

Лекция №14.

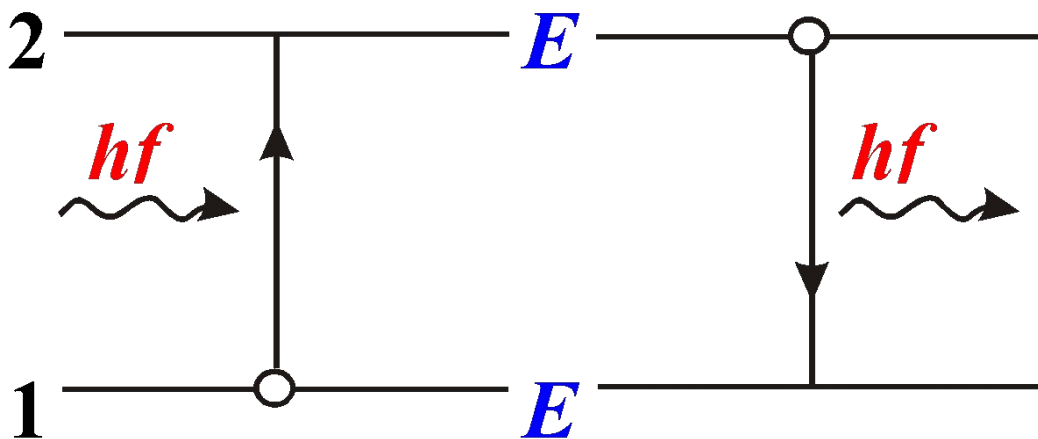
Раздел 6. Материалы квантовой и оптоэлектроники

Тема: Материалы для лазеров. Электрооптические и нелинейно-оптические материалы

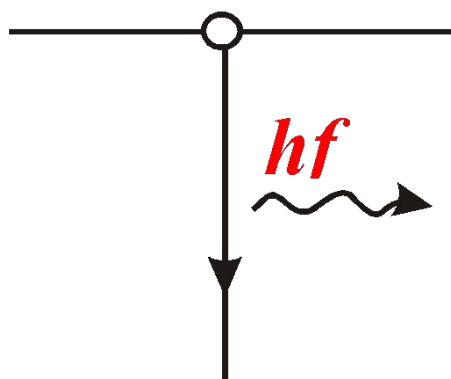
- 1. Основные материалы лазеров и мазеров
- 2. Люминесценция. Люминофоры
- 3. Жидкие кристаллы, стекловолоконистые структуры

Мазеры. Лазеры

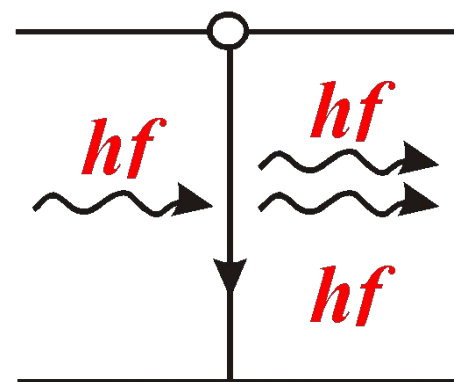
- *Maser* – Microwave Amplification by Stimulated Emission of radiation.
- *Laser* – Light Amplification by Stimulated Emission of radiation. – *Усиление света вынужденным излучением*
- *Лазер – источник оптического когерентного излучения, характеризующегося высокой направленностью и большой плотностью энергии*



**Резонансное
поглощение**



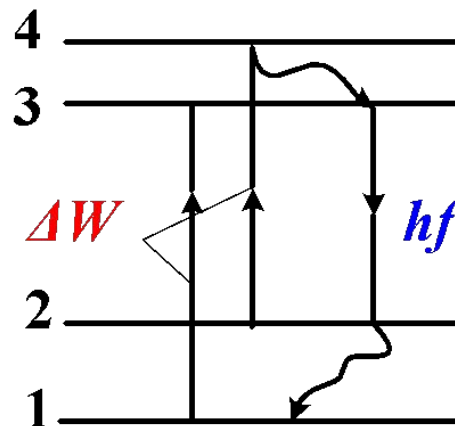
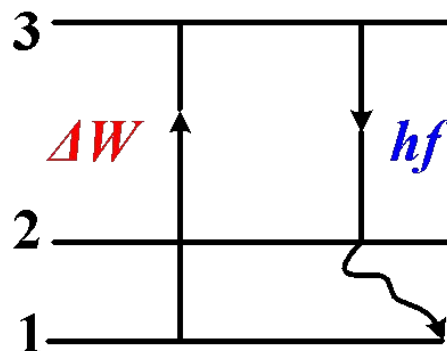
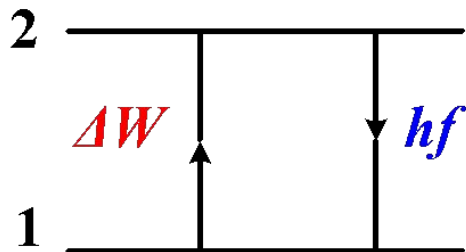
**Спонтанное
излучение**



**Стимулированное
излучение**

- *Спонтанное излучение* происходит при самопроизвольном переходе возбужденного электрона с более высокого энергетического уровня **2** на более низкий основной уровень **1**.
- *Стимулированное (индуцированное) излучение* возбужденного атома происходит под воздействием фотона, поглощенного атомом извне, например, спонтанно излученного соседним атомом. При этом испускаются одновременно два фотона с одинаковыми частотами.

Схема энергетических уровней квантовых генераторов

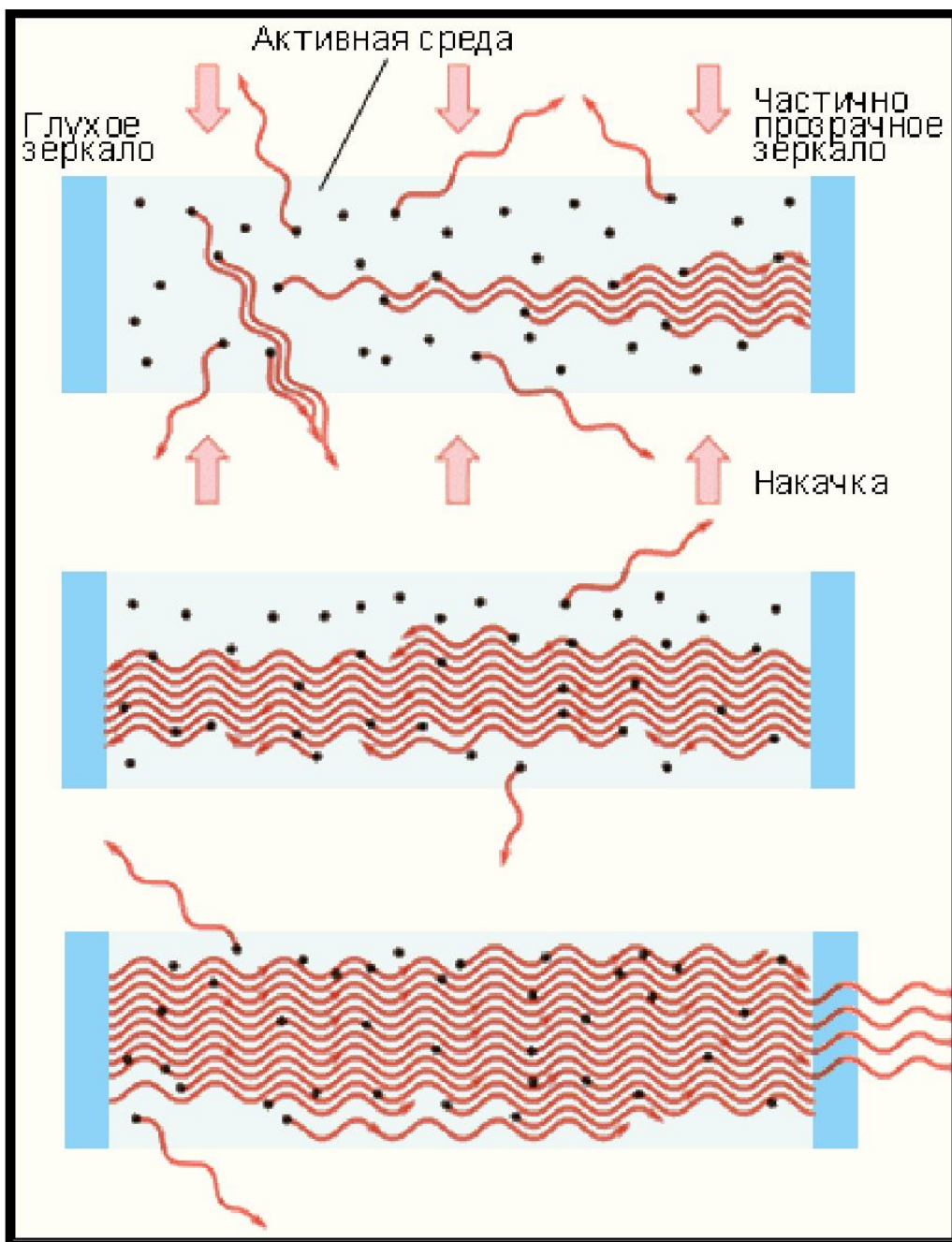


Классификация лазеров

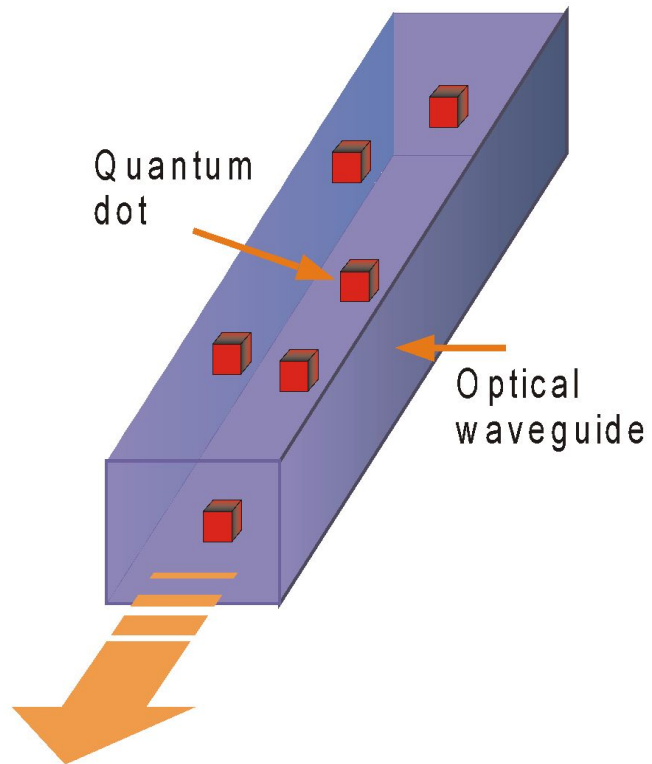
- *По типу активной среды:*
 - - жидкостные
 - -газовые;
 - -твердотельные;
- *По длине волны:*
 - -рентгеновские;
 - -ультрафиолетовые;
 - -видимого диапазона;
 - -ближнего и дальнего ИК-диапазонов

Лазер состоит:

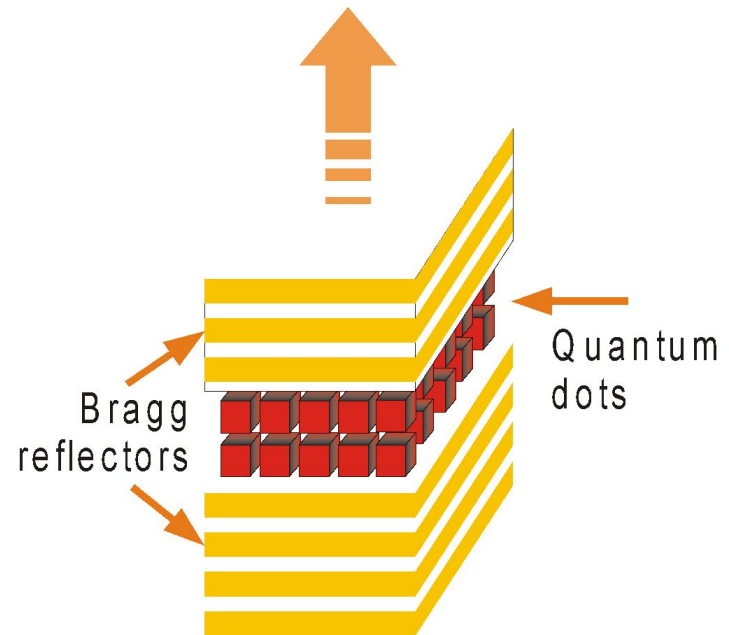
- *1. активная среда – рабочее тело;*
- *2. оптический резонатор;*
- *3. система оптической накачки.*



Лазер на квантовых точках



Лазер с *Fabry Perrot* резонатором



Лазер с вертикальным резонатором

Требования к кристаллической или стеклообразной основе

- 1. неактивированная матрица должна быть оптически прозрачной;
- 2. высокая теплопроводность вещества основы;
- 3. оптическая однородность матрицы;
- 4. высокая нагревостойкость и механическая прочность материала основы;
- 5. устойчивость матрицы к воздействию УФ-излучения ламп-накачки;
- 6. возможность введения активатора в кристаллическую решетку матрицы.

Материалы для твердотельных лазеров

Высокотемпературные монокристаллы оксидов II, III, IV групп (**ZnO**, **TiO₂**, **SiO₂**)

Вольфраматы, молибдаты, ниобаты, монокристаллы фторидов элементов II, III, IV групп (**CaF₂**, **BaF₂**, **LaF₃**, **MnF₂**) – рубин, гранат, флюорит.

Стекла на основе кислородных соединений или фторидов.

Активные диэлектрики для лазеров

Основа	Активатор	Длина волны излучения, мкм	Порог возбуждения, Вт
Рубин $\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,05\% \text{Cr}_2\text{O}_3$	Cr^{3+}	0,7	850
Гранат $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	Nd^{3+}	1,06	730
Флюорит CaF_2	U^{3+}	2,61	250
Вольфрамат кальция CaWO_4	Nd^{3+}	1,06	1200
Фторид марганца MnF_2	Ni^{2+}	1,93	- Импульс.режим
Стекло $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	Nd^{3+}	1,06	- Импульс.режим

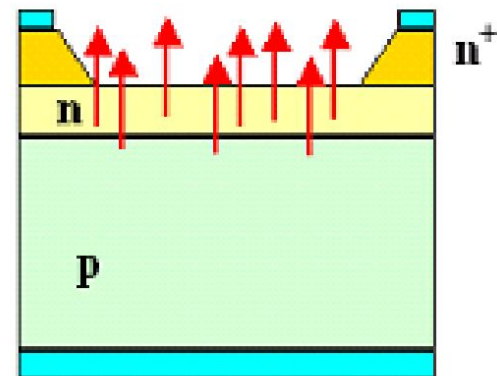
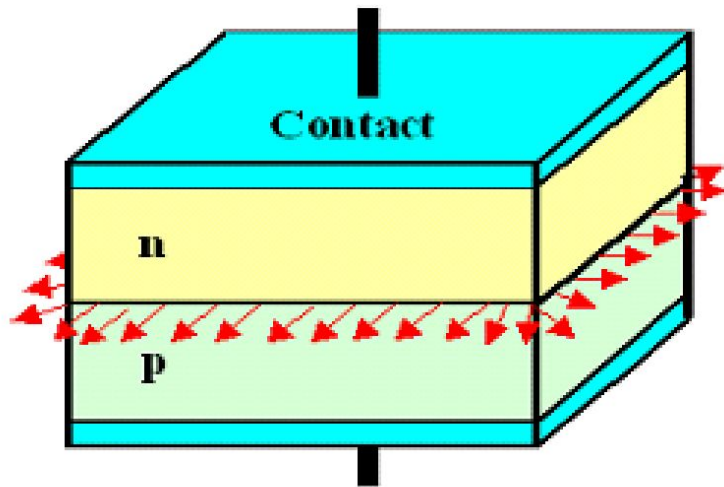
Полупроводниковые лазеры и светодиоды

- Для возбуждения полупроводников используют методы:
- -оптический (облучение лазерным лучом);
- -электронный (облучение электронным пучком);
- -инжекционный.

Материалы п/п лазеров и светодиодов

Материал	Длина волны излучения, мкм	Метод возбуждения
GaAs	0,90	Инжекционный, оптический
InSb	5,3	Инжекционный, оптический
InAs	3,1	Инжекционный, оптический
GaSb	1,6	Инжекционный, оптический
GaP	0,7-0,9	Инжекционный, оптический
Ga_xAl_{1-x}As	0,90-0,78	Инжекционный, оптический
ZnS	0,33	Электронный, инжекционный
CdS	0,49	Электронный, оптический
CdTe	0,8	Электронный, инжекционный
ZnO	0,38	Электронный
SiC	0,6	Инжекционный
CdS_xSe_{1-x}	0,49-0,69	Электронный
Pb_xSn_{1-x}Se	8,5-16,5	Инжекционный

Светодиоды



Люминофоры

- *Люминесценция* — некогерентное электромагнитное излучение тела сверх его теплового излучения, имеющее длительность, значительно превышающую период колебаний.
- *Типы люминесценции:*
 - -фотолюминесценция;
 - -радиолюминесценция;
 - -катодолюминесценция;
 - -электrolюминесценция;
 - -хемилюминесценция.

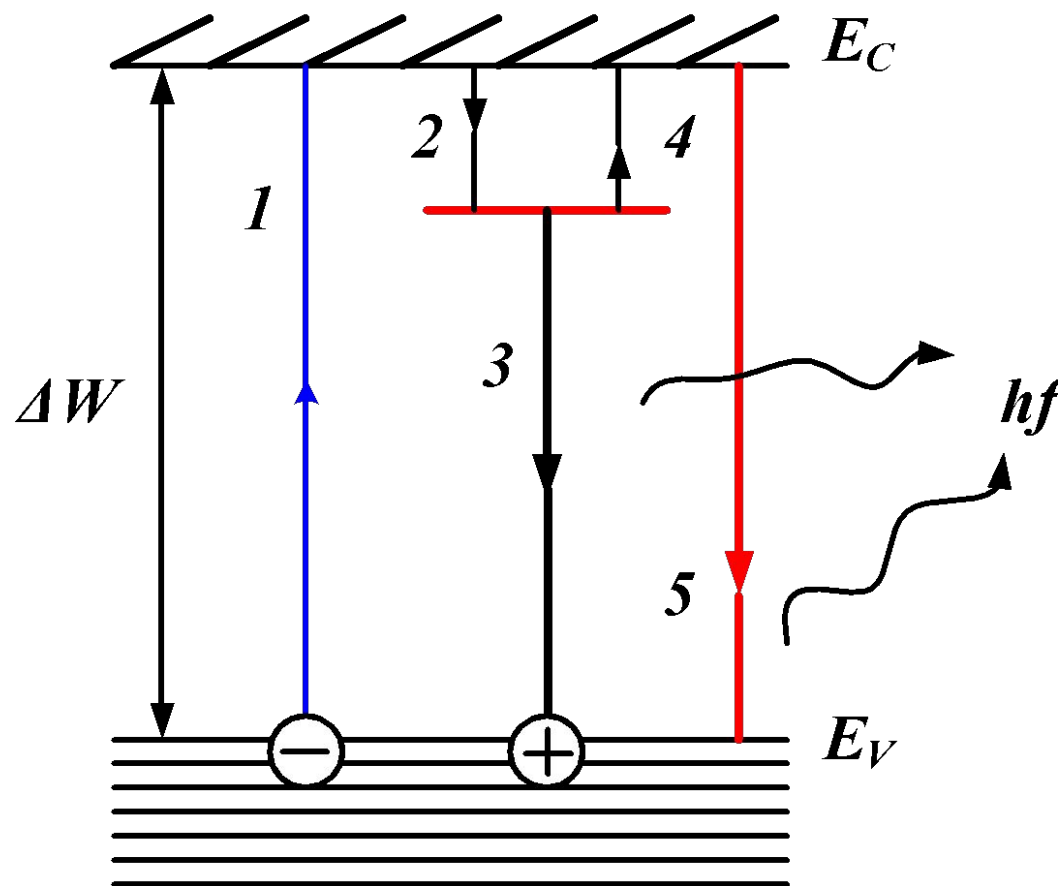
Фотолюминесценция

- Фотолюминесцентные материалы:
- - основа – ZnO , CaWO_4 , Zn_2SiO_4
- -активатор – Mn^{2+} , Sn^{2+} , Pb^{2+} , Eu^{2+}
- -сенсбилизатор
- Материалы основы:
- 1) ионные диэлектрики (ионный тип связи) – $\text{Cd}_2\text{B}_2\text{O}_5$, Zn_2SiO_4
- 2) полупроводниковые сульфиды (ковалентный тип связи) - ZnS

Катодолуминофоры

- ZnS-Ag - синее свечение
- $(\text{Zn,Cd})\text{S-Ag}$ – желтое свечение
- CaWO_4 – голубое свечение
- Zn_2SiO_4 – Mn – зеленое свечение
- ZnS-Cu – сине-зеленое свечение
- $\text{YVO}_4\text{-Eu}^{3+}$ - красное свечение

Принцип работы люминофора



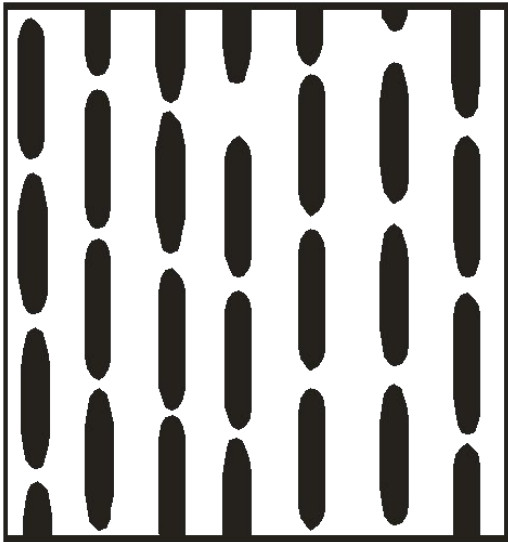
Электрооптические и нелинейно-оптические материалы

- *Электрооптический эффект* — изменение комплексной диэлектрической проницаемости в оптическом диапазоне под действием электрического поля.
- *Электрооптический эффект памяти* состоит в том, что изменения показателя преломления, вызванные приложением электрического поля, сохраняются и после снятия поля, так как сохраняется остаточная поляризация.

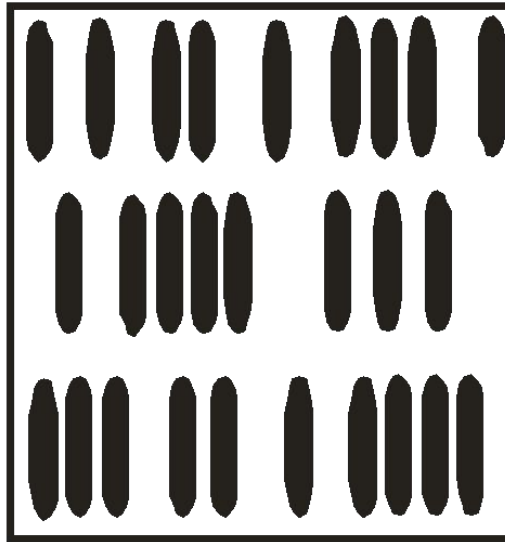
Жидкие кристаллы

- *Жидкие кристаллы* — это вещества, которые находятся в промежуточном состоянии между твердым кристаллом и жидкостью и обладают свойствами, характерными как для кристаллов (анизотропия), так и для жидкостей (текучесть).
- *ЖК* называют *мезафазой* — промежуточной фазой, а ЖК состояние — *мезоморфным*.
- Жидкие кристаллы подразделяют:
 - -нематические;
 - -смектические;
 - -холестерические

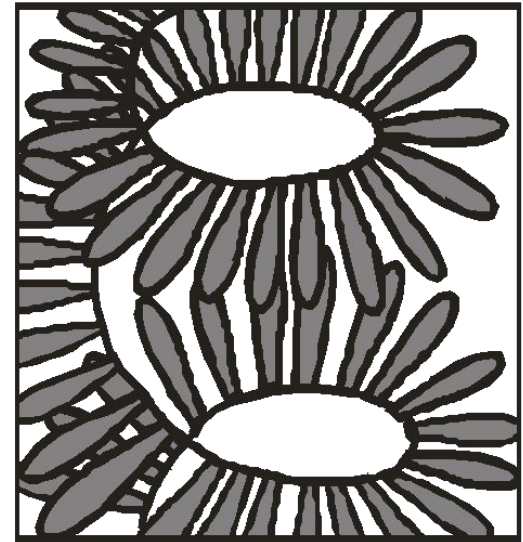
Основные типы жидких кристаллов



нематические

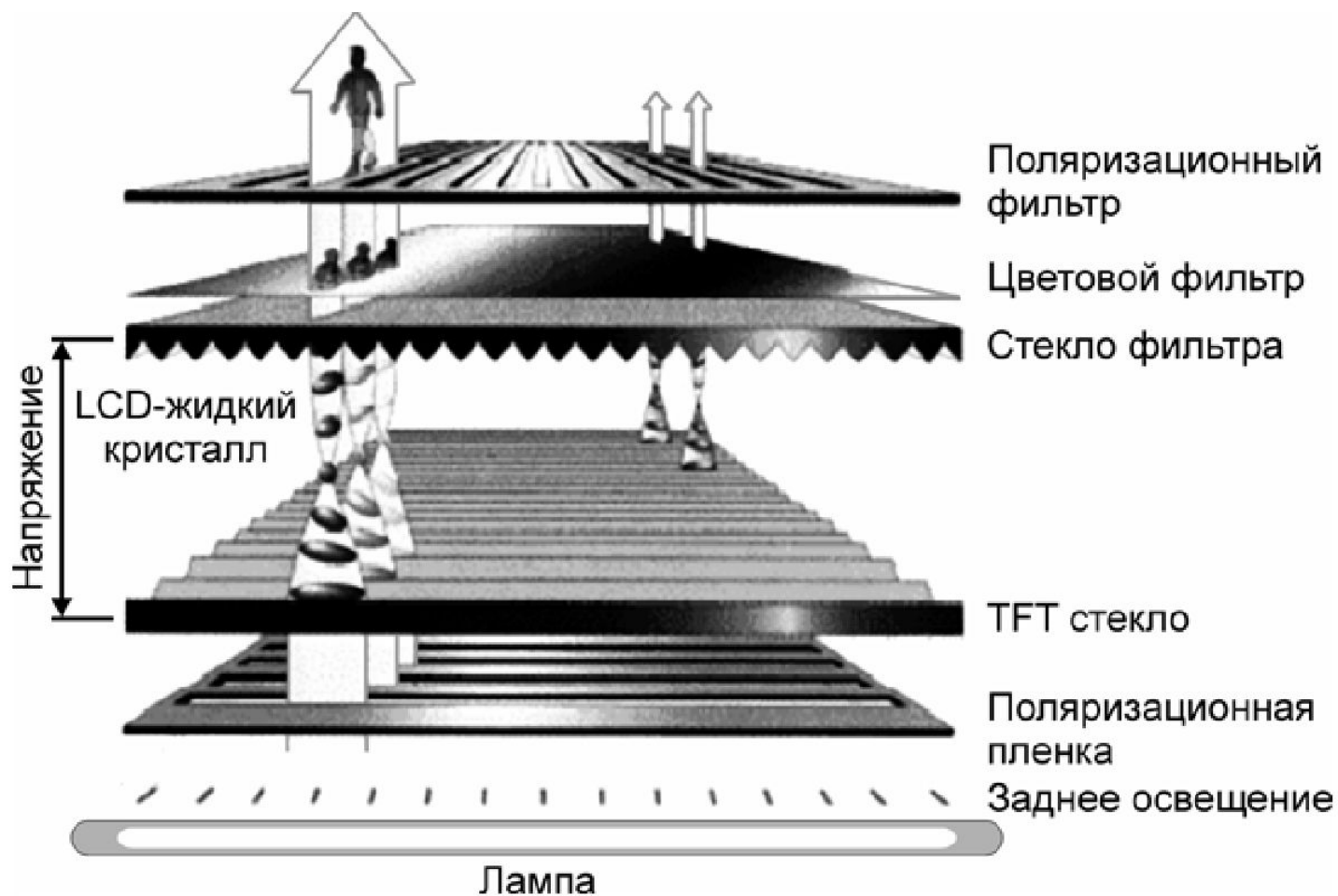


смектические

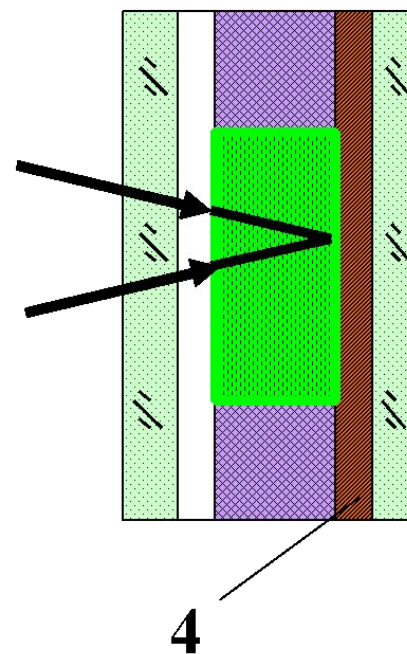
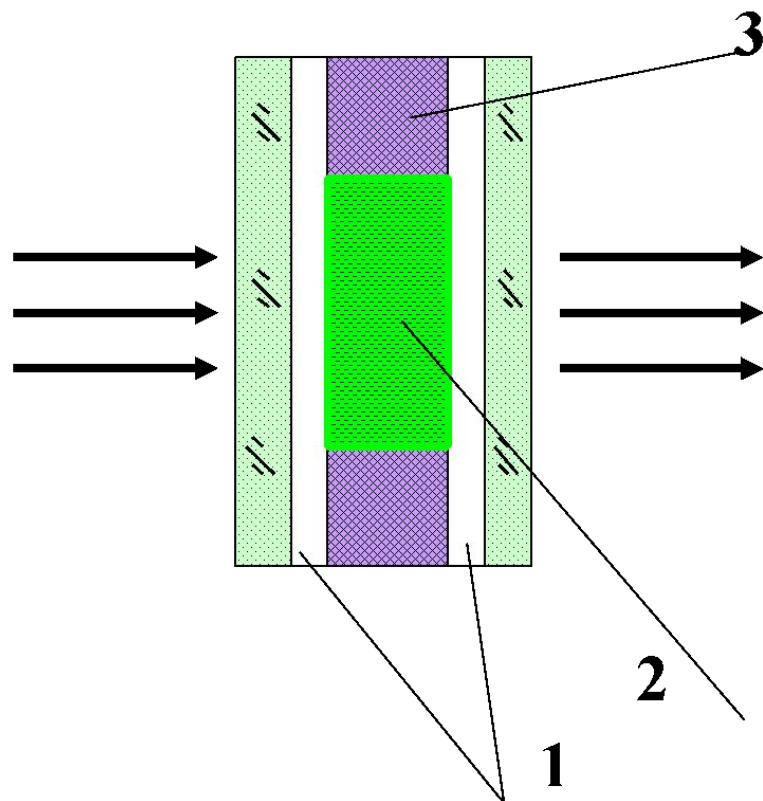


холестерические

Конструкция ЖК-дисплея



Конструкция электрооптической ячейки с использованием жидких кристаллов



Преимущества ЖК-индикаторов

- 1. хороший контраст при ярком освещении;
- 2. низкая потребляемая мощность;
- 3. совместимость с ИС по рабочим параметрам и конструктивному исполнению;
- 4. простота изготовления и низкая стоимость.
- Недостатки:
 - 1. невысокое быстродействие;
 - 2. недостаточный угол обзора;
 - 3. деградация в результате старения