы.

2. **Управление** можно также осуществлять **изменением свойств континуальной среды, ее геометрии**.

Устройства управления в оптоэлектронике формируются индивидуально к каждому прибору. Выделить общие конструктивные решения весьма затруднительно.

Функциональная оптоэлектроника

Устройства функциональной оптоэлектроники

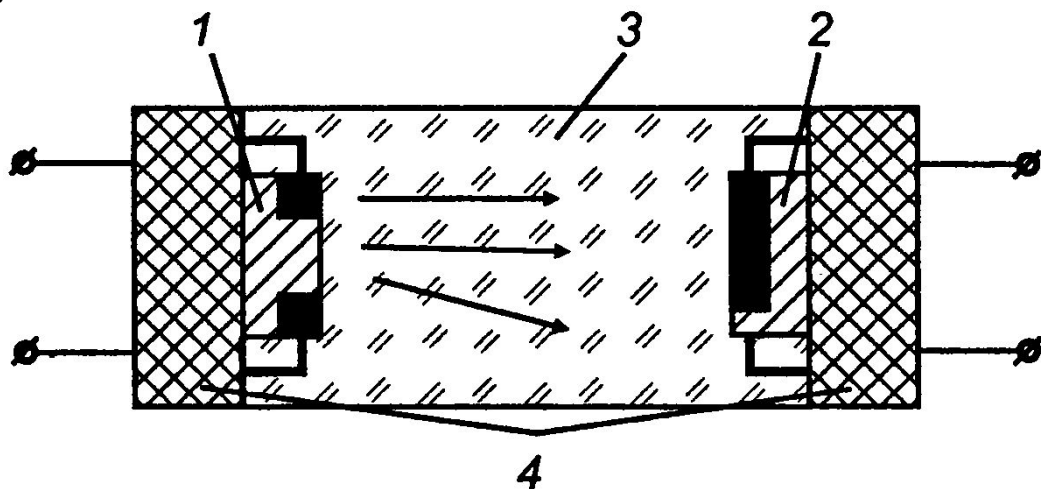
1. Устройством, соответствующим модели прибора функциональной электроники, является **оптрон**.
 - 1) **Динамической неоднородностью** является *волновой пакет (волновой импульс)*.
 - 2) **Континуальной средой** служит либо *воздушный промежуток* между диодом и фотоприемником, либо *световод*.
 - 3) **Генератором** динамических неоднородностей в виде волновых пакетов служит *светоизлучающий диод*.
 - 4) **Управление** можно осуществлять путем подачи соответствующего *электрического импульса* на светодиод, *изменением геометрии световода*.
 - 5) **Детектором** динамических неоднородностей служат различные *фотоприемники*.
2. **Управление** можно также осуществлять *изменением свойств континуальной среды, ее геометрии*.

Устройства управления в оптоэлектронике формируются индивидуально к каждому прибору. Выделить общие конструктивные решения весьма затруднительно.

Функциональная оптоэлектроника

Устройства функциональной оптоэлектроники

1. Устройством, соответствующим модели прибора функциональной электроники, является **оптрон**.
 - 1) **Динамической неоднородностью** является *волновой пакет (волновой импульс)*.
 - 2) **Континуальной средой** служит либо *воздушный промежуток* между диодом и фотоприемником, либо *световод*.
 - 3) **Генератором** динамических неоднородностей в виде волновых пакетов служит *светоизлучающий диод*.
 - 4) **Управление** можно осуществлять путем подачи соответствующего *электрического импульса* на светодиод, *изменением геометрии световода*.
 - 5) **Детектором** динамических неоднородностей служат различные



1. Излучатель
2. Фотоприемник
3. Оптическая среда
4. Основание оптрона

Функциональная оптоэлектроника

Устройства функциональной оптоэлектроники

2. Оптический логический элемент

1. **Динамической неоднородностью** является *волновой пакет (волновой импульс)* с линейной поляризацией.
2. **Континуальной средой** служит оптоволокно.
3. **Генератором** динамических неоднородностей в виде волновых пакетов служит *светоизлучающий диод*.
4. **Управление** осуществляется электромагнитными полями, поворачивающими плоскость поляризации.
5. **Детектором** динамических неоднородностей служат различные *фотоприемники*.

3. Оптический управляемый транспарант – многоканальной параллельной обработки оптической информации, например двумерная матрица прозрачных и непрозрачных ячеек

4. Запоминающие оптоэлектронные устройства

- оптические диски со статическими неоднородностями (не относятся к устройствам функциональной оптоэлектроники)
- **конструкции накопителей с реверсивной оптической средой – полимеры**

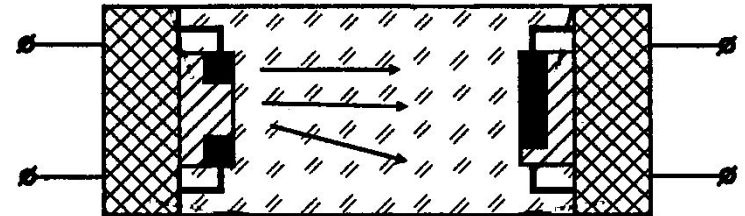
Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

Оптроном (оптопарой) называется прибор, состоящий из источника света и фотоприемника, связанных друг с другом оптически и размещенных в одном корпусе.

Принцип работы оптрона –

- 1) в источнике света электрическая энергия превращается в световую энергию,
- 2) световая энергия воспринимается фотоприемником,
- 3) на выходе фотоприемника возникает электрический отклик.



- Электрическое напряжение на излучатель может быть подано как от внешнего источника, так и от электрической цепи фотоприемника.
- Световой поток может поступать на фотоприемник как от излучателя оптрона, так и от внешнего источника света.

Основные элементы оптрона – излучатель и фотоприемник – могут быть связаны и по оптической, и по электрической цепям. Это дает возможность реализации разнообразных связей между этими элементами и открывает широкие перспективы использования оптронов в функциональной электронике.

Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

Достоинства оптронов обусловлены использованием для переноса информации электрически нейтральных фотонов.

К ним относятся:

- идеальная гальваническая развязка между входом и выходом;
- однонаправленность распространения информации по оптическому каналу;
- широкая частотная полоса пропускания оптрона;
- невосприимчивость оптических каналов связи к воздействию электромагнитных полей;
- физическая и технологическая совместимость с электронными приборами.

Недостатки оптронов

- относительно высокий уровень собственных шумов,
- большая потребляемая мощность,
- температурная чувствительность,
- временная деградация параметров,
- необходимость использования гибридной, непланарной технологии при изготовлении оптронов.

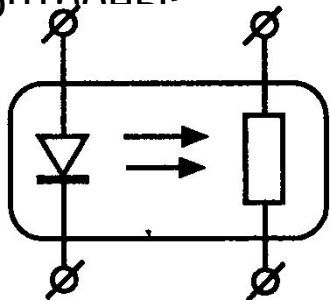
Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

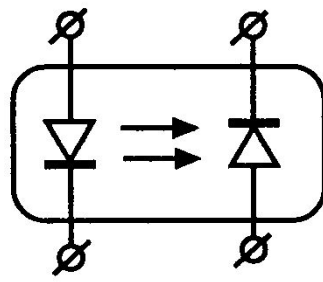
Оптроны *по виду связи* делятся на две группы – оптроны с прямой оптической связью, или **элементарные оптроны**, и оптроны с комбинированными оптическими и электрическими связями, или **активные оптроны**.

Общие требования, предъявляемые к элементам оптрона, – малые габариты и масса, устойчивость к механическим и климатическим воздействиям, технологичность, обеспечение их согласования по спектральным характеристикам, быстродействию и температурным свойствам.

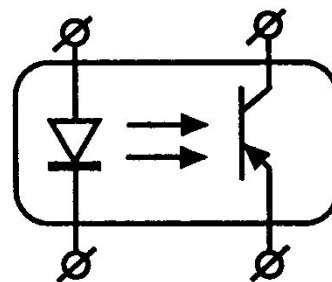
Принцип работы используемых в оптронах **фотоприемников** основан на **внутреннем фотоэффекте**, или на **изменении проводимости** при облучении (резисторный оптрон), или на **возникновении фото-ЭДС** на каком-либо потенциальном барьере (диодный, транзисторный, тиристорный элементарные оптроны).



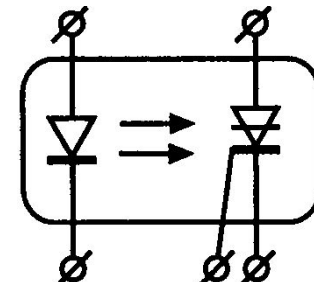
резисторные
оптроны



диодные
оптроны



транзисторные
оптроны



тиристорные
оптроны

Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

Основные виды фотоприемников

Вид фотоприемника	Быстродействие, с	Коэффициент внутреннего усиления
Лавинный фотодиод		
Фототранзистор		
Фоторезистор		

Основные виды излучателей

Вид излучателя	Спектральный диапазон, мкм	Быстродействие, с	Потребляемая мощность, мВт	Управляющее напряжение, В
Лампочка накаливания				
Неоновая лампа				
Электролюминесцентная ячейка:				
- порошковая				
- пленочная				
Светодиод				

Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

Требования к оптической среде оптрона:

- должна быть устойчивой при любых эксплуатационных воздействиях – механических, климатических и т. п., т.к. среда обеспечивает создание конструктивно целостного прибора,
- должна обладать высоким сопротивлением, поскольку обеспечивает гальваническую развязку электрической цепи излучателя и цепи фотоприемника,
- должна обладать минимальным поглощением в спектральной области работы оптрона, т.к. должна обеспечить прохождение светового потока от излучателя к фотоприемнику,
- должна иметь коэффициент преломления, близкий к коэффициенту преломления излучателя и фотоприемника для уменьшения потерь на отражение от границ раздела оптической среды и активных элементов оптрона,
- должна хорошо согласовываться по температурным коэффициентам расширения с материалами активных элементов.

Используют три варианта оптической среды (оптического канала):

- **полимерные оптические клеи, лаки, вязкие вещества** в виде незасыхающих вазелиноподобных разнообразных силиконовых составов, а также халькогенидные стекла (полимеры имеют провалы спектра пропускания в ближней ИК-области, обусловленные резонансным поглощением света химическими группами OH , CH_3 , CH_2 , NH_2 , NH ; халькогенидные стекла менее устойчивы к резким перепадам температуры, имеют невысокую адгезию к материалам излучателя и фотоприемника).
- **воздушный канал**, при этом для лучей светопередачи могут использоваться фокусирующие системы на основе стеклянных линз,
- **волоконные световоды**.

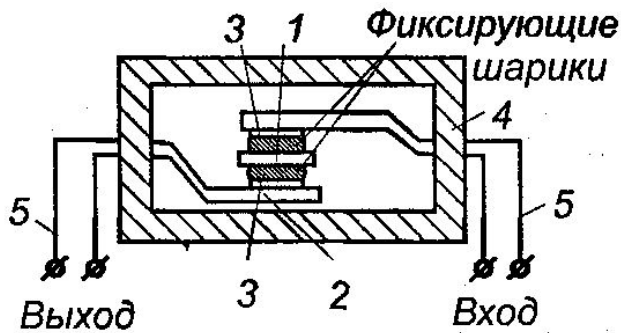
Выбор того или иного варианта обусловлен требованиями, связанными с применением оптронов.

Статическое напряжение изоляции – максимально допустимое постоянное напряжение между входом и выходом оптрона – у полимерных лаков и стекол составляет 100 – 500 В, у оптронов с воздушным зазором 1 – 50 кВ, а с волоконными световодами 50 – 150 кВ.

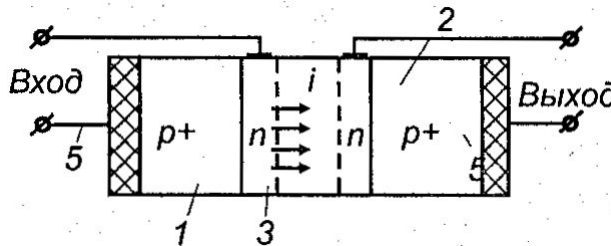
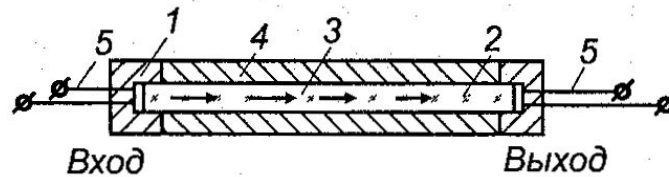
Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

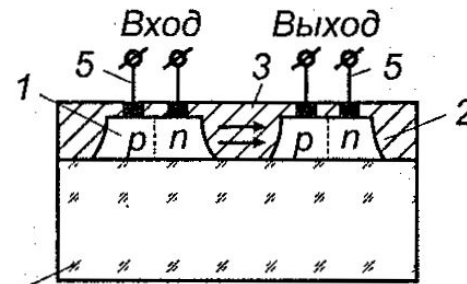
Примеры оптронов



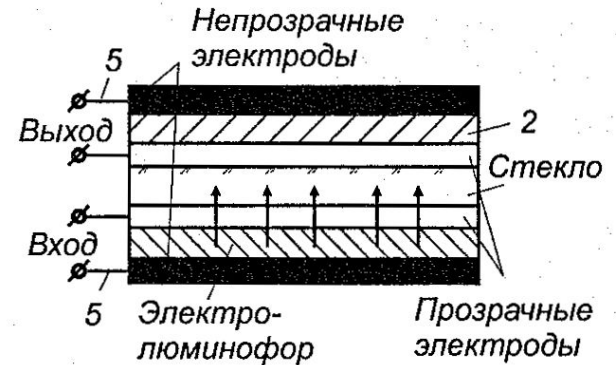
Отражающая поверхность



Металл



Подложка



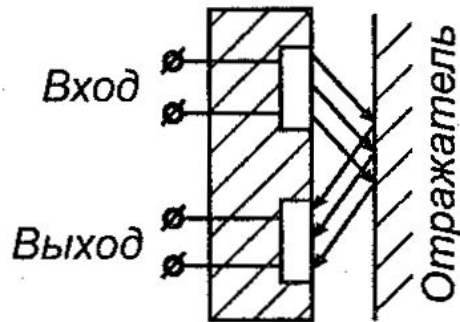
Оптрон в пластмассовом корпусе, высоковольтный оптрон-оптоизолятор, оптрон с пластмассовой полусферой, (монокристаллический) монолитный оптрон, (планарно-эпитаксиальный на сапфире) монолитный оптрон, (тонкопленочный) монолитный оптрон
 1 – излучатель, 2 – фотоприемник, 3 – оптическая среда, 4 – корпус, 5 - выводы

Функциональная оптоэлектроника

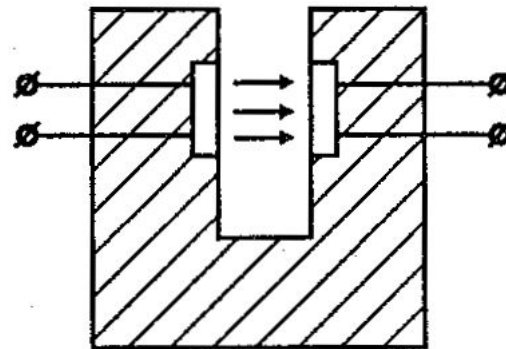
Оптроны

Оптроны с управляемой оптической средой

Для расширения функциональных возможностей разработаны оптроны с управляемой оптической средой. К ним относятся **оптроны с открытым оптическим каналом**. В таких оптронах между излучателем и фотоприемником могут размещаться различные устройства управления световым потоком.



отражательный
оптрон



оптопрерывате
ль

Воздушный зазор может быть заменен волоконным световодом. В таком оптроне со световодом реализуется не только гальваническая развязка, но и возникает возможность передачи информации на достаточно большое расстояние.

На основе оптронов, в которых можно **изменять амплитуду, фазу, частоту и поляризацию излучения**, используя в качестве оптической среды различные электрооптические и магнитооптические материалы разработаны разнообразные датчики физических величин.

Оптроны с прямой оптической связью используются в аналоговой и дискретной вычислительной и измерительной технике для усиления и преобразования электрических сигналов, моделирования математических операций, согласования низковольтных цепей с высоковольтными, гальванической развязки элементов и узлов.

Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

Оптроны с комбинированными оптическими и электрическими связями

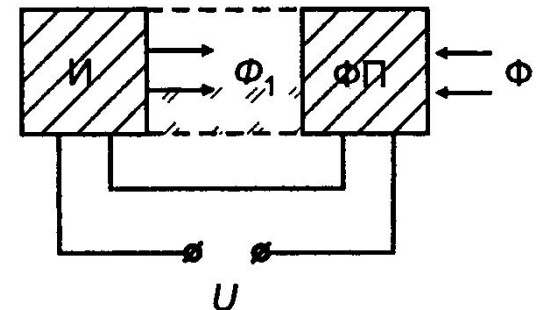
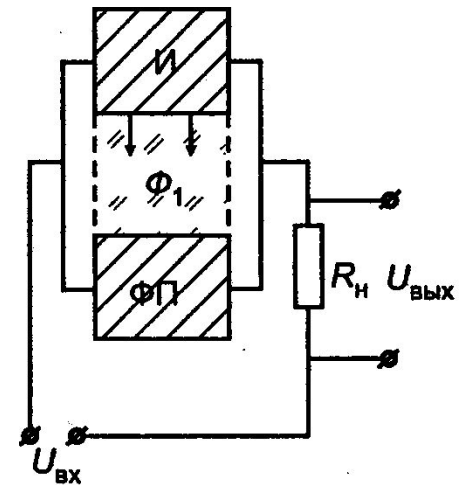
Функциональные возможности оптрона могут быть существенно расширены при введении **обратных связей** – оптических или электрических. По виду связи входных и выходных сигналов активные оптроны можно разделить на три типа.

1. **Оптроны с прямой электрической и обратной отрицательной оптической связями.** В этом оптроне излучатель I и фотоприемник $\Phi\Pi$ соединены электрически параллельно, в результате чего реализуется обратная отрицательная оптическая связь.

С увеличением входного напряжения и, следовательно, тока интенсивность светового потока излучателя возрастает. Рост светового потока, падающего на фотоприемник, приведет к уменьшению его сопротивления и, как следствие, к увеличению шунтирующего действия фотоприемника. В результате ток через излучатель уменьшается.

2. **Оптроны с внешней прямой оптической и прямой электрической связями.**

В оптронах этого типа связь между излучателем и фотоприемником электрическая, а входным и выходным сигналами является световой поток. Изменяя величину светового потока от внешнего излучателя Φ , падающего на фотоприемник, изменяем его сопротивление, ток в цепи и, следовательно, интенсивность светового потока на выходе излучателя оптрона Φ_1 .



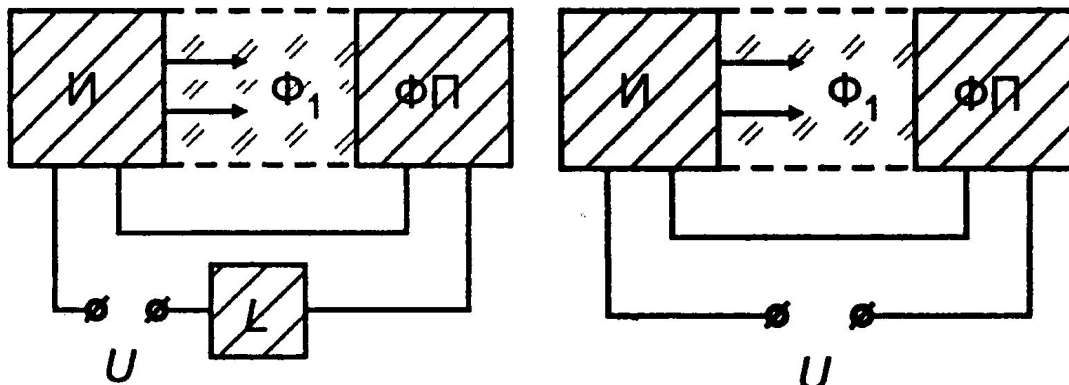
Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

Оптроны с комбинированными оптическими и электрическими связями

3. Оптроны с прямой электрической и положительной обратной оптической связями.

В таком оптроне, получившем название регенеративного, излучатель I и фотоприемник $ФП$ включены последовательно к одному источнику напряжения U . Регенерация, т.е. компенсация потерь энергии сигнала с помощью положительной обратной связи, может быть осуществлена либо включением в цепь усилителя L , либо совмещением усилителя с фотоприемником, когда используется фотоприемник с внутренним усилением (фоторезистор, фототранзистор).



Подавая возмущение на оптрон с помощью облучения Φ фотоприемника внешним источником, либо импульсным увеличением тока через излучатель или повышением напряжения, можно увеличить ток в цепи оптрона, что приведет к увеличению интенсивности излучения и уменьшению сопротивления

фотоприемника, что приведет к увеличению светового потока и к дальнейшему возрастанию тока. Возникает лавинообразное нарастание тока до величины, ограниченной только сопротивлением открытого оптрона. Таким образом, оптрон обладает положительной обратной оптической связью, что формирует в системе **отрицательное дифференциальное сопротивление**.

В зависимости от способов включения излучателя, фотоприемника и усилителя можно реализовать как устройства, управляемые током (приборы с отрицательным дифференциальным сопротивлением, ВАХ S-типа), так и устройства, управляемые напряжением (приборы с отрицательной дифференциальной проводимостью, ВАХ N-типа).

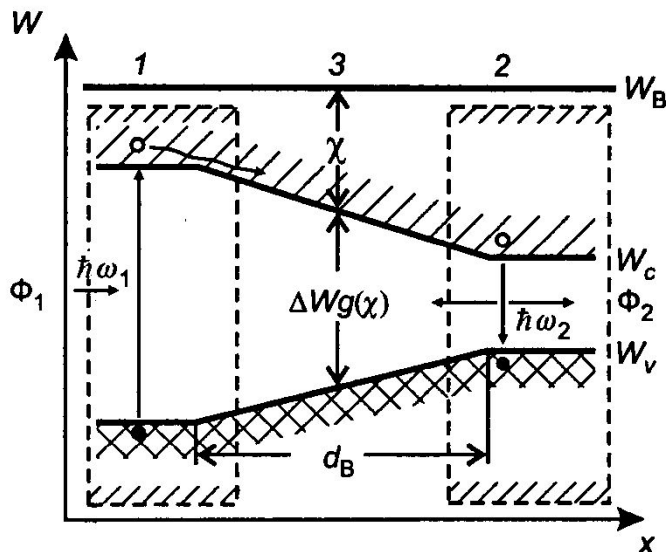
Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

Оптроны на варизонных полупроводниках

Особенности оптических и электронных процессов в полупроводниках с градиентом запрещенной зоны, в так называемых варизонных полупроводниках, позволяют создавать оптроны для оптоэлектронного преобразования весьма сложных сигналов.

Область варизонного полупроводника толщиной d_B расположена между двумя относительно тонкими слоями полупроводников с постоянной шириной запрещенной зоны. Для получения таких структур можно использовать полупроводниковые твердые растворы переменного состава: $GaAs_xP_{1-x}$, $Ga_xAl_{1-x}As$, $Zn_xCd_{1-x}S$.



При поглощении квантов света в области широкозонной части полупроводниковой структуры электроны и дырки будут дрейфовать из-за наличия градиента запрещенной зоны к области с меньшей запрещенной зоной.

Пройдя диффузионную длину L , свободные носители заряда рекомбинируют и, если рекомбинация носит излучательный характер, рекомбинационное излучение будет выходным оптическим сигналом, зависящим от входного сигнала и передаточной функции в варизонном полупроводнике.

Входной сигнал можно подавать как на широкозонную, так и на узкозонную сторону структуры.

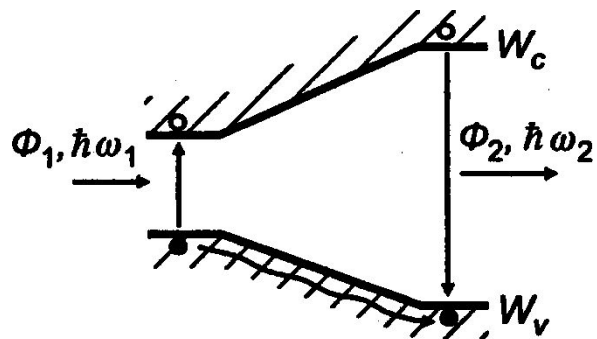
В первом случае рекомбинационное излучение можно измерять с обеих сторон, так как энергия квантов, рожденных в узкозонной области, мала, и они слабо поглощаются в более широкозонных областях.

Варизонная область – область переноса носителей заряда, может управляться электрическим полем или светом.

Функциональная оптоэлектроника

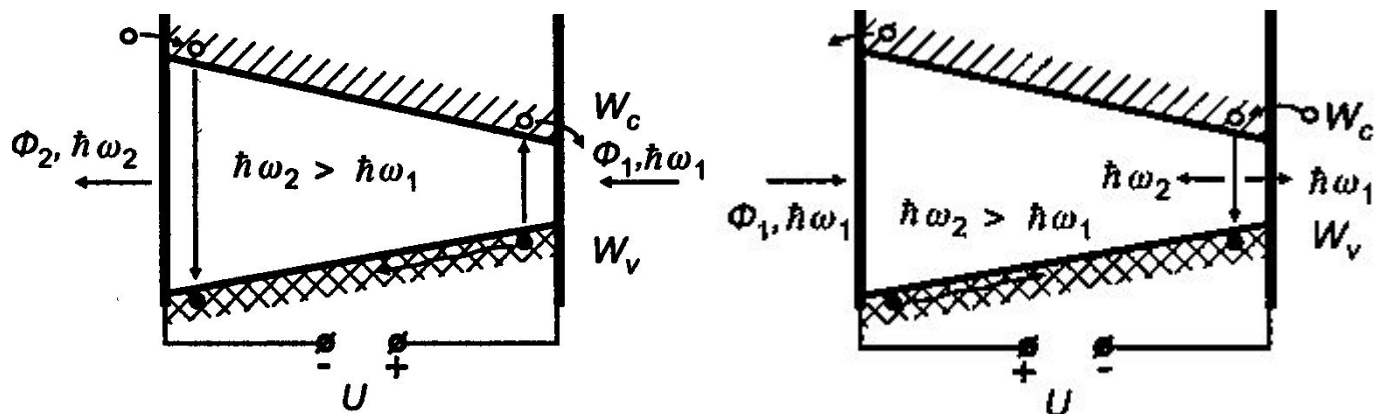
Оптроны

Оптроны на варизонных полупроводниках



Под влиянием электрического поля или градиента концентрации носители заряда переносятся в широкозонную выходную область, генерируя кванты света $\hbar\omega_2 > \hbar\omega_1$.

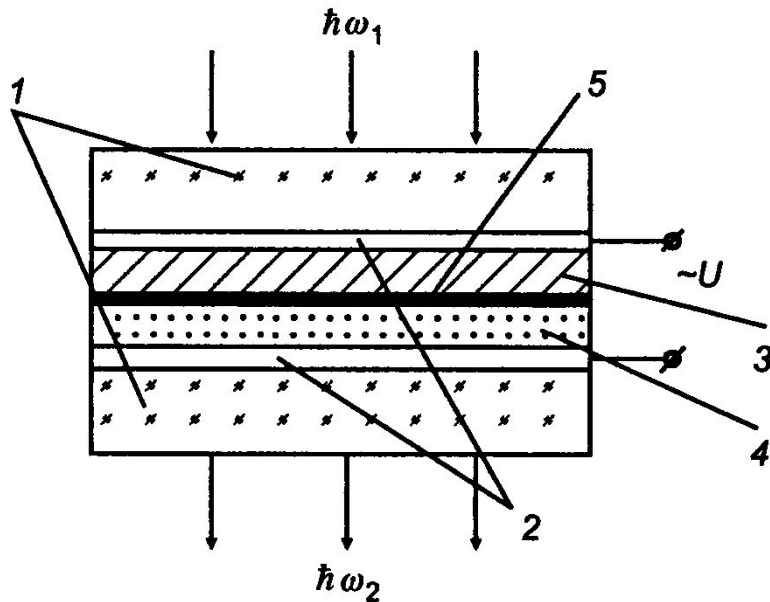
Для осуществления электрического входа можно варизонный полупроводник разместить между обкладками конденсатора.



Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

Оптронные преобразователи изображений



- 1 – стеклянные пластинки;
- 2 – прозрачные электроды;
- 3 – слой фотопроводника;
- 4 – электролюминесцентный слой;
- 5 – непрозрачный оптический экран

Когда фоторезистор не освещен, почти все напряжение падает на нем, а напряжение, приложенное к электролюминесцентному слою, недостаточно для получения заметного его свечения.

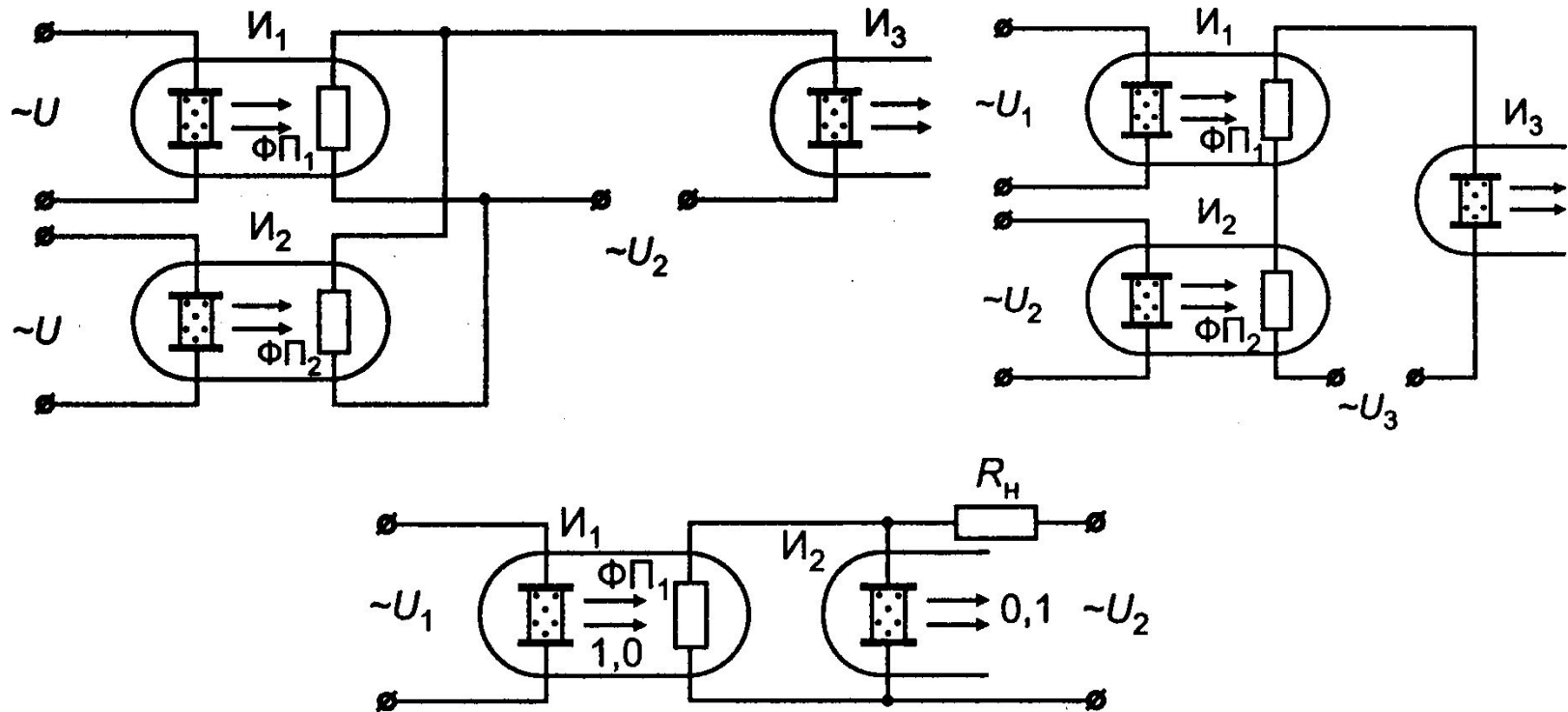
При освещении фоторезистора внешним светом сопротивление его существенно уменьшается и напряжение в основном падает на электролюминесцентном слое.

Различие спектральных характеристик фотоприемника и излучателя оптрона позволяет создать твердотельный аналог электронно-оптического преобразователя инфракрасного излучения в видимое.

Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

Логические устройства на оптронах



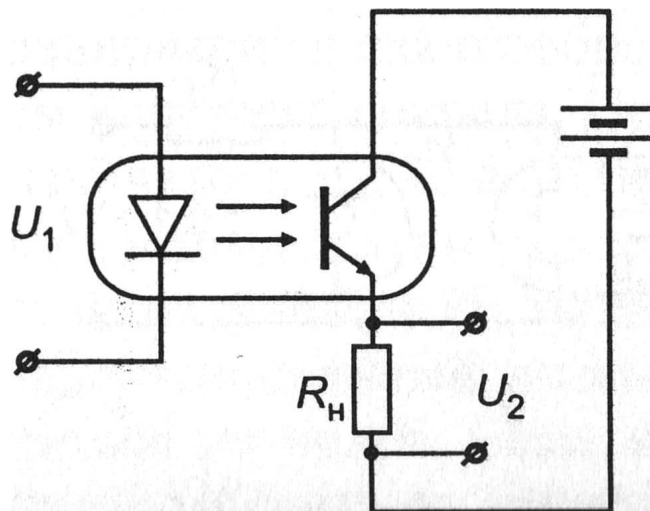
Схемы включения оптронов для реализации логических функций «И», «ИЛИ» и «НЕ»

Функциональная оптоэлектроника

Оптроны

Аналоговые устройства на оптронах

Усилитель на оптроне



Широта и разнообразие возможностей применения оптронов в значительной степени обусловлены тем, что оптроны являются аналогами многих традиционных электро- и радиокомпонентов

Электро- и радиокомпонент		Оптронный аналог	
Наименование	Схема	Наименование	Схема
Импульсный трансформатор		Диодный, транзисторный оптрон	
Переключатель		Транзисторный, резисторный, тиристорный оптрон	
Переменный резистор		Резисторный оптрон	
Потенциометр		Сдвоенный резисторный оптрон	
Батарея		Изолированный источник питания	
Переменный конденсатор		Оптрон с варикапом	
Радиолампа		Оптрон с управляемым оптическим каналом	

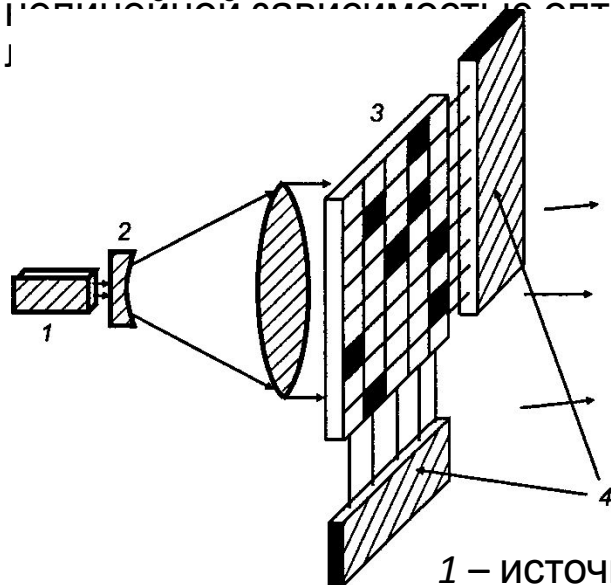
Функциональная оптоэлектроника

Управляемые транспаранты

Управляемый транспарант, или пространственно-временной модулятор света, представляет собой двухкоординатную матрицу ячеек или однородный экран, оптические свойства которых изменяются под действием электрического или оптического возбуждения.

Управляемые транспаранты в оптических вычислительных системах находят широкое применение для ввода и вывода информации, реализации логических функций, усиления яркости изображений, кодирования и распознавания оптических сигналов.

По способу управления модуляцией светового пучка различают **электрически управляемые транспаранты** и **оптически управляемые транспаранты**. Оба вида транспарантов могут реализовать и дискретную, и аналоговую модуляцию светового пучка. В первом случае управляемые транспаранты должны обладать устойчивостью оптических свойств от внешних воздействий, во втором –



1 – источник света, 2 – растр, 3 – транспарант,
4 – электронные схемы управления
транспарантом

Электрически управляемых транспарантах (ЭУТ) – это двухкоординатная матрица элементов, оптическая прозрачность которых может изменяться под действием электрического поля.

Матрица изготавливается на основе различных материалов, обладающих тем или иным электрооптическим эффектом.

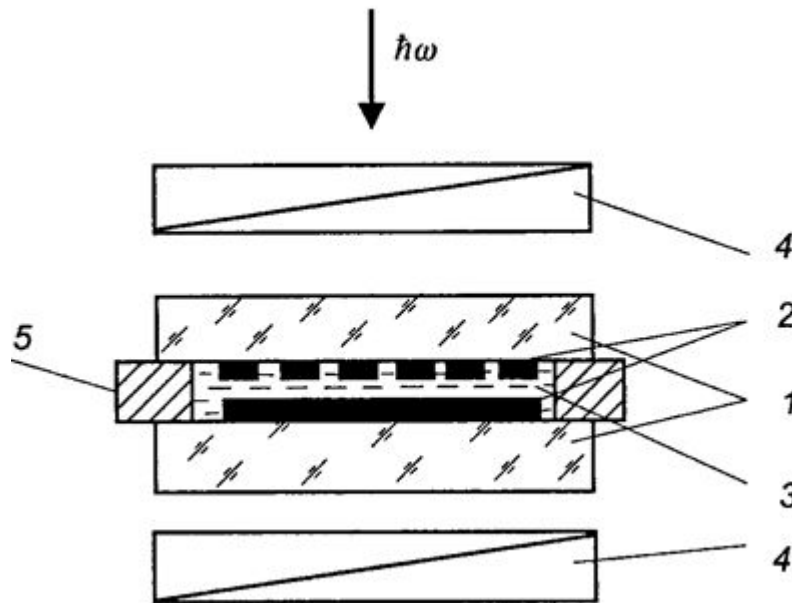
Функциональная оптоэлектроника

Управляемые транспаранты

Управляемый транспарант может быть изготовлен на жидких кристаллах.

Жидкие кристаллы (ЖК) являются хорошими электрически управляемыми модуляторами света, т.к. их свойства легко изменяются под действием электрического поля при низких рабочих напряжениях 1 – 50 В и малом потреблении мощности ~ 1 мкВт/см².

Жидкокристаллическое состояние вещества (мезофаза – промежуточная фаза), характеризуется одновременным проявление и свойств жидкости, в частности текучестью, и свойств кристалла – оптической анизотропией. Это состояние существует в определенном диапазоне температур $T_K < T < T_{Ж}$. Нижняя граница T_K – температура кристаллизации, ниже которой ЖК является непрозрачным. Верхняя граница $T_{Ж}$ – температура просветления, выше которой вещество превращается в однородную прозрачную жидкостью.



Для пространственной модуляции света используют два электрически управляемых эффекта в ЖК

(1) **динамическое рассеяние**, т.е. изменение коэффициента отражения (пропускания) и (2) **изменение характера поляризации** проходящего света ЖК («твист-эффект»).

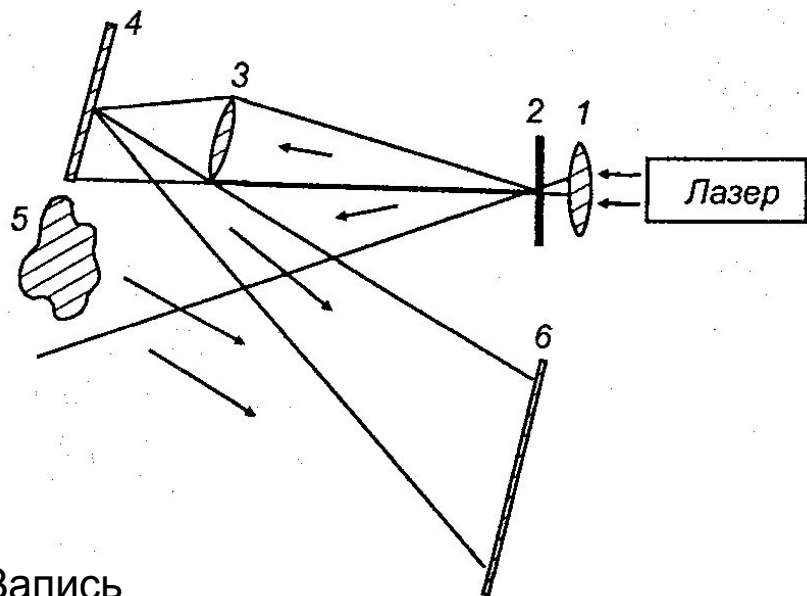
Твист-эффект позволяет получать высокий контраст и имеет очень низкое пороговое напряжение 0,9 – 1,5 В. Помещая на входе и выходе такого элемента ЭУТ поляризаторы можно преобразовать модуляцию поляризации света в амплитудную модуляцию.

1 – стеклянные пластинки; 2 – прозрачные скрещенные электроды;
3 – жидкий кристалл; 4 – поляризаторы; 5 – фиксатор

Функциональная оптоэлектроника

Оптические запоминающие устройства

Голографическая запись информации

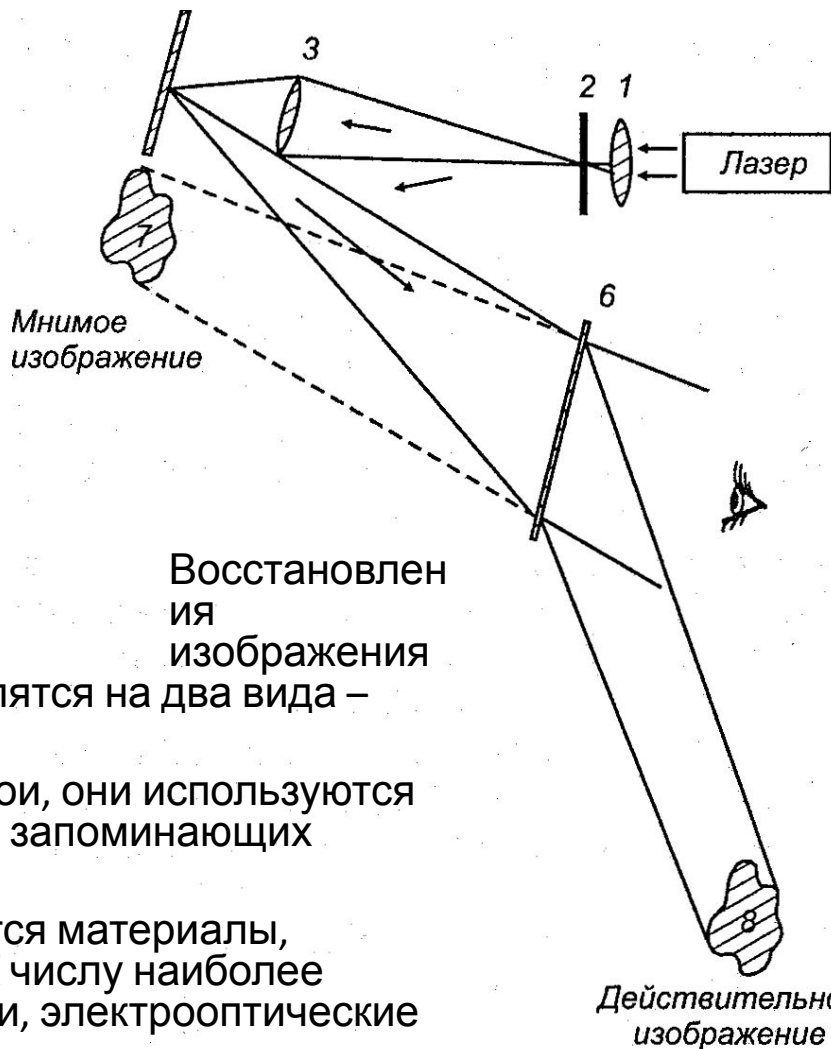


Запись изображения

Все регистрирующие оптические среды делятся на два вида – **необратимые** и **реверсивные**.

К первым относятся фотоэмульсионные слои, они используются для создания голографических постоянных запоминающих устройств.

К реверсивным оптическим средам относятся материалы, пригодные для многократной перезаписи. К числу наиболее перспективных относятся магнитные пленки, электрооптические материалы, халькогенидные стекла и др.



Мнимое изображение

Восстановление изображения

Действительное изображение

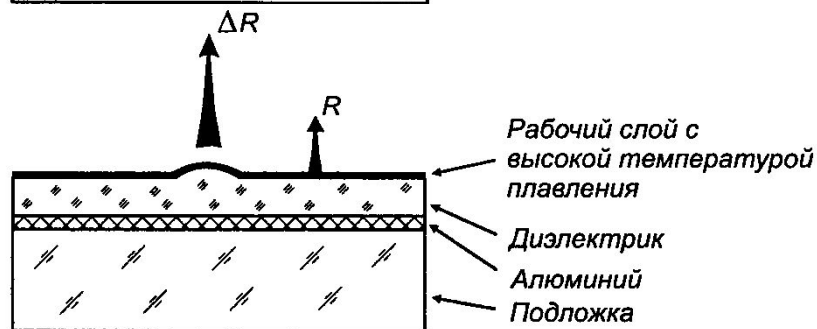
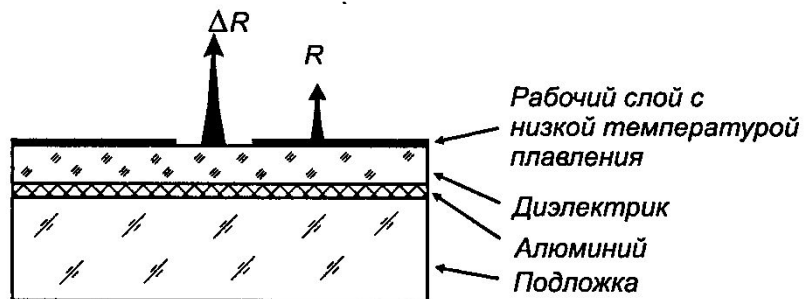
Функциональная оптоэлектроника

Оптические запоминающие устройства

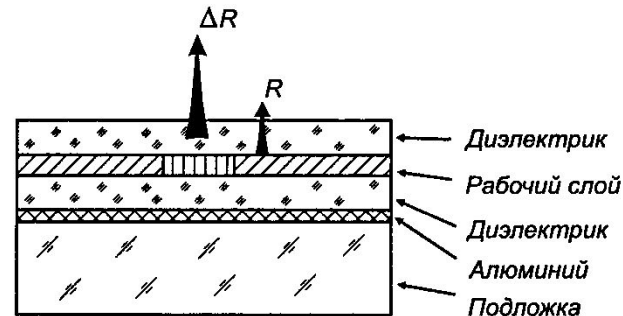
Последовательная (поразрядная, побитовая) запись информации

Для представления информации используется один из трех основных методов лазерной записи на оптическом диске:

- прожигание рабочего слоя лазерным лучом;
- создание под действием луча лазера на информационных дорожках вздутий;
- реализация фазового перехода в информационном слое (реверсивный)



Тонкая пленка рабочего термочувствительного слоя (в основном из металла с низкой температурой плавления) локально разогревается лазерным лучом, в результате чего образуется информационная метка – (1) отверстие или ямка или (2) вздутие.



При реверсивной записи локальном при нагреве (на халькогенидных стеклах до 100 – 120 °С) при облучении происходит переход структуры из аморфной фазы в кристаллическую, в результате чего резко изменяется коэффициент отражения светового излучения.

С изменением структурной фазы меняются оптические свойства облученных участков, что обеспечивает считывание информации.

Стирание информации осуществляется засветкой поверхности диска расфокусированным лучом лазера, в результате чего халькогенидное стекло вновь становится аморфным.