

# **Элементная база РЭС. Основные функции и конструктивно-технологические параметры.**

Конструкция РЭС= Элементная база + Механические элементы

## **Элементная база включает:**

- 1) Пассивные ЭРЭ, выполняющие в РЭС различные операции над сигналами и основанные на различных физических явлениях.
- 2) Активные элементы, основанные на более сложных физических процессах и характеризующиеся специфическими параметрами конструкции и технологии.
- 3) Интегральные схемы.
- 4) Устройства функциональной электроники (УФЭ), в которых для создания принципиально новых устройств с традиционными функциями используются новые принципы и явления.

# **Основные функции элементной базы РЭС:**

- 1) фильтрация;
- 2) задержка электрических сигналов;
- 3) коммутация;
- 4) хранение информации;
- 5) отображение информации;
- 6) преобразование различных видов энергии в электрический сигнал.

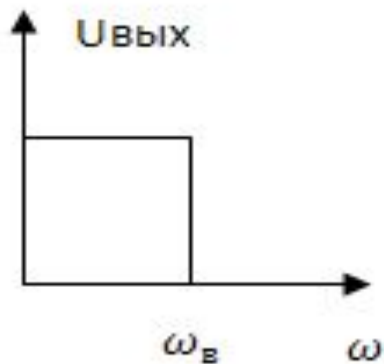
# **Основные характеристики элементной базы:**

- 1) входные характеристики;
- 2) переходные характеристики;
- 3) выходные характеристики;
- 4) частотные характеристики,;
- 5) временные характеристики;

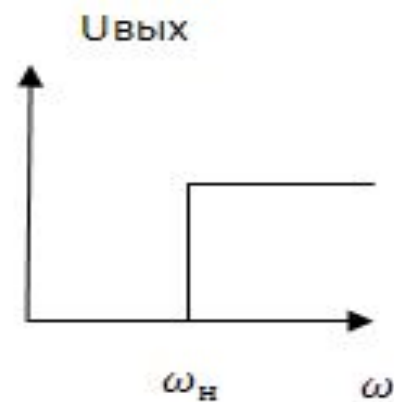
# Фильтры.

## Классификация фильтров:

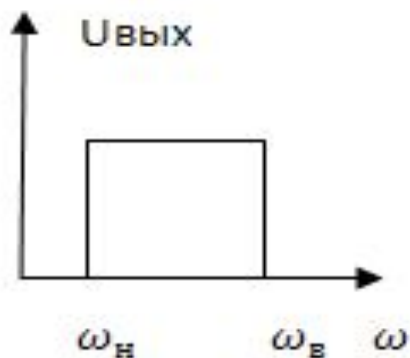
1) ФНЧ:



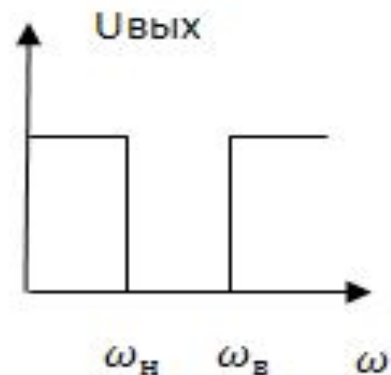
2) ФВЧ:



3) ПФ:



4) РФ:



## Фильтры:

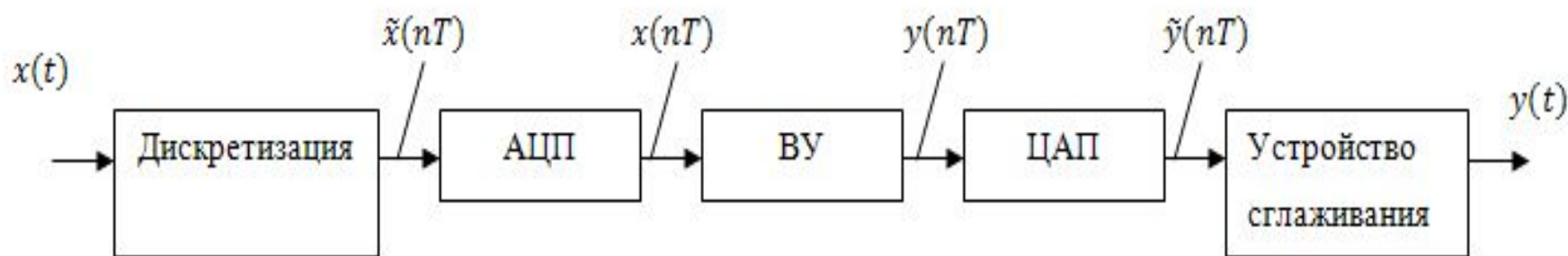
1) Аналоговые:

- LC-фильтры;
- RC-фильтры;
- электромеханические фильтры;
- пьезоэлектрические фильтры;
- фильтры на ПАВ.

2) Дискретные - фильтры на приборах с зарядовой связью (на ПЗС-структурах)

3) Цифровые.

# Цифровые фильтры.



$x(t)$  - входной аналоговый сигнал;

$\tilde{x}(nT)$  - решетчатая функция;

$x(nT)$  - входная цифровая решетчатая функция;

$y(nT)$  - выходная цифровая решетчатая функция;

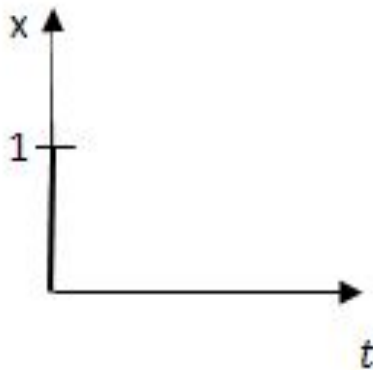
$\tilde{y}(nT)$  - преобразованная функция на выходе

ЦАП;

- выходной аналоговый сигнал.

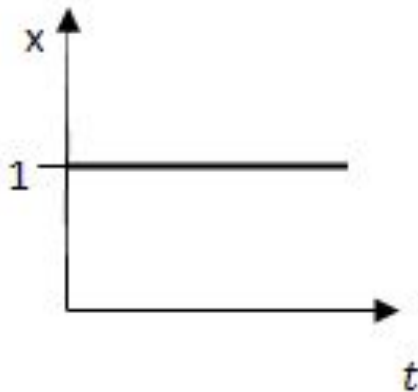
# Характеристики цифровых фильтров.

1) Импульсная характеристика  $g(nT)$ :



$$x(nT) = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ 0, & n > 0 \end{cases}$$

2) Переходная характеристика:



$$x(nT) = \begin{cases} 1, & n \geq 0 \\ 0, & n < 0 \end{cases}$$

### 3) Алгоритм фильтрации $y(nT) = \Phi[x(nT)]$

По виду алгоритма фильтрации фильтры бывают:

$$y(nT) = \sum_{i=0}^N C_i \cdot x(nT - iT)$$

**Нерекурсивные**

где,  $C_i$  – постоянные коэффициенты;

$$y(nT) = \sum_{l=0}^L b_l \cdot x(nT - lT) - \sum_{m=1}^M a_m \cdot y(nT - mT)$$

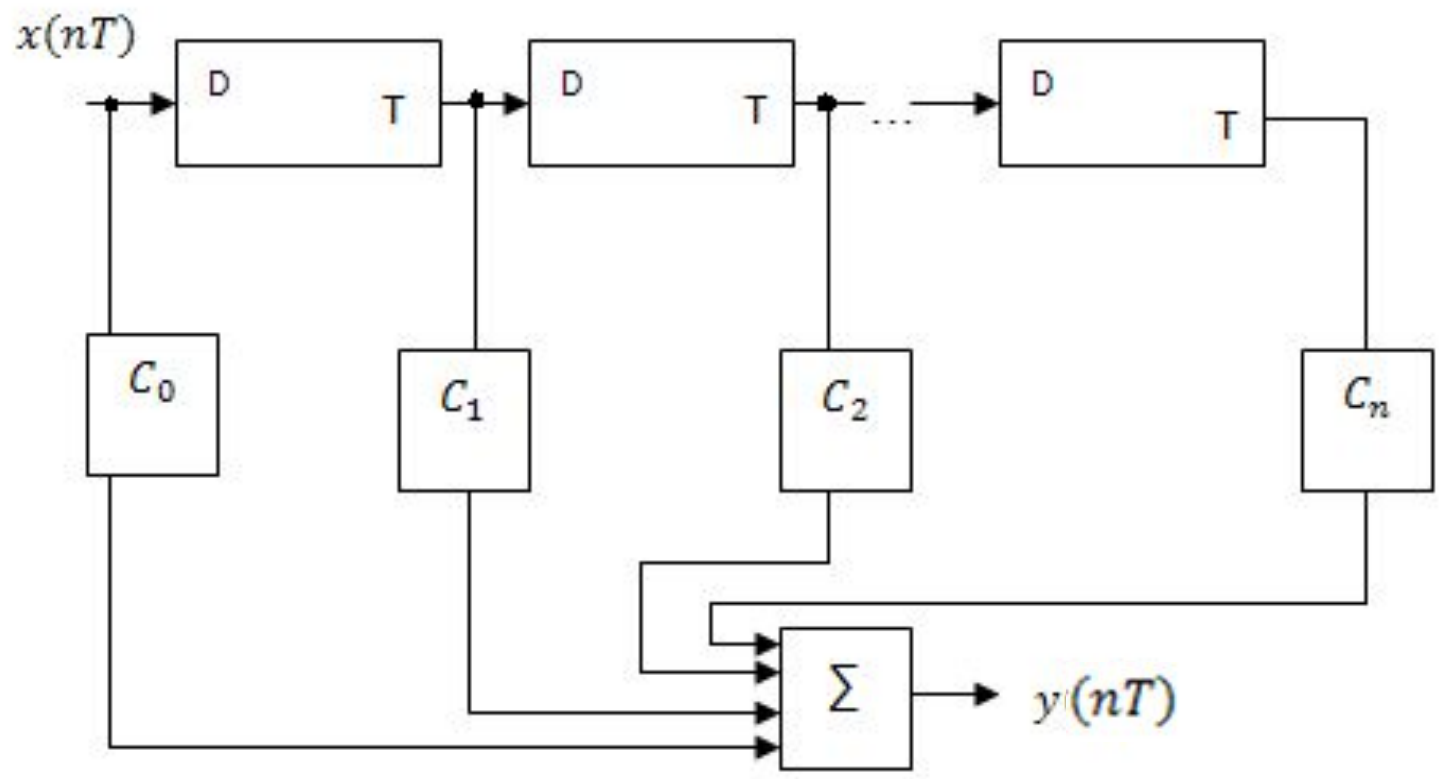
**Рекурсивные.**

где,  $b_l, l=0 \dots L, a_m, m=1 \dots M$  – постоянные коэффициенты

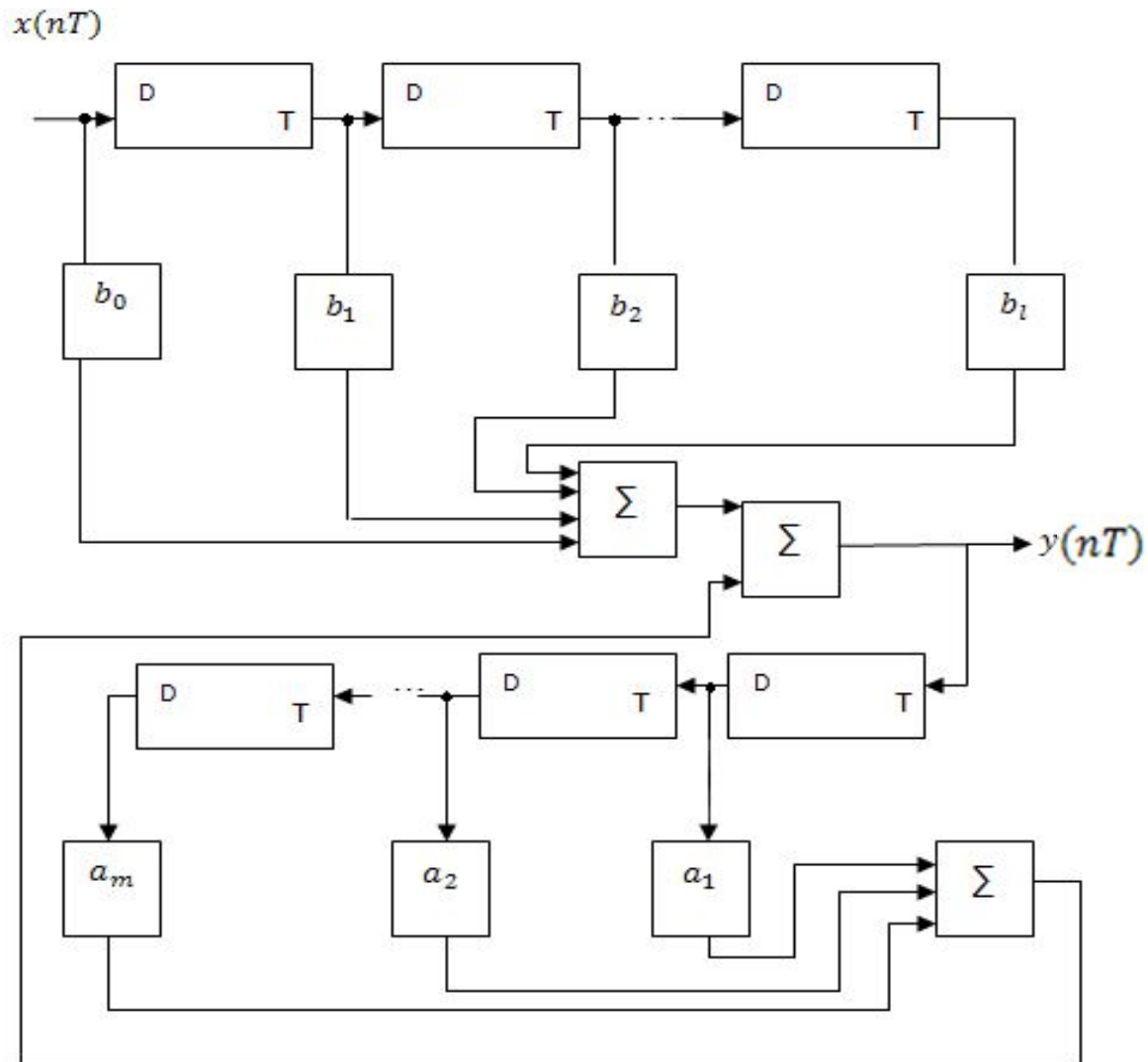


# Функциональные схемы цифровых фильтров.

Функциональная схема нерекурсивного цифрового фильтра:



# Функциональная схема рекурсивного цифрового фильтра:

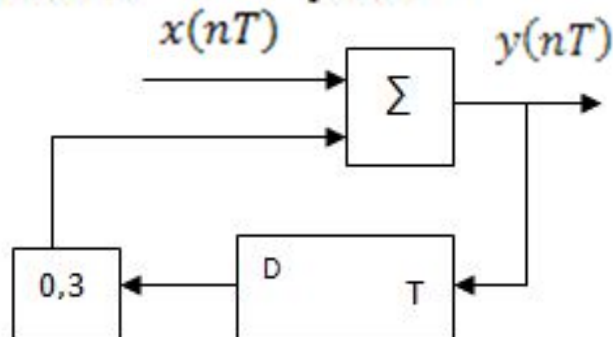


Пример. Составить функциональную схему цифрового фильтра, реализующего

АЛГОРИТМ:  

$$y(nT) = 0,3 \cdot y(nT - T) + x(nT)$$

1



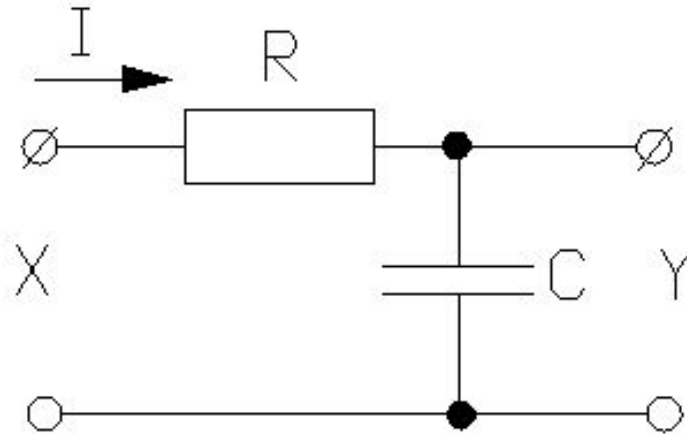
$$y(nT) = 0,6 \cdot x(nT - T) + x(nT) + 0,2 \cdot y(nT - 2T)$$

2) 
$$y(nT) = 0,8 \cdot x(nT - 2T) + y(nT - T) + 0,3 \cdot y(nT - 3T)$$

3) 
$$y(nT) = 0,6 \cdot x(nT) + x(nT - 3T) + 0,2 \cdot y(nT - 2T)$$

4) 
$$y(nT) = 0,6 \cdot x(nT) + x(nT - 3T) + 0,2 \cdot y(nT - 2T)$$

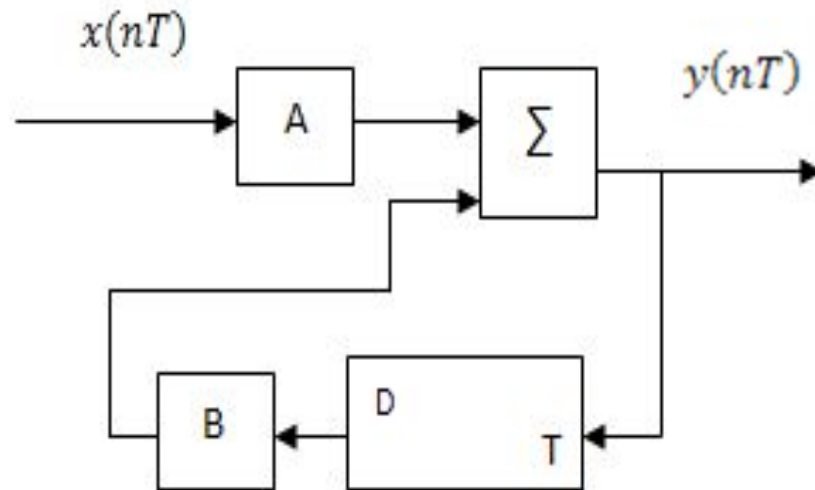
# Синтез цифровых фильтров.



$$\begin{cases} X = I \cdot R + Y \\ Y = C \frac{dY}{dt} \end{cases} ; \quad X = R \cdot C \frac{dY}{dt} + Y; \quad \tau = R \cdot C$$

# Алгоритм фильтрации:

$$Y(nT) = A \cdot X(nT) + B \cdot Y(nT - T)$$



# Способы реализации цифровых фильтров:

- 1) схемный;
- 2) программный.

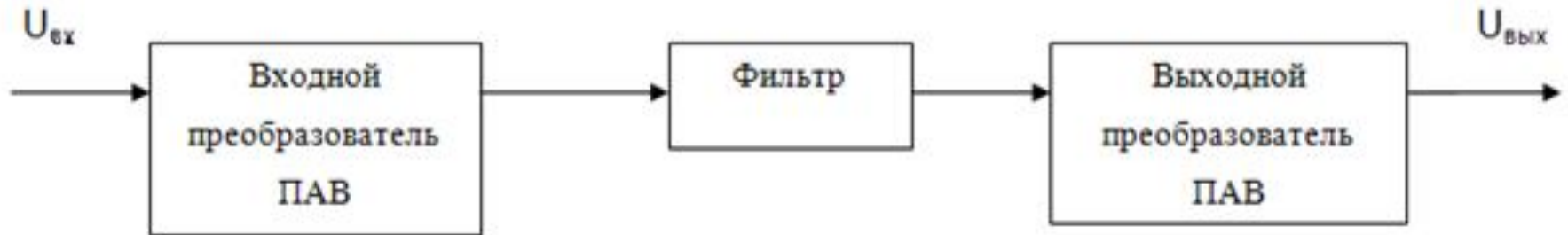
## Достоинства ЦФ:

- 1) высокая стабильность;
- 2) точность;
- 3) компактность;
- 4) надежность.

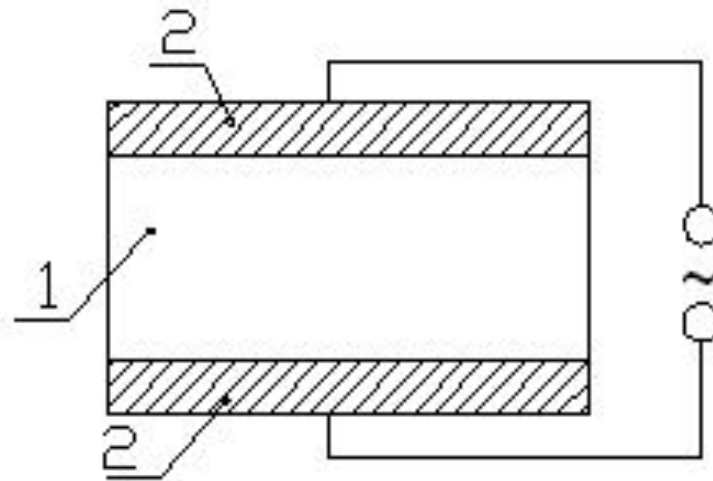
## Недостатки ЦФ:

- 1) наличие, по сравнению с аналоговыми фильтрами, специфических погрешностей, обусловленных дискретизацией и квантованием сигналов;
- 2) сложность и высокая стоимость.

# Фильтры на ПАВ.

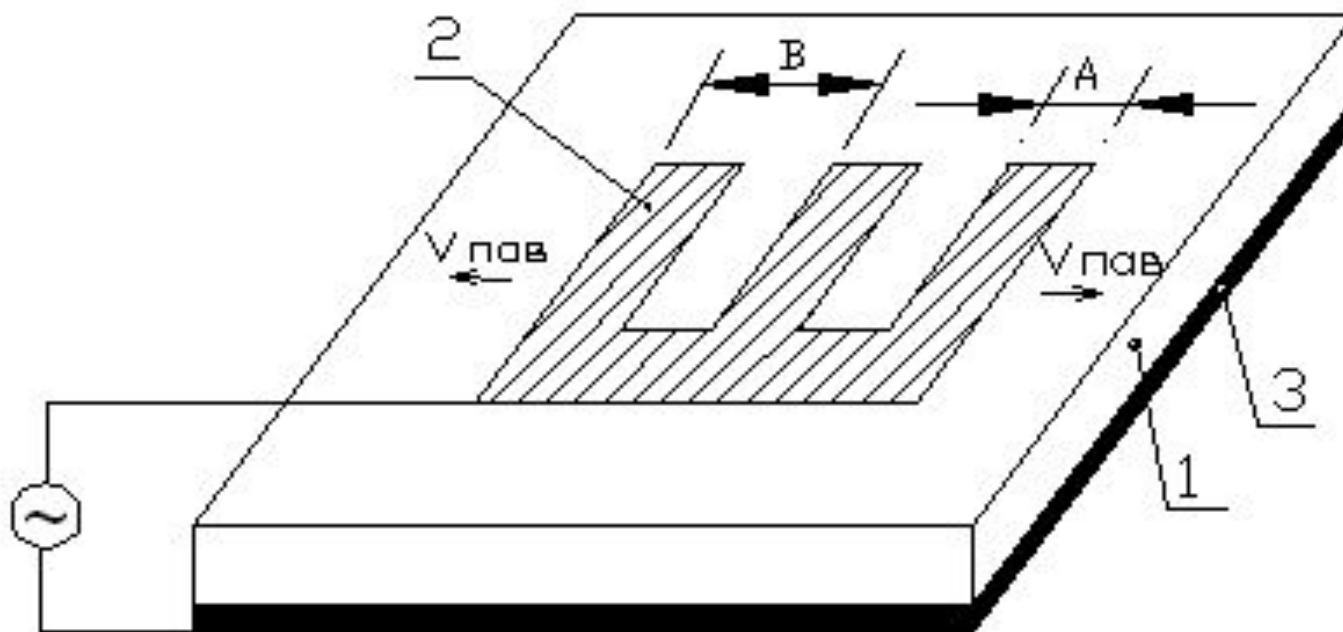


# Преобразователь ПАВ.

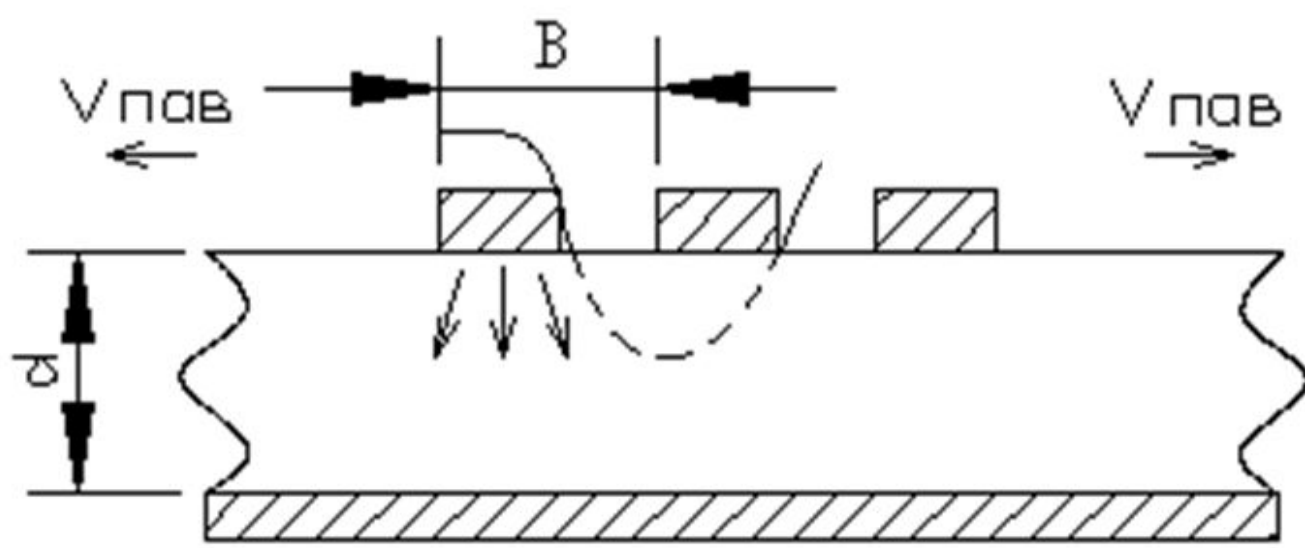


# Виды преобразователей ПАВ.

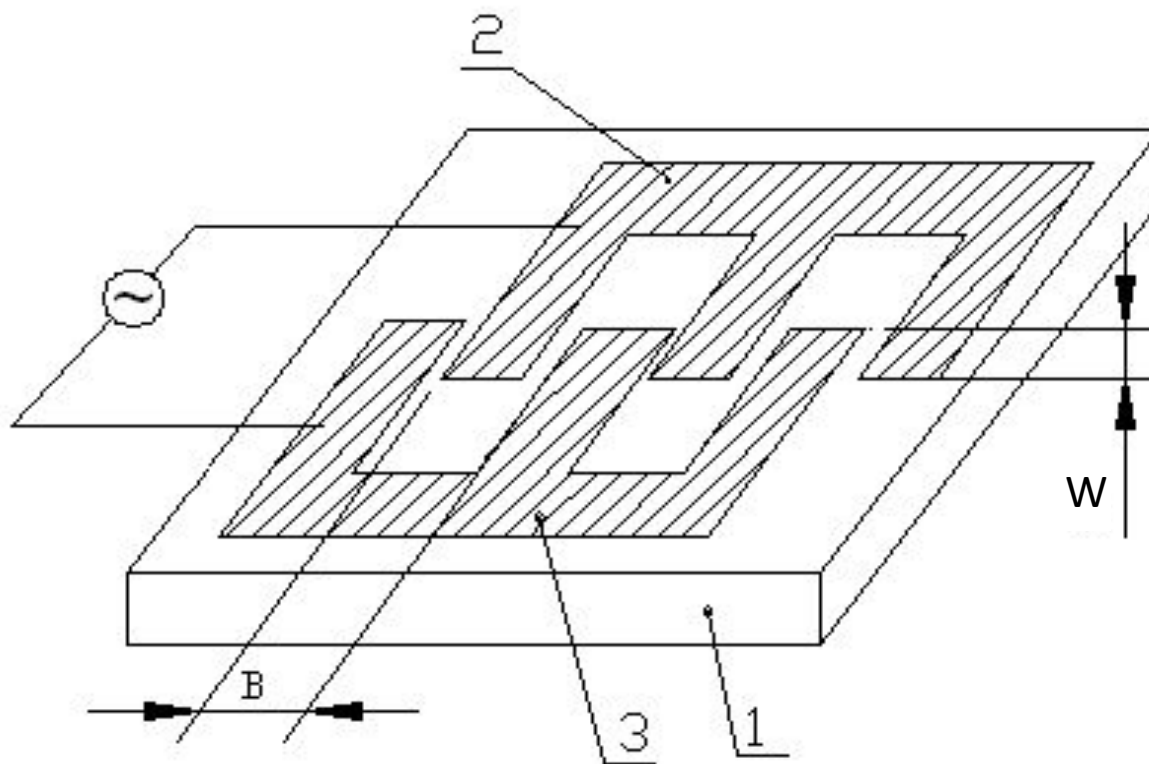
## 1. Однофазный преобразователь



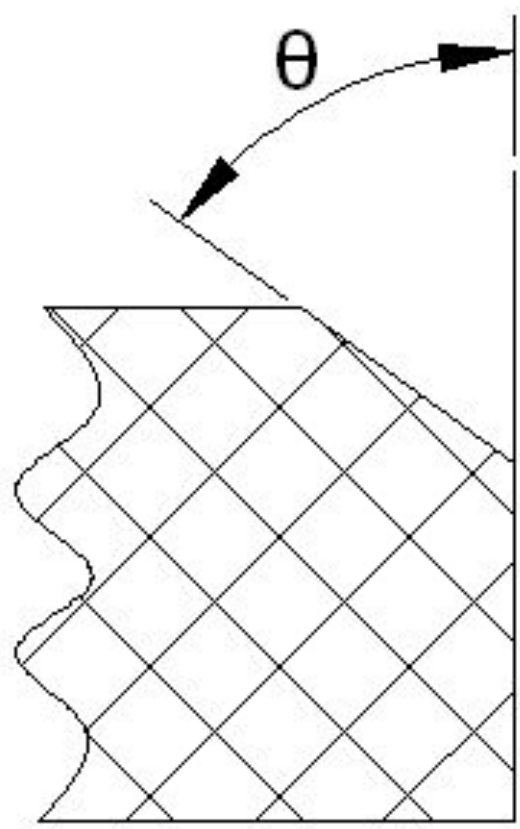




## 2. Встречно-штыревой преобразователь ПДР.



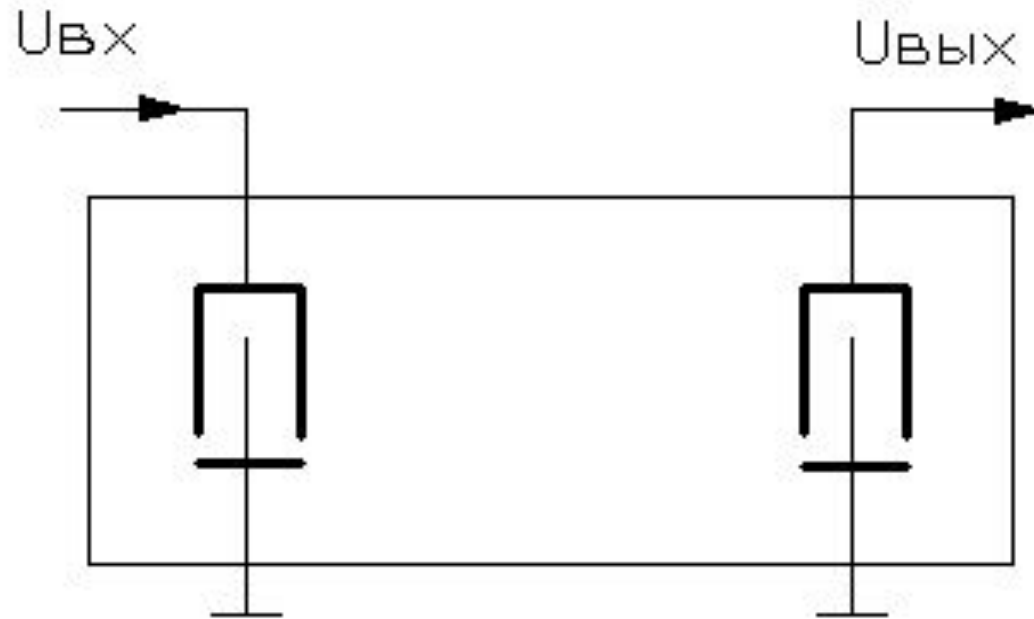
$$\theta = \text{arctg}0.5$$



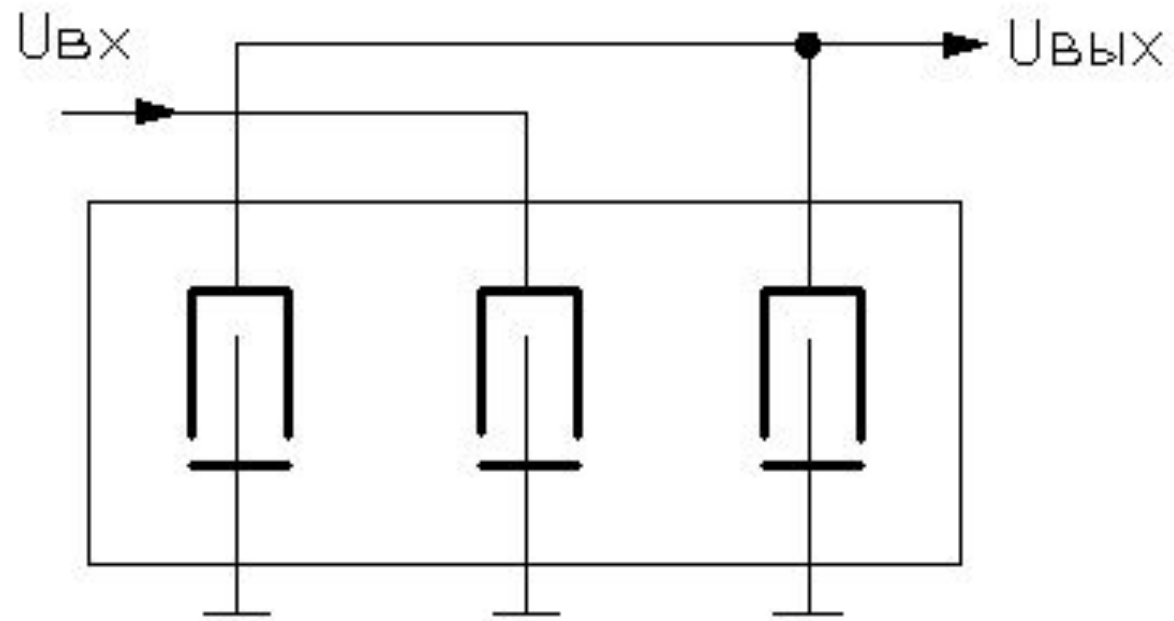
## Разновидности ВШП:

- 1) эквидистантный;
- 2) неэквидистантный;
- 3) неаподизованный;
- 4) аподизованный.

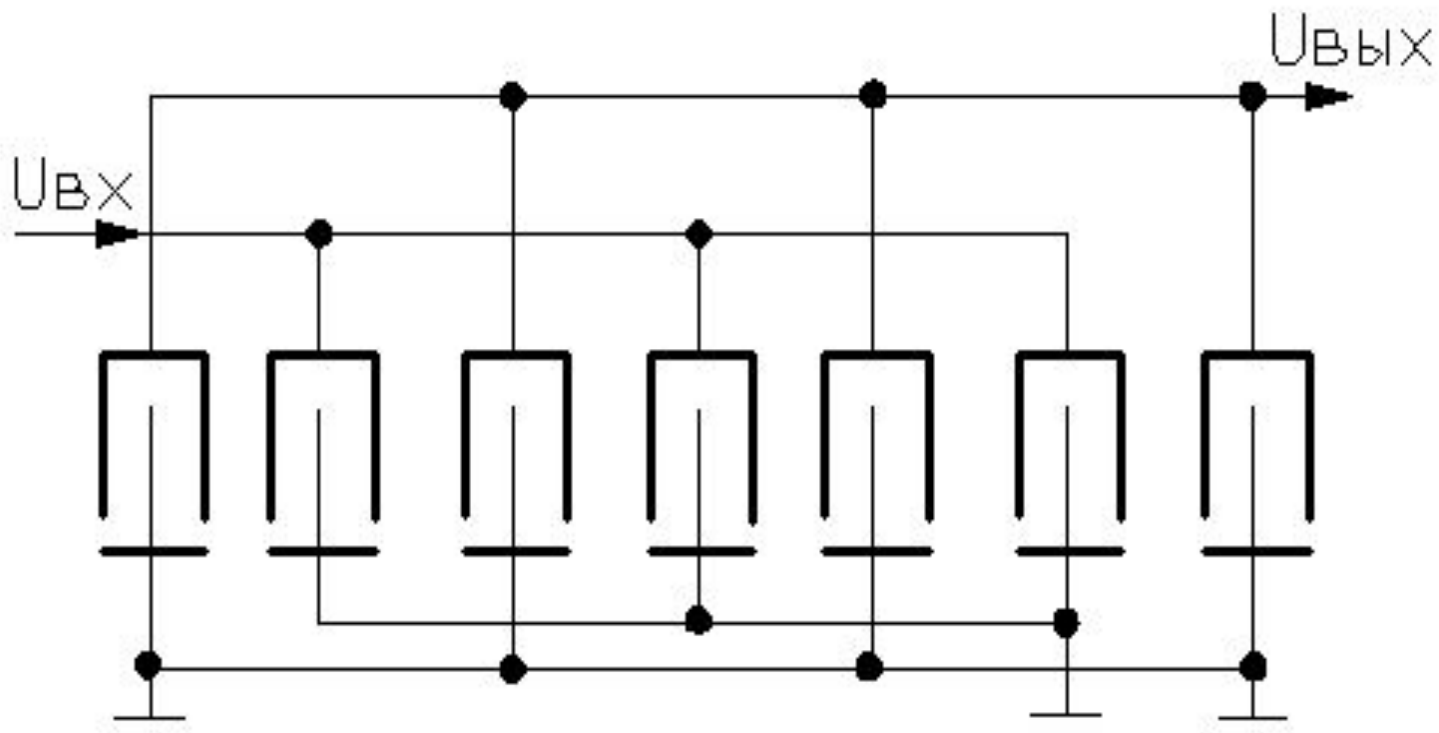
# Конструкции фильтров на ПАВ.



# Базовая конструкция:



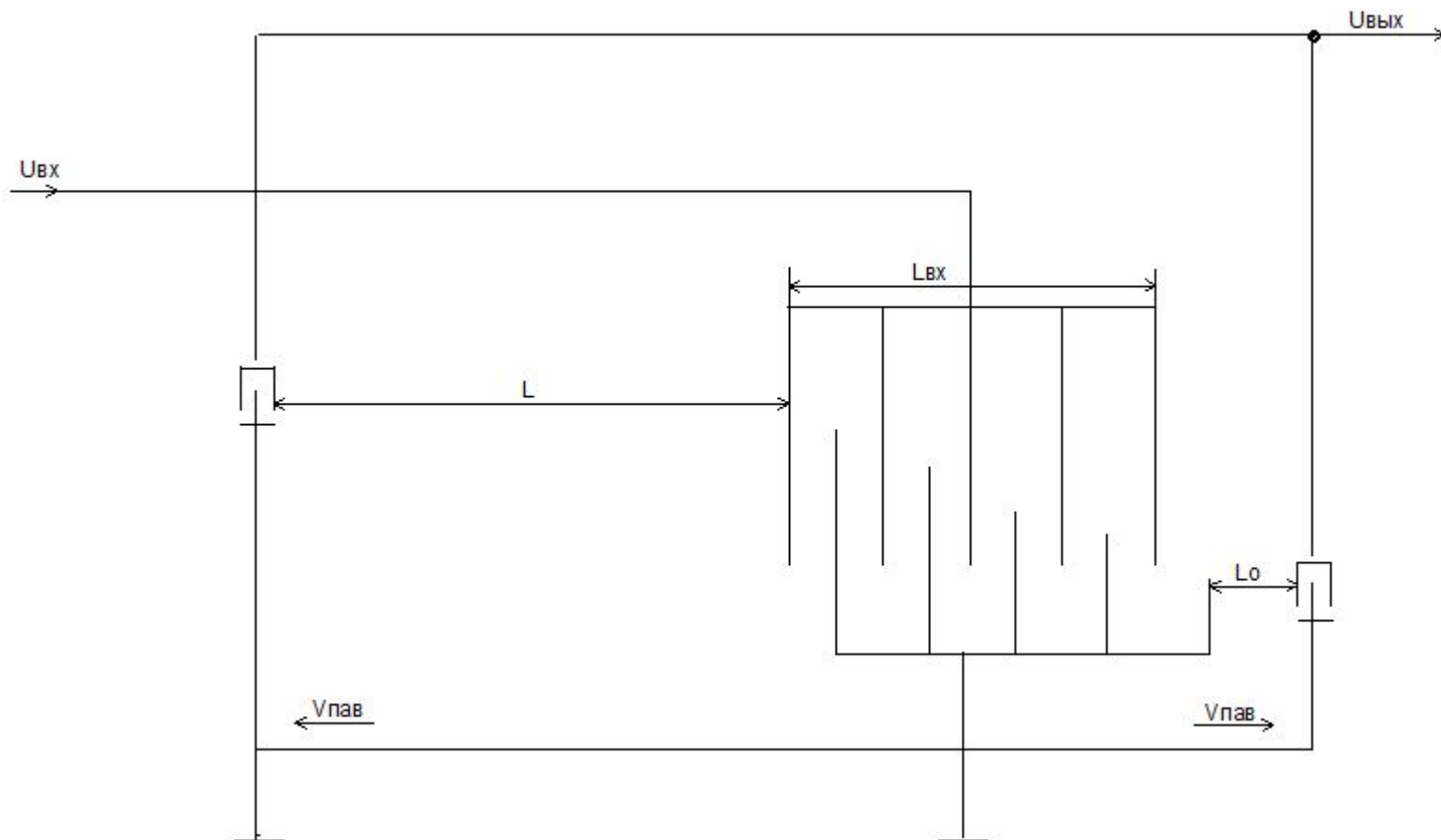
# Фильтры с вложенной многоэлементной структурой:



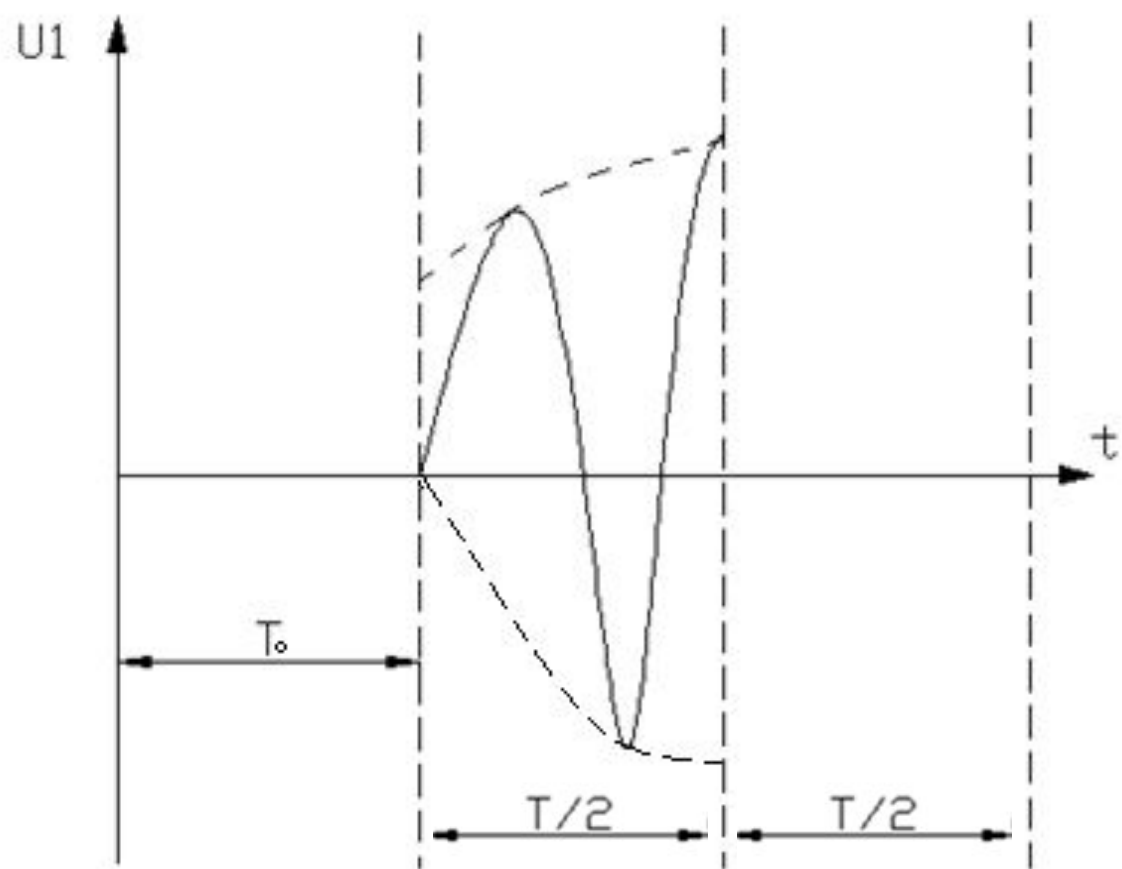
# Аподизация фильтров на ПАВ.

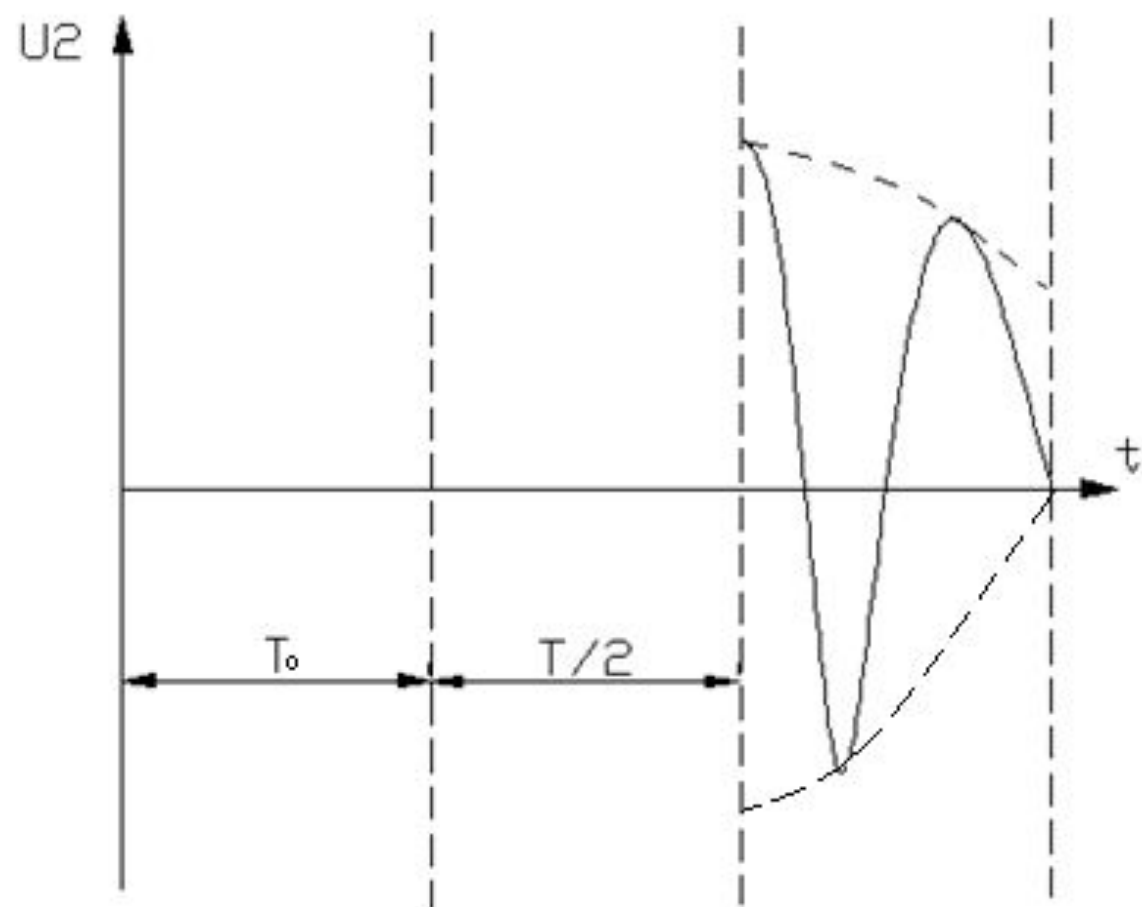
## Методы аподизации:

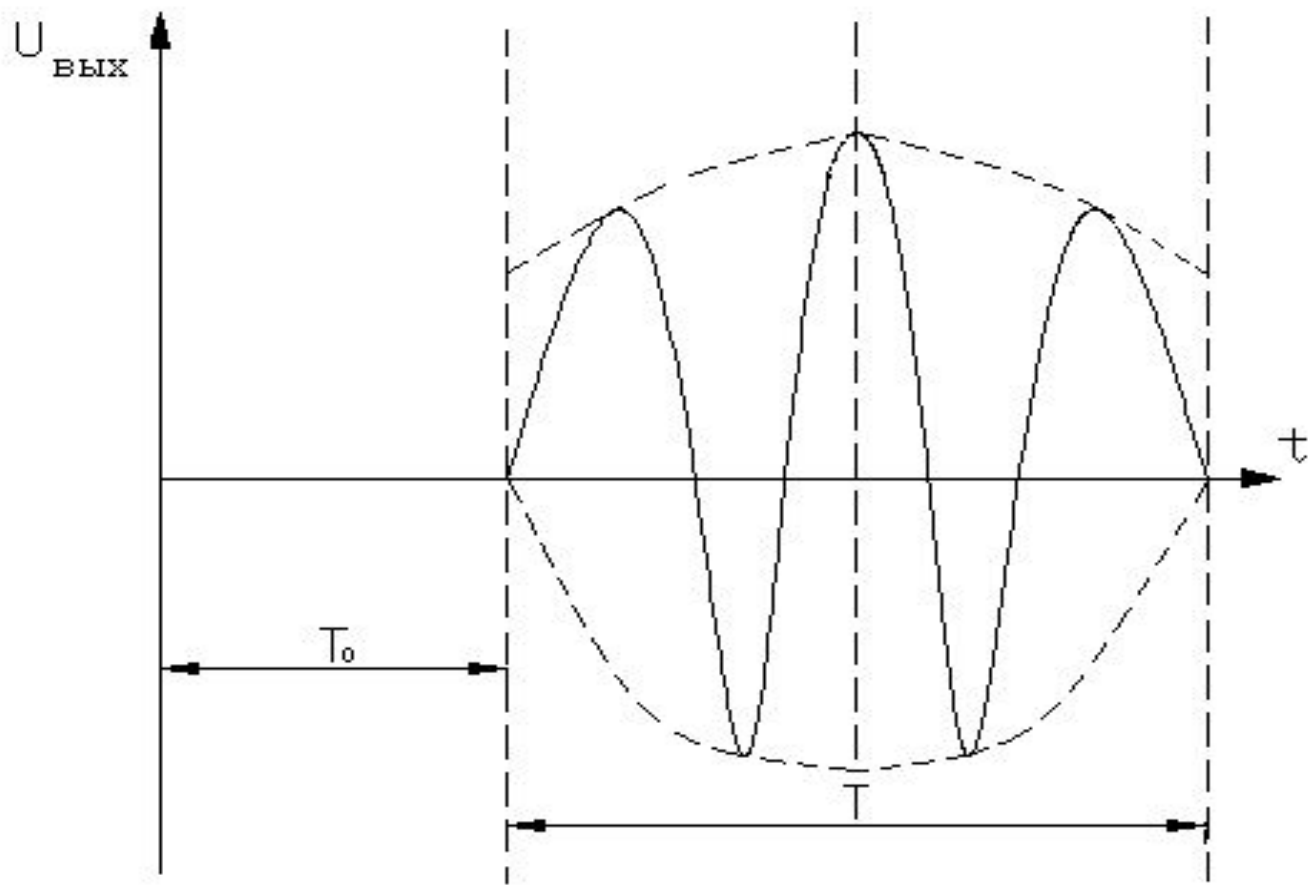
- 1) внешнее взвешивание;
- 2) непосредственное взвешивание;











# Основные этапы конструирования фильтров на ПАВ.

1. Выбор материала звукопровода.

**Используемые материалы:** ниобат лития, танталат лития, кварц, германат висмута.

**Толщина подложки** -  $d=20 \lambda_{\text{ПАВ}}$ .

2. Выбор топологии ВШП.

3. Выбор материала для металлизации.

## **Основные требования к материалам:**

1) минимальное электрическое сопротивление;

2) высокая адгезия;

3) коррозионная стойкость;

4) стабильность физико-химических свойств.

4. Выбор корпуса для фильтра.

# Этапы изготовления фильтров на ПАВ.

1. Изготовление звукопроводов.

**Включает следующие операции:**

- 1) ориентация кристалла;
- 2) общая шлифовка кристалла;
- 3) шлифовка рабочей поверхности;
- 4) полировка рабочей поверхности

2. Металлизация рабочей поверхности звукопровода.

### 3. Фотолитография.

#### **Включает следующие операции:**

- 1) нанесение на подложку фоторезиста;
- 2) совмещение фотошаблона с подложкой и экспонирование фоторезиста;
- 3) получение изображения на фоторезисте;
- 4) формирование изображения ВШП;

# Линии задержки. Классификация.

## Основные параметры. Основные параметры линии

### задержки:

#### 1. Время задержки.

##### Интервалы времени задержки:

- 1) наносекундный ( $10^{-10} \dots 10^{-7}$ )с;
- 2) микросекундный ( $10^{-7} \dots 10^{-4}$ )с;
- 3) миллисекундный ( $10^{-4} \dots 10^{-2}$ )с.

#### 2. Затухание сигнала в линии задержки.

#### 3. Полоса пропускания линии задержки.

4. Температурная стабильность времени задержки.

$$\alpha_{\tau \Delta T} \leq (150 \dots 300) \cdot 10^{-6} \text{ 1/град.}$$

5. Относительный уровень ложных сигналов.

6. Габариты и вес линии задержки.

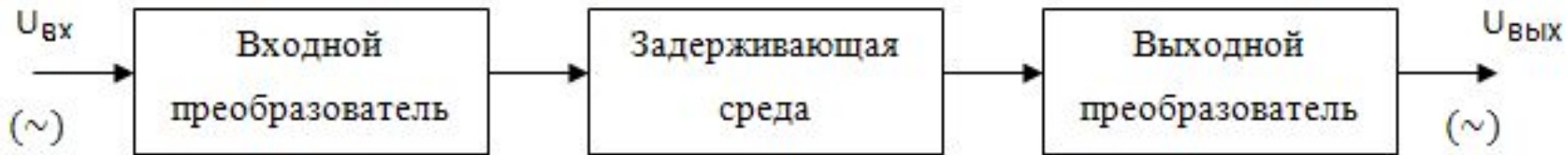


## Типы линий задержек:

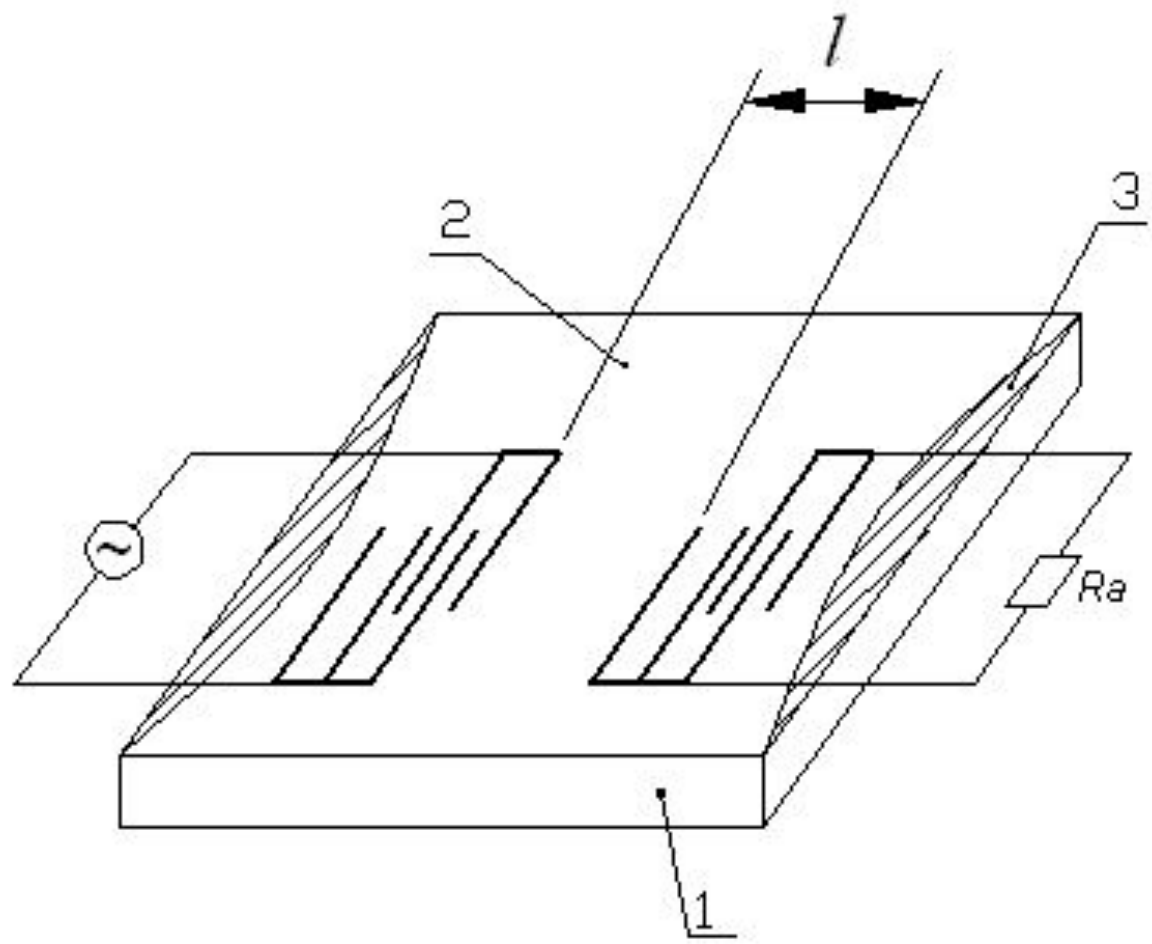
- 1) электрические ЛЗ(с сосредоточенными и распределенными параметрами);
- 2) ультразвуковые ЛЗ;
- 3) ЛЗ на ПАВ;
- 4) ЛЗ на приборах с зарядовой связью.

Время задержки:  $\tau_z = \frac{l}{v}$

# Линии задержки на ПАВ.



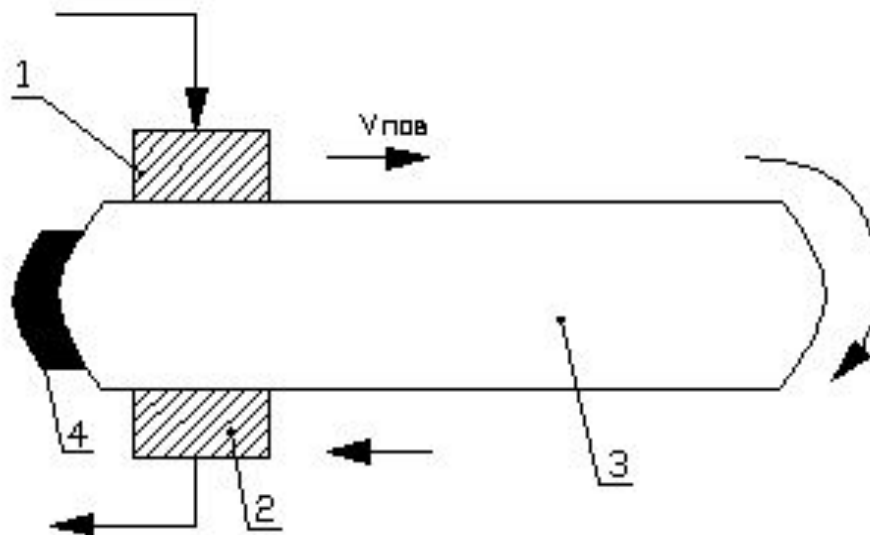
- 1) большой диапазон задержки (0.0001...1) мс;
- 2) полная интегральность конструкции;
- 3) низкие потери (10...30)дБ.

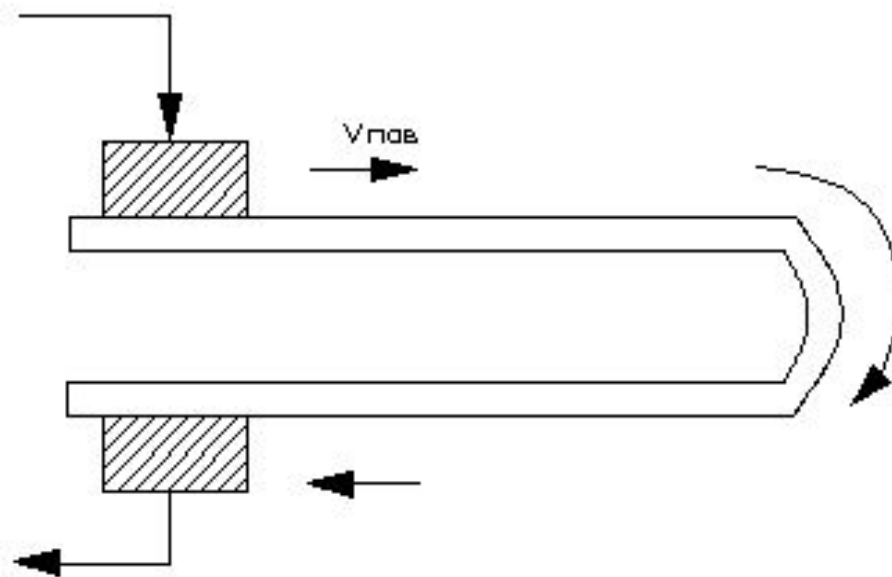
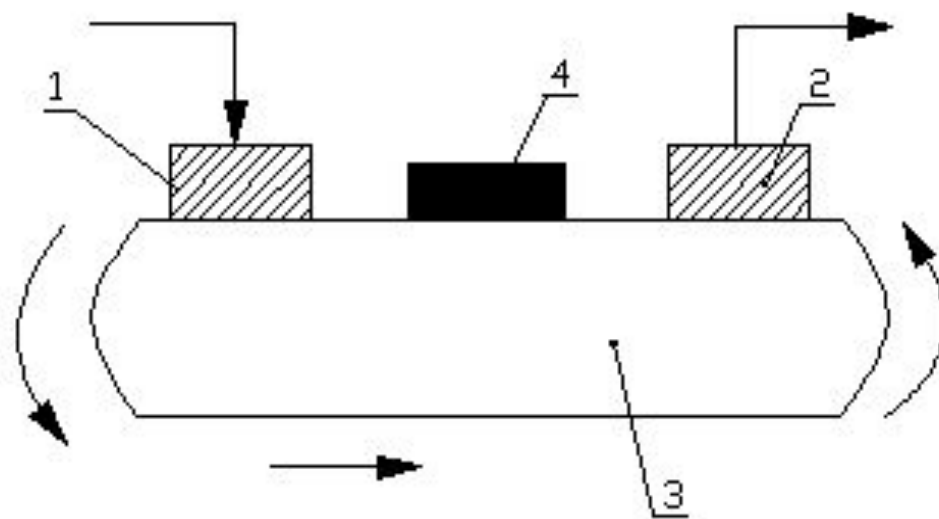


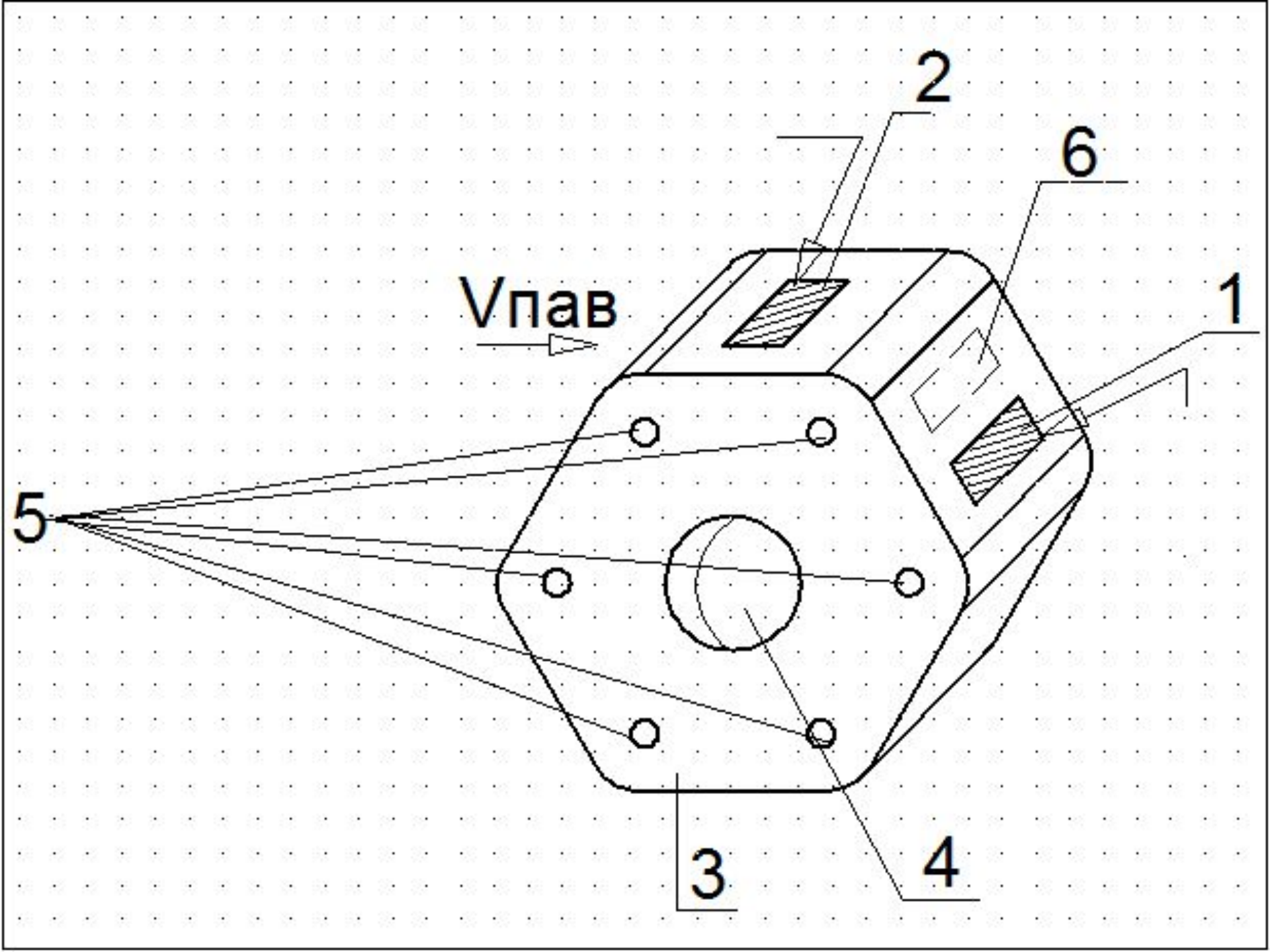
# Конструкция линии задержки на ПАВ.

1) Линии со средним временем задержки  $\tau_3 \leq 100 \text{ мкс}$  .

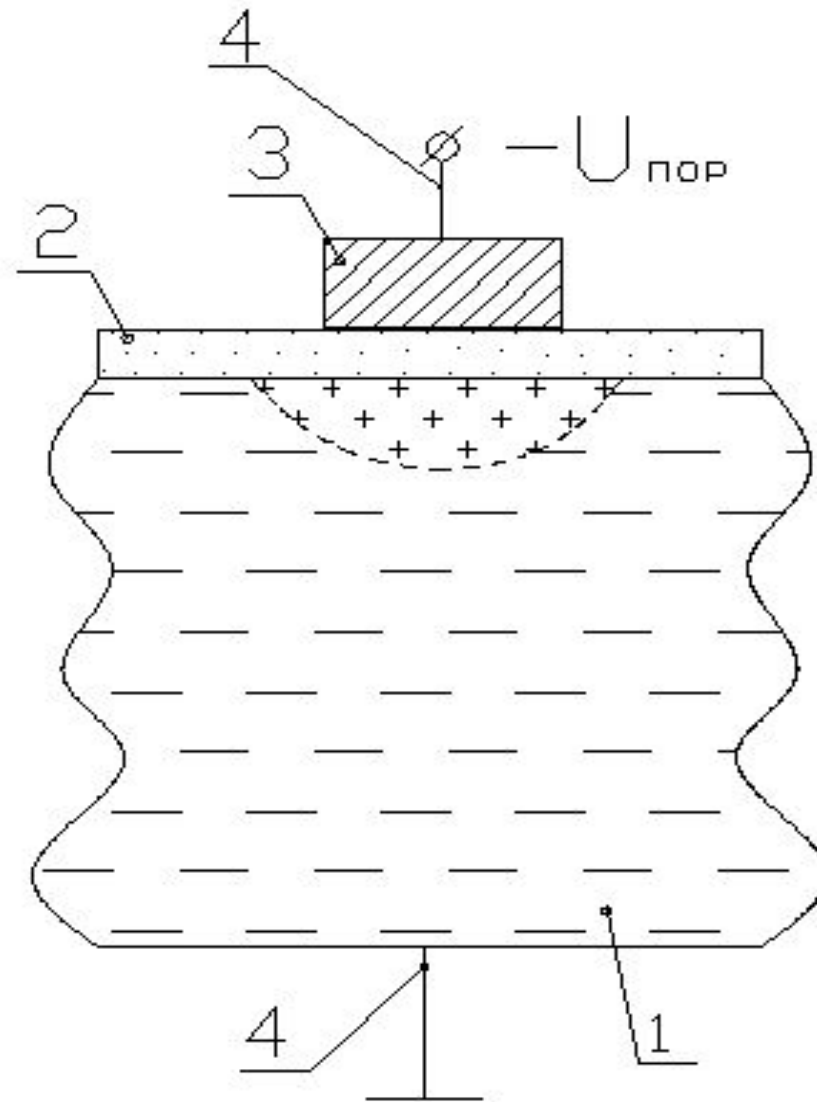
2) Линии с большим временем задержки  $\tau_3 > 100 \text{ мкс}$  .



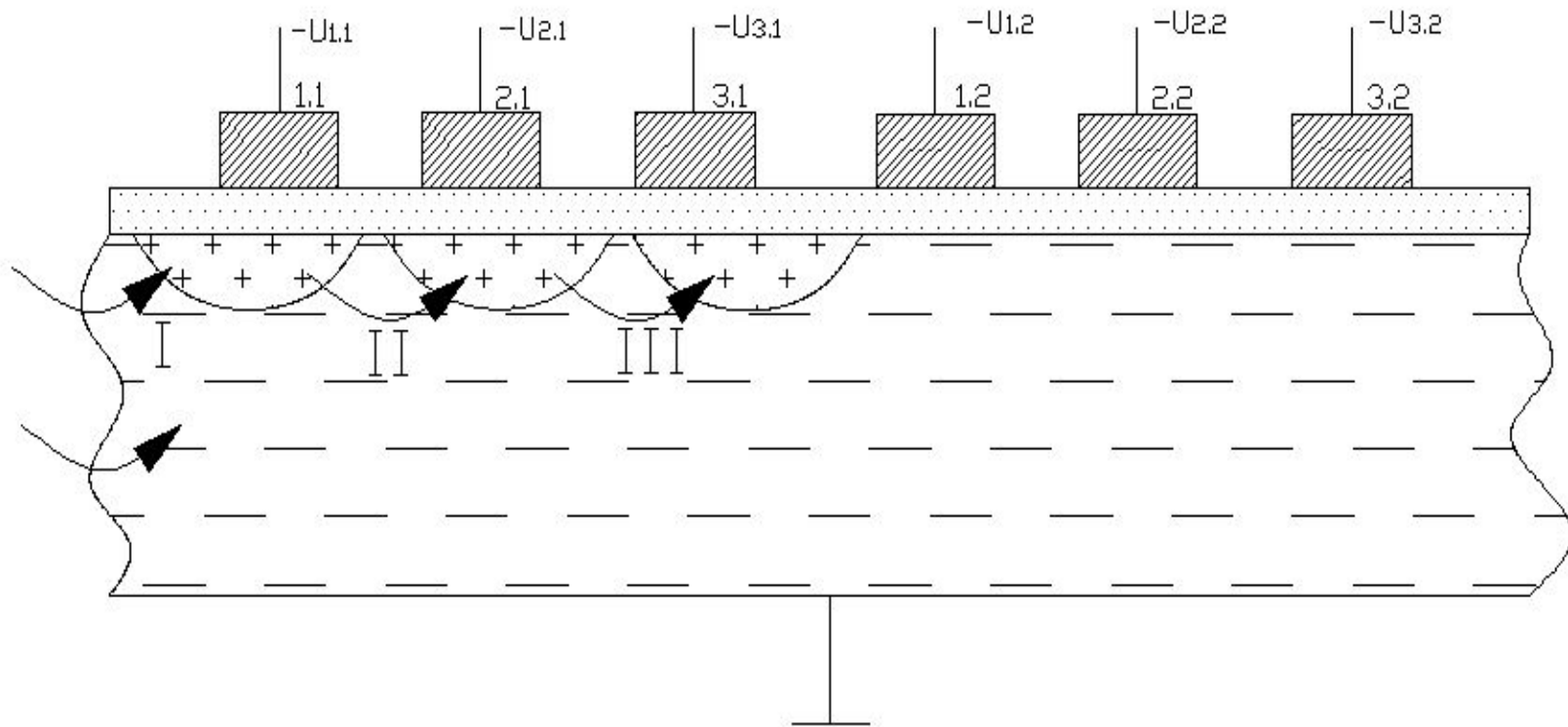




# Фильтры на приборах с зарядовой связью



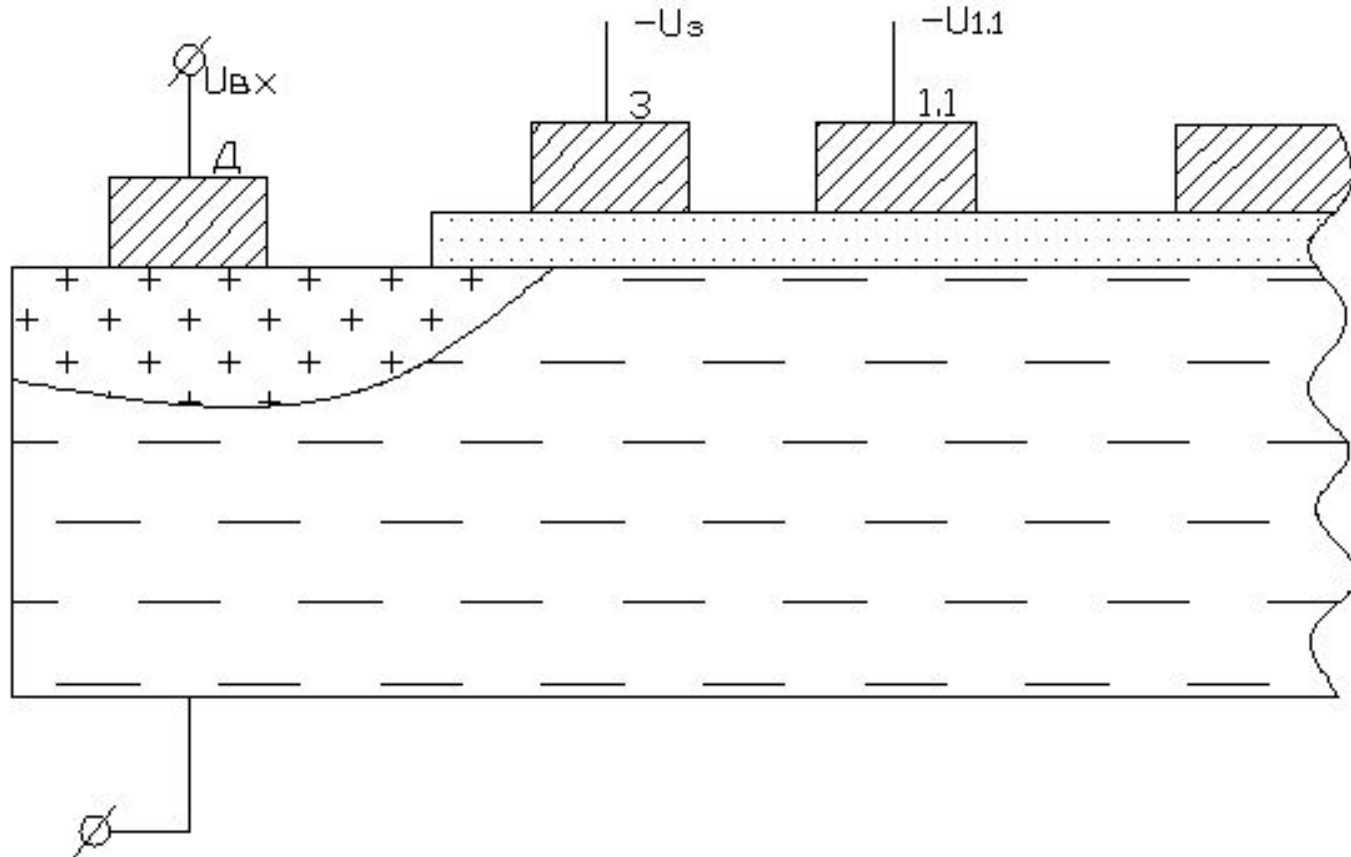
# Структура ПЗС.



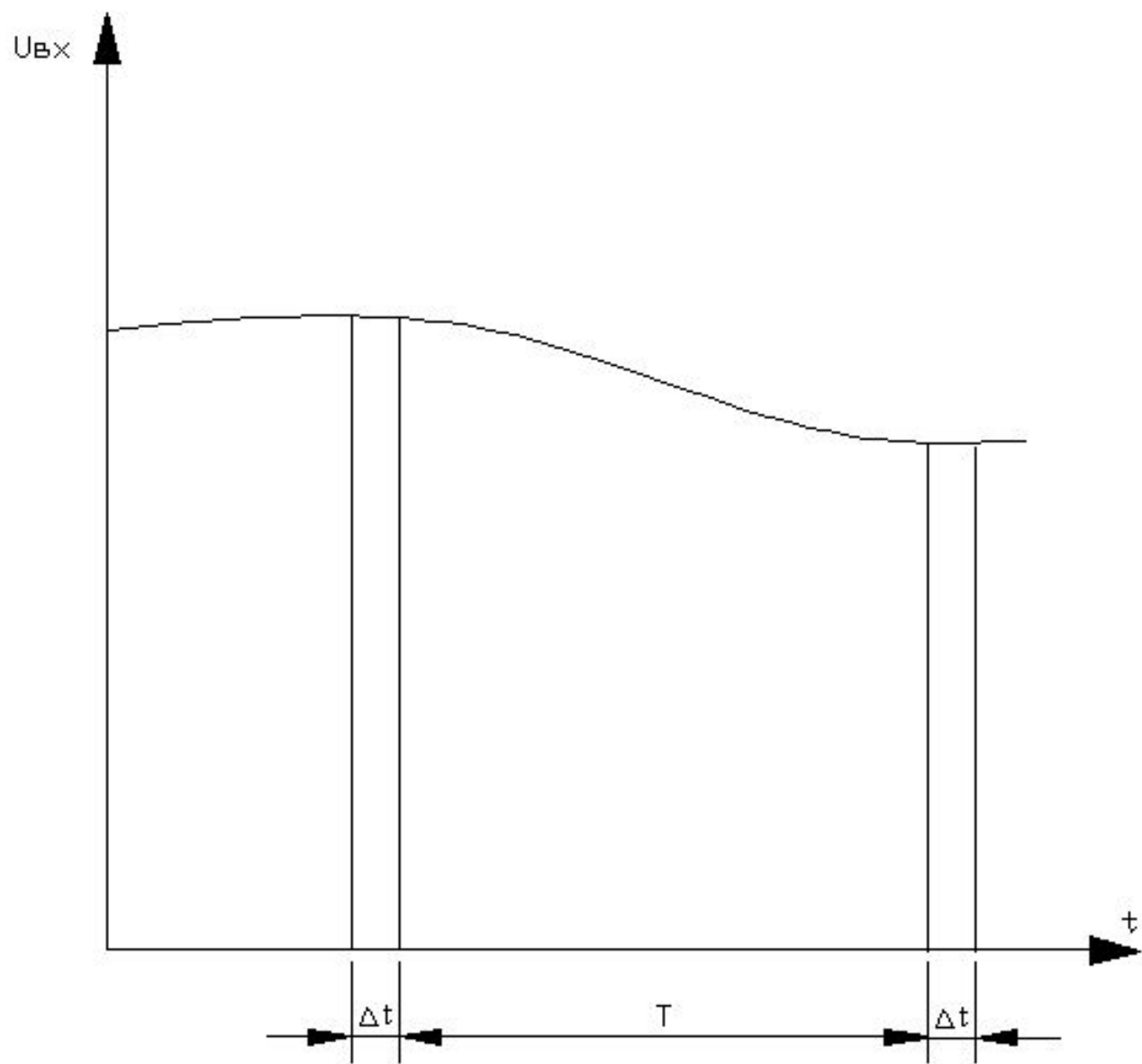
$$|U_{1.1}| > |U_{пор}|$$



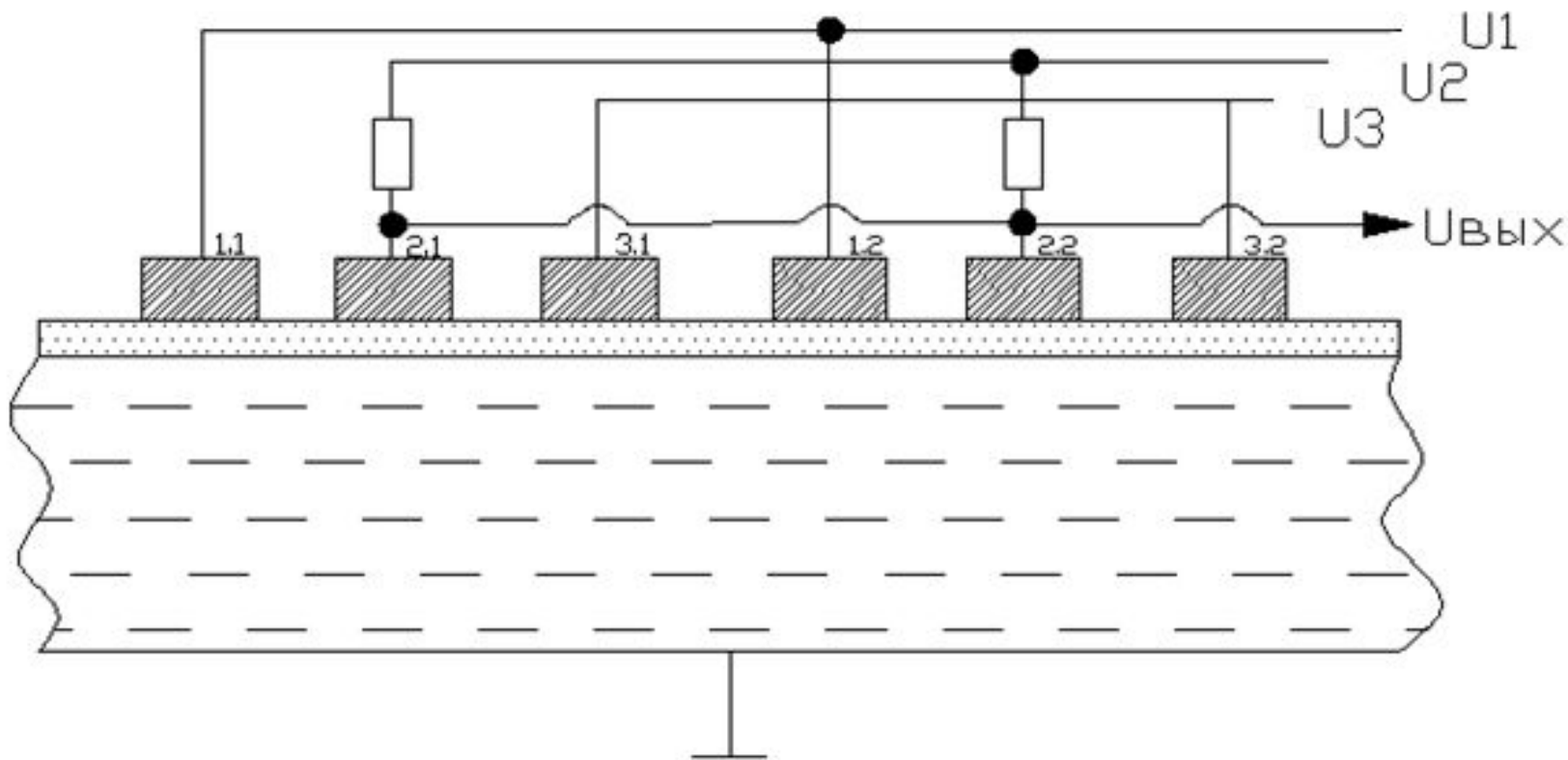
# Ввод информации в линейку ПЗС.

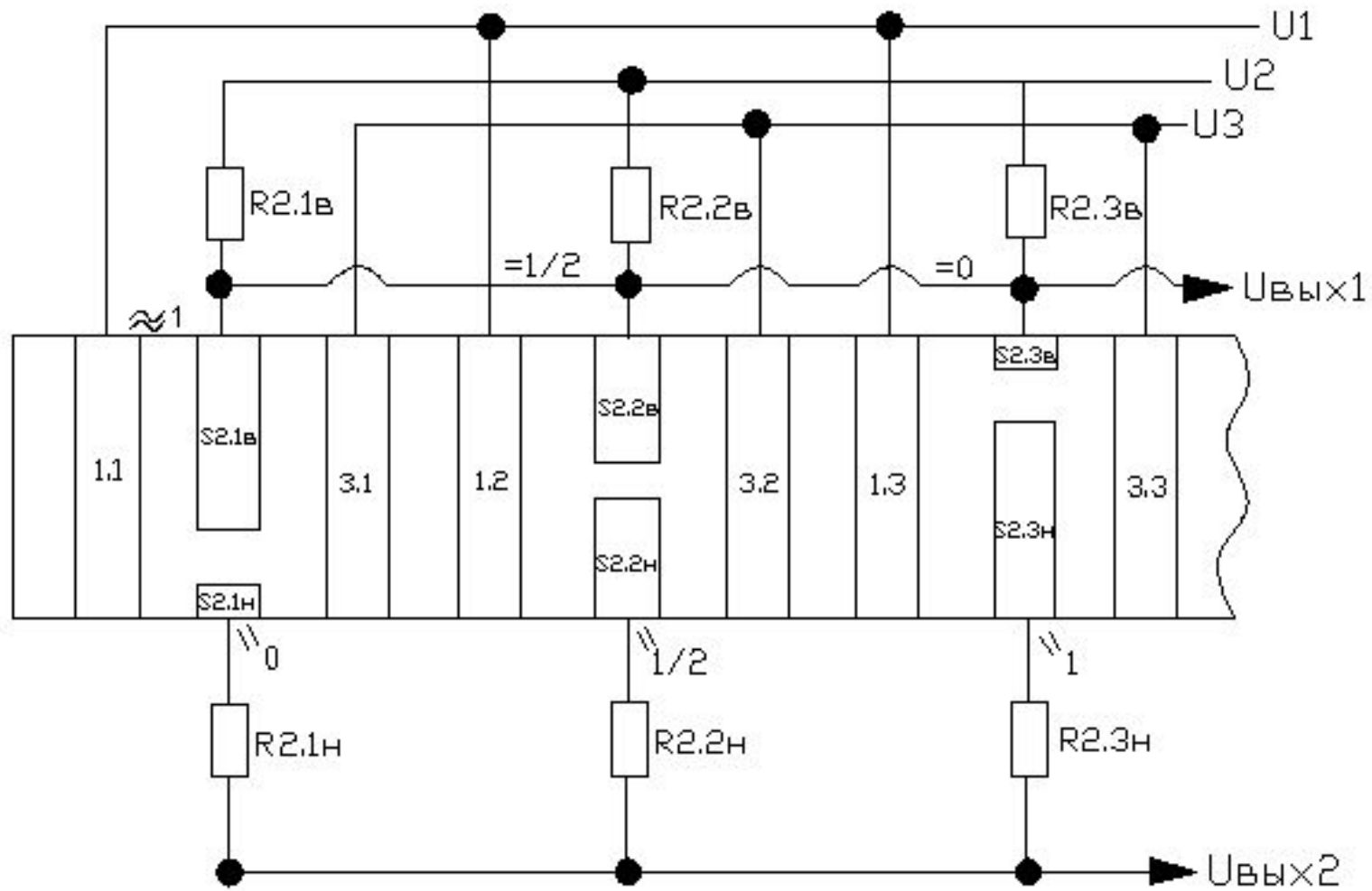


$$|U_{1.1}| > |U_3|$$



# Снятие информации в устройствах на ПЗС.





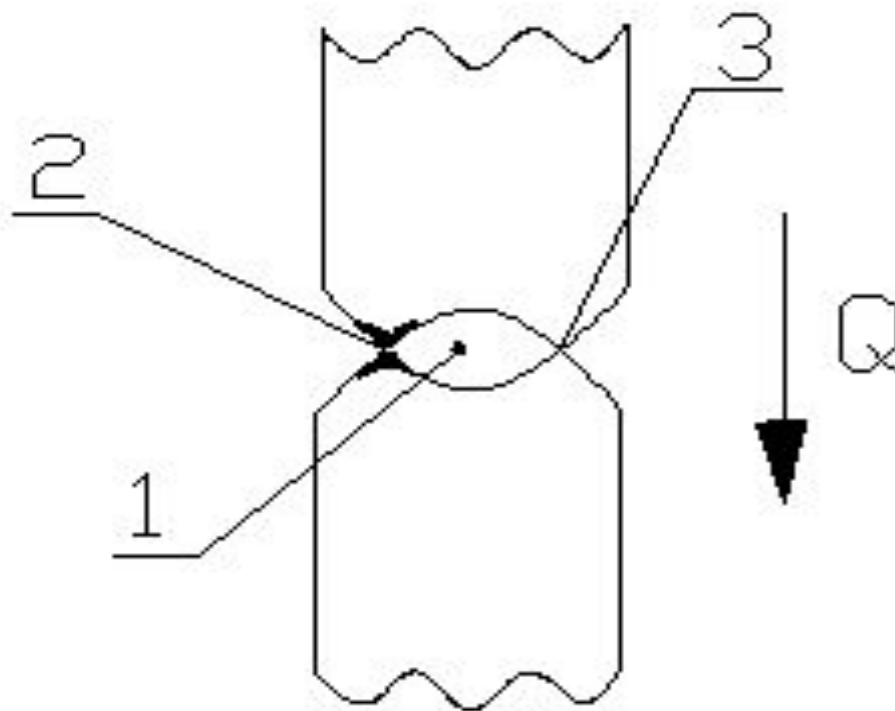
$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вых1}} - U_{\text{вых2}}$$

$$S_{2.2\text{с}} = S_{2.2\text{н}}$$

$$S_{2.1\text{с}} \gg S_{2.1\text{н}}$$

$$S_{2.3\text{с}} \ll S_{2.3\text{н}}$$

# Коммутация.



# Оптроны.

Обобщенная структурная схема оптрона:

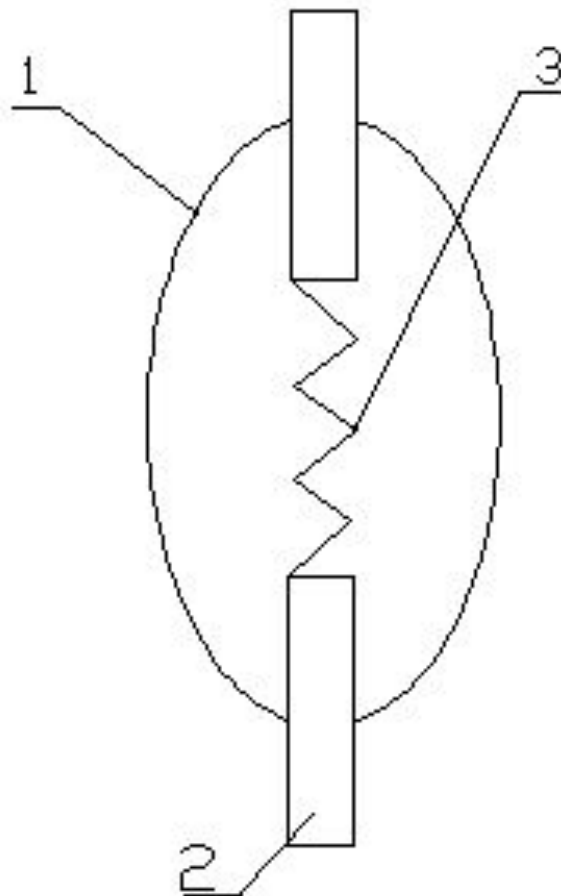


# Основные характеристики оптронов.

- коэффициент передачи  $K_1$ ;
- максимальная скорость передачи информации  $F$ ;
- напряжение ( $U_{разв}$ ) и сопротивление развязки ( $R_{разв}$ );
- переходная емкость ( $C_{разв}$ ).

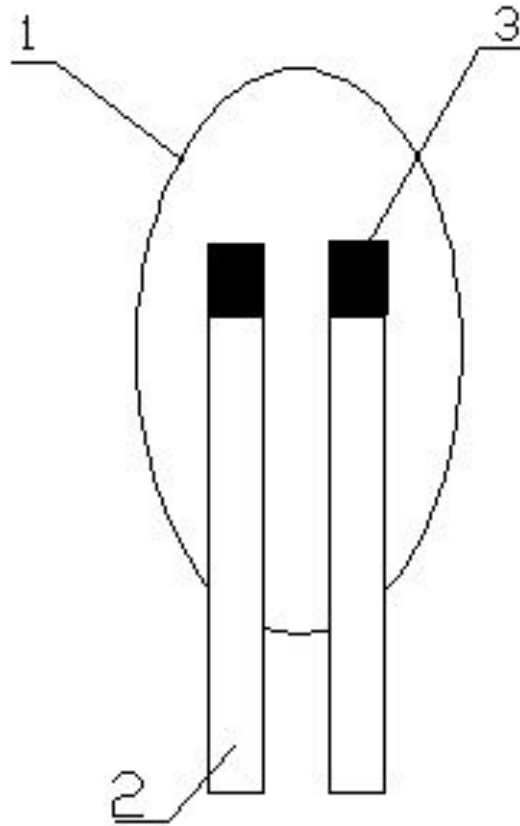
# Устройство оптронов. Виды излучателей.

- 1) Микроминиатюрная лампочка накаливания

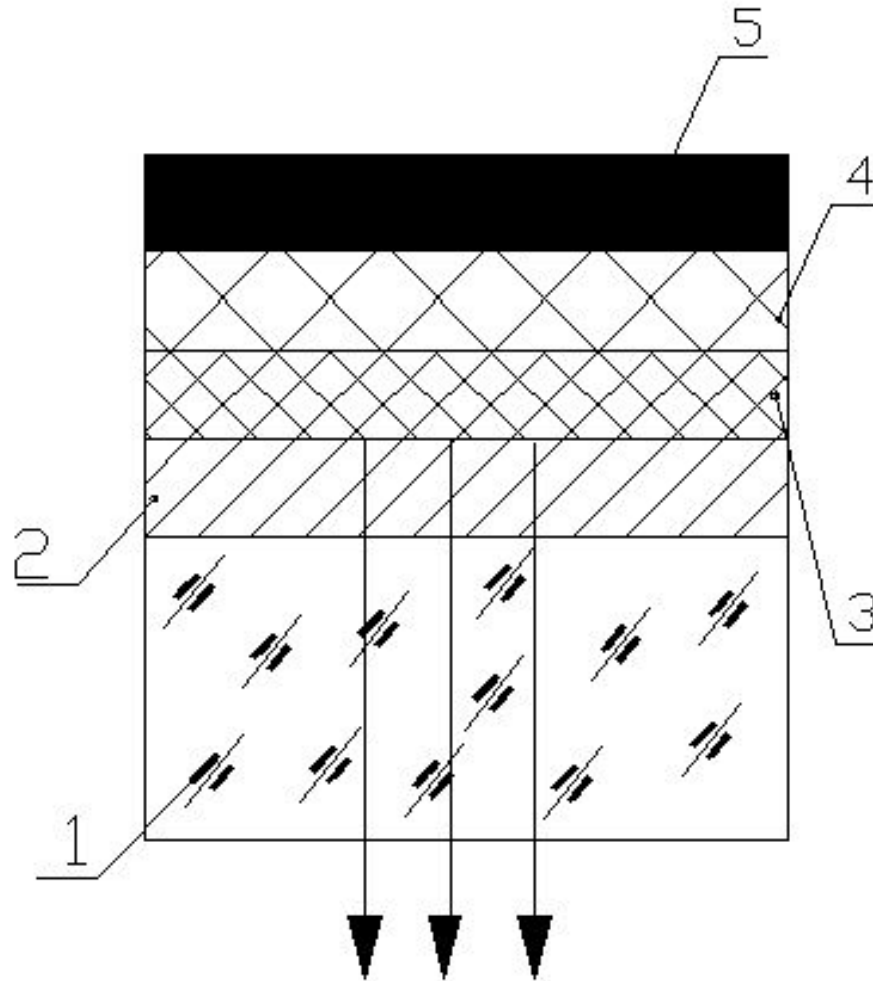




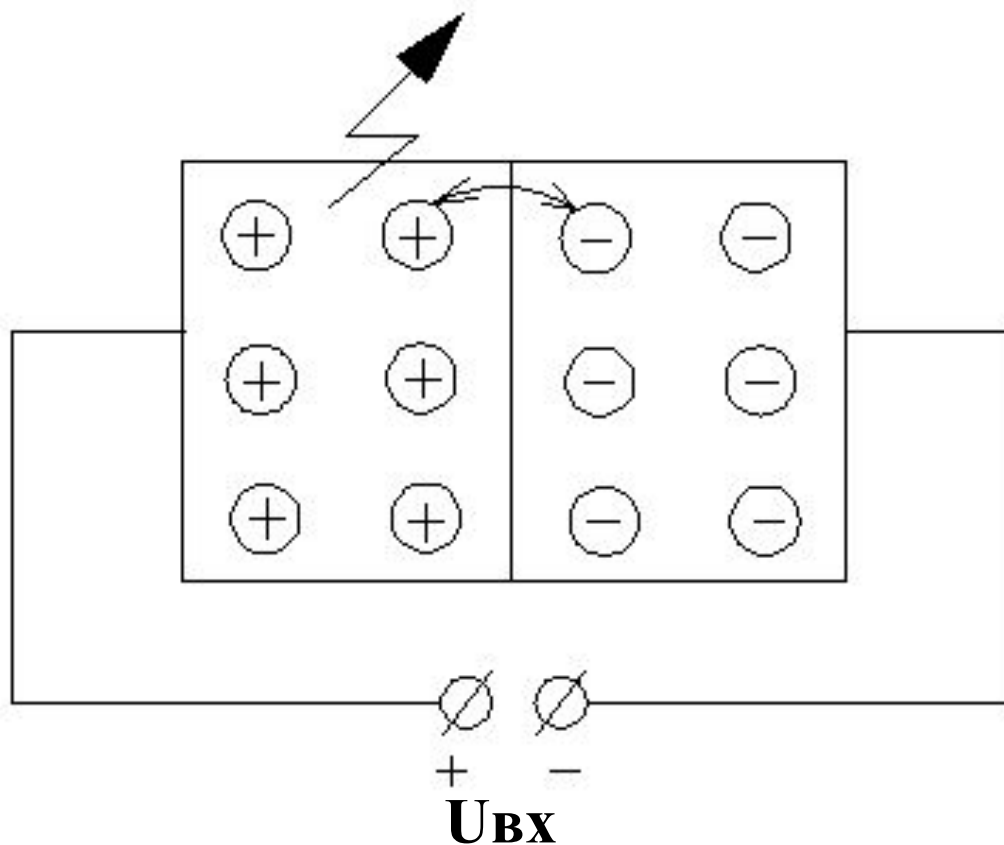
## 2) Неоновая лампочка:



### 3) Порошковая электролюминесцентная ячейка



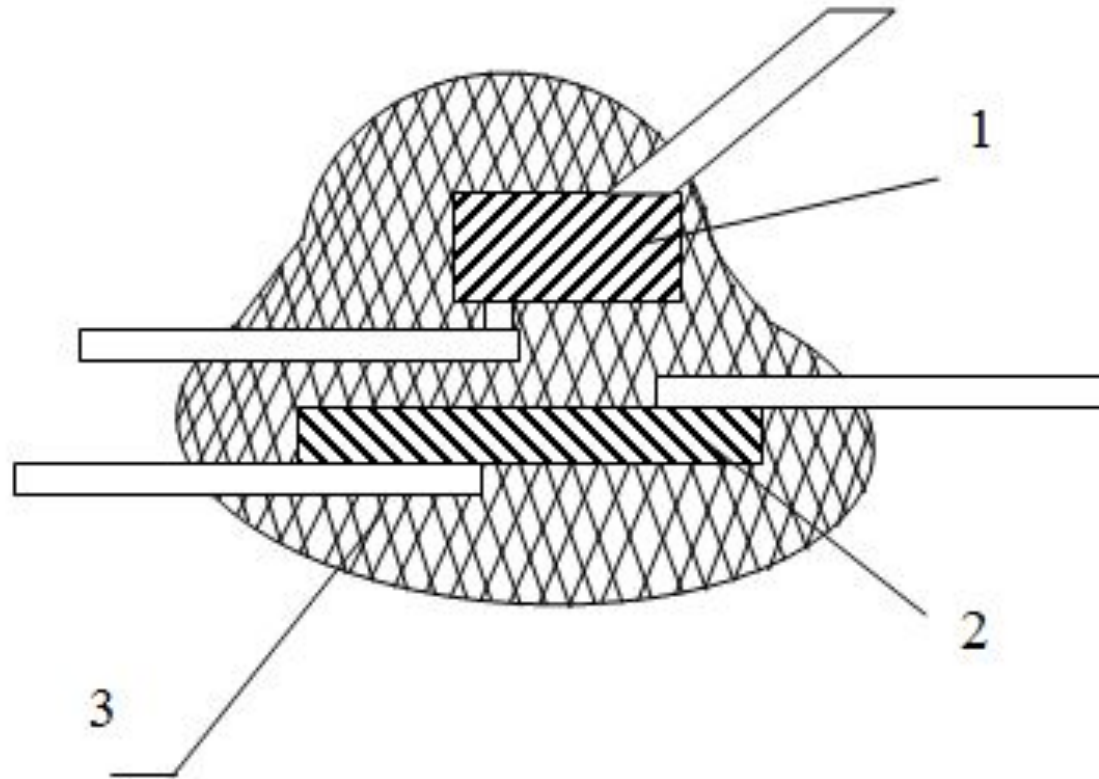
### 3) Полупроводниковый инжекционный светоизлучающий диод:

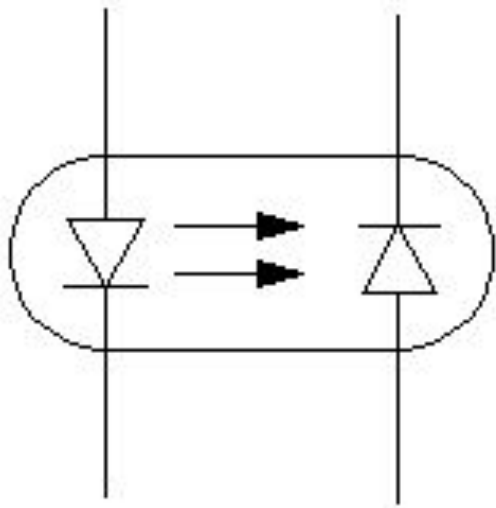


# Фотоприемники.

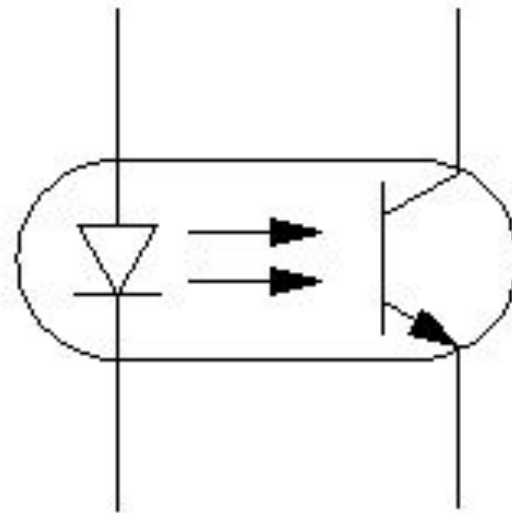
Вид фотоприемника	Быстродействие	Коэффициент внутреннего усиления	Элемент электрической цепи
1. Фотодиод p-n типа	$10^{-6} \dots 10^{-9}$	1	диод
2. Лавинный фотодиод	$10^{-8} \dots 10^{-11}$	$10 \dots 10^3$	диод
3. Фототранзистор	$10^{-5} \dots 10^{-6}$	$10^2$	транзистор
4. Фототиристор	$10^{-4} \dots 10^{-1}$	-	пороговый элемент
5. Фоторезистор	$10^{-3} \dots 10^{-1}$	$10^4 \dots 10^6$	управляющий резистор

# Конструкция оптронов.

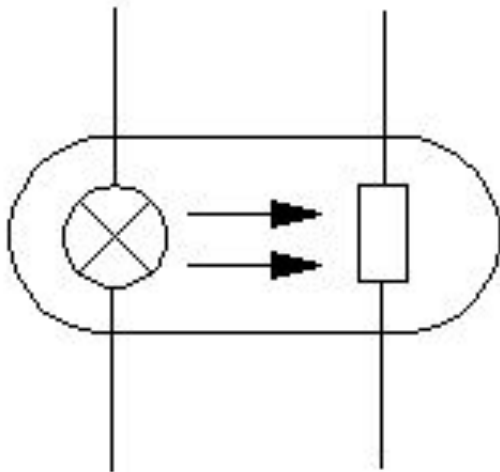




a)



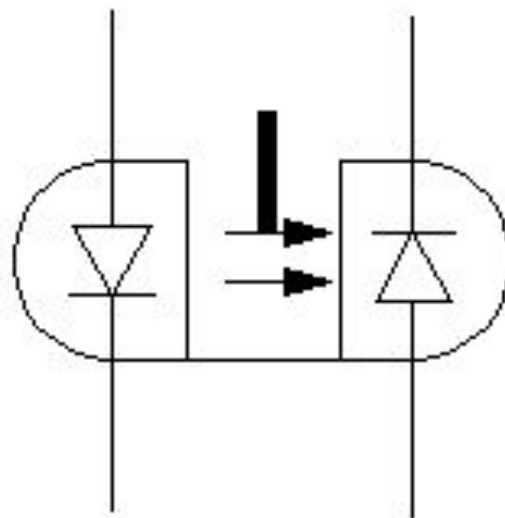
B)



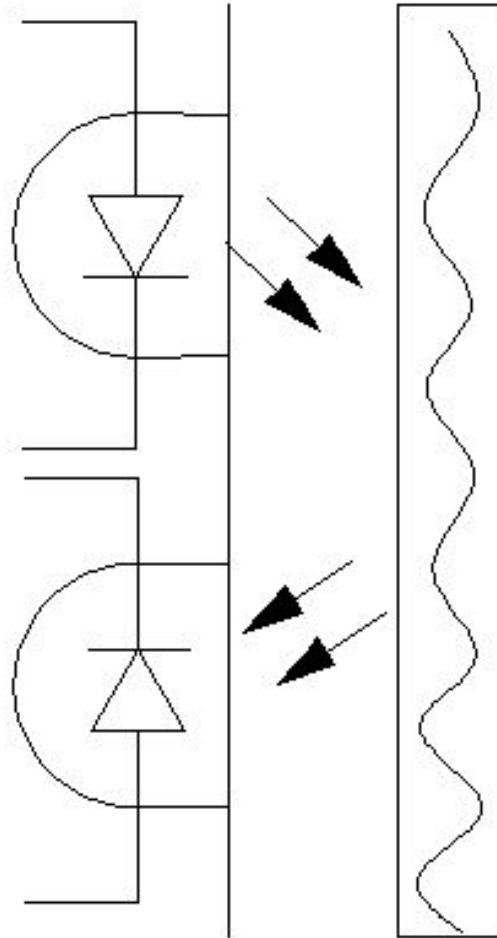
б)

# Специальные виды оптронов.

1) Оптопрерыватель:



## 2) Отражательный оптрон:



## 3) Оптроны со световодом.



# **Элементы запоминающих устройств.**

Классификация запоминающих устройств:

## **По физической сущности явлений:**

- 1) элементы, основанные на принципе изменения состояния намагниченности (магнитные элементы);
- 2) элементы, основанные на накоплении заряда (ПЗС);
- 3) элементы на основе особенностей включения полупроводниковых устройств (транзисторов, диодов) полупроводниковых элементов памяти.

## **По функциональному назначению:**

- 1) внешняя память;
- 2) управляющая память;
- 3) буферная память.

## **По правилу считывания информации:**

- 1) с произвольным считыванием и записью;
- 2) с последовательным считыванием и записью.

## **По особенностям записи и хранения информации:**

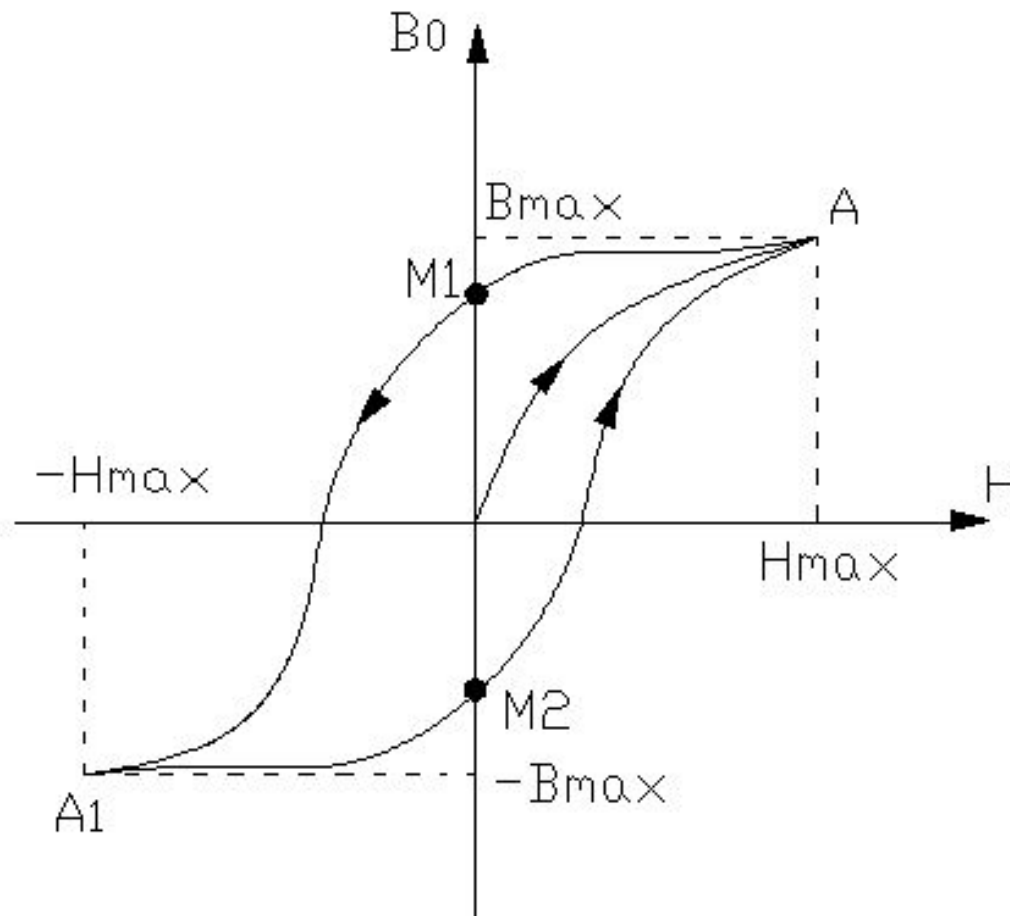
- 1) оперативно-запоминающее устройство, запись и считывание в которых производится многократно (ОЗУ);
- 2) постоянное запоминающее устройство, запись информации в которых осуществляется однократно при изготовлении (ПЗУ);
- 3) перепрограммируемое запоминающее устройство, в котором предусмотрена возможность перепрограммирования самим потребителем (ППЗУ).

# Параметры запоминающих устройств:

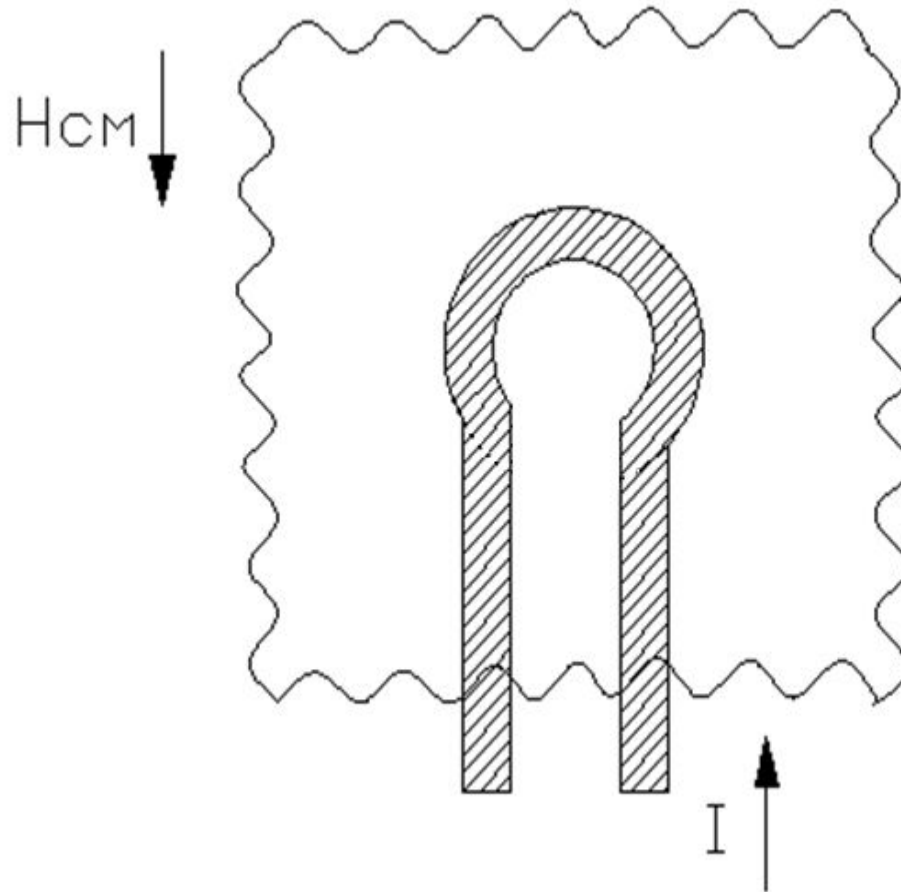
- 1) объем памяти;
- 2) количество разрядов, записываемых в память;
- 3) способ доступа к информации;
- 4) время выборки;  $\left[ \frac{\text{бит}}{\text{см}^3} \right]$
- 5) плотность упаковки ;
- 6) удельная потребляемая мощность;
- 7) удельная стоимость;
- 8) энергозависимость.

# Магнитные элементы ЗУ.

Устройство памяти на основе ЦМД.



# Генерирование ЦМД.



$$H_{\pi} = I/2\pi r_0$$

# Считывание информации.

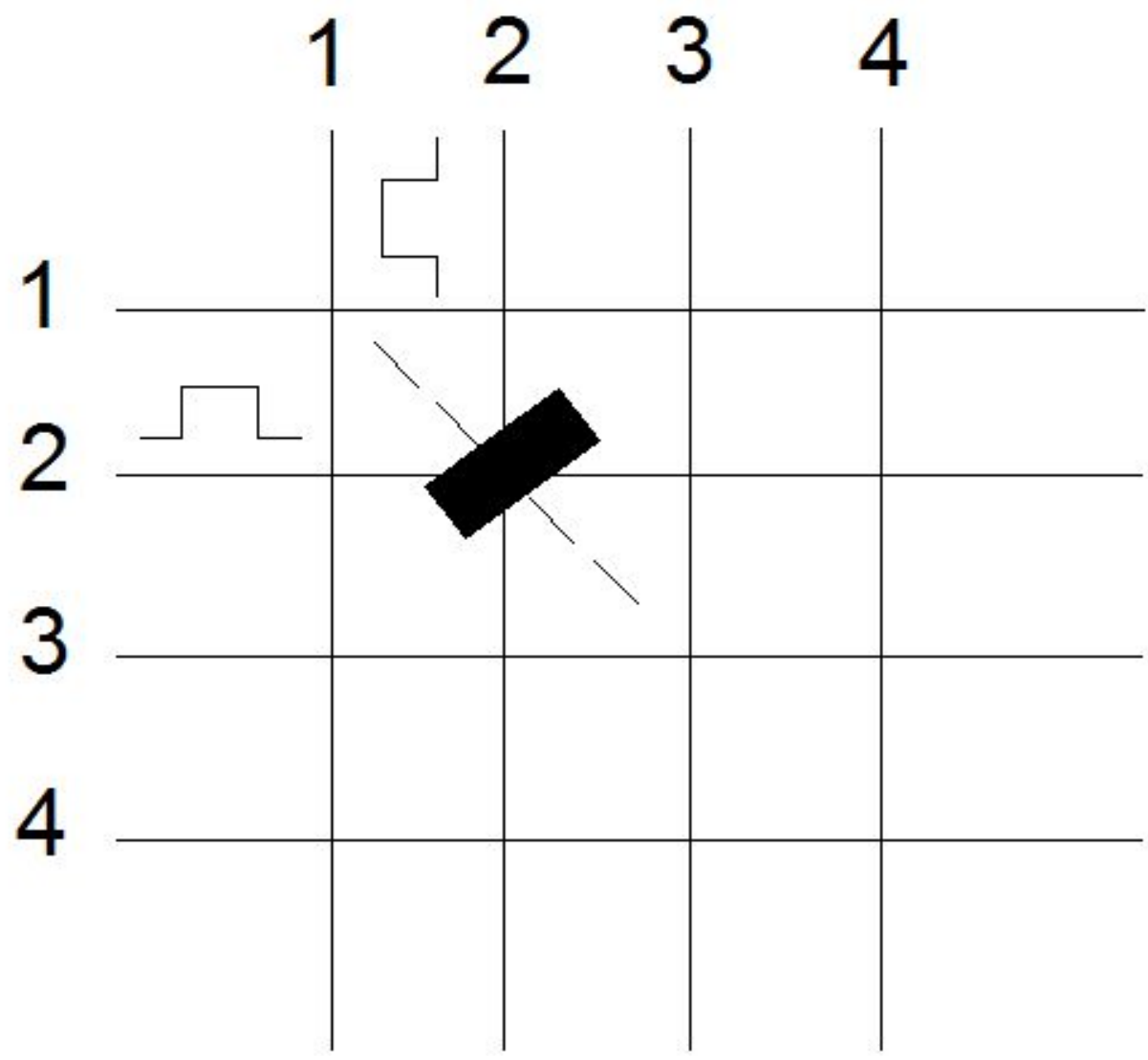
- 1) Магниторезисторный датчик.
- 2) Магнитооптический датчик.

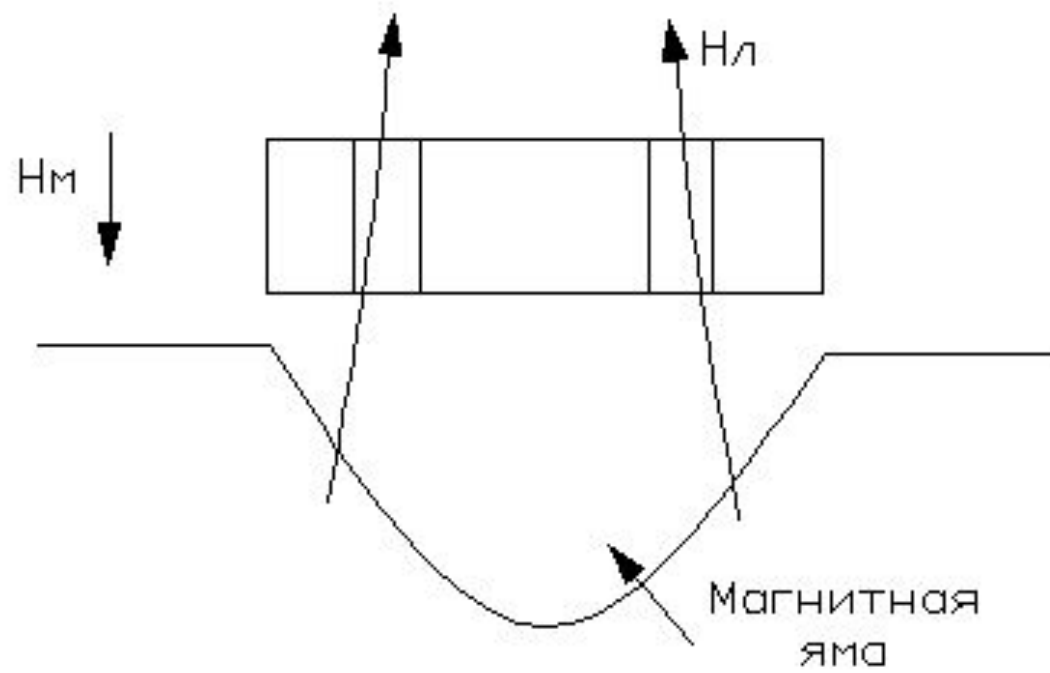
Структурная схема устройства считывания:



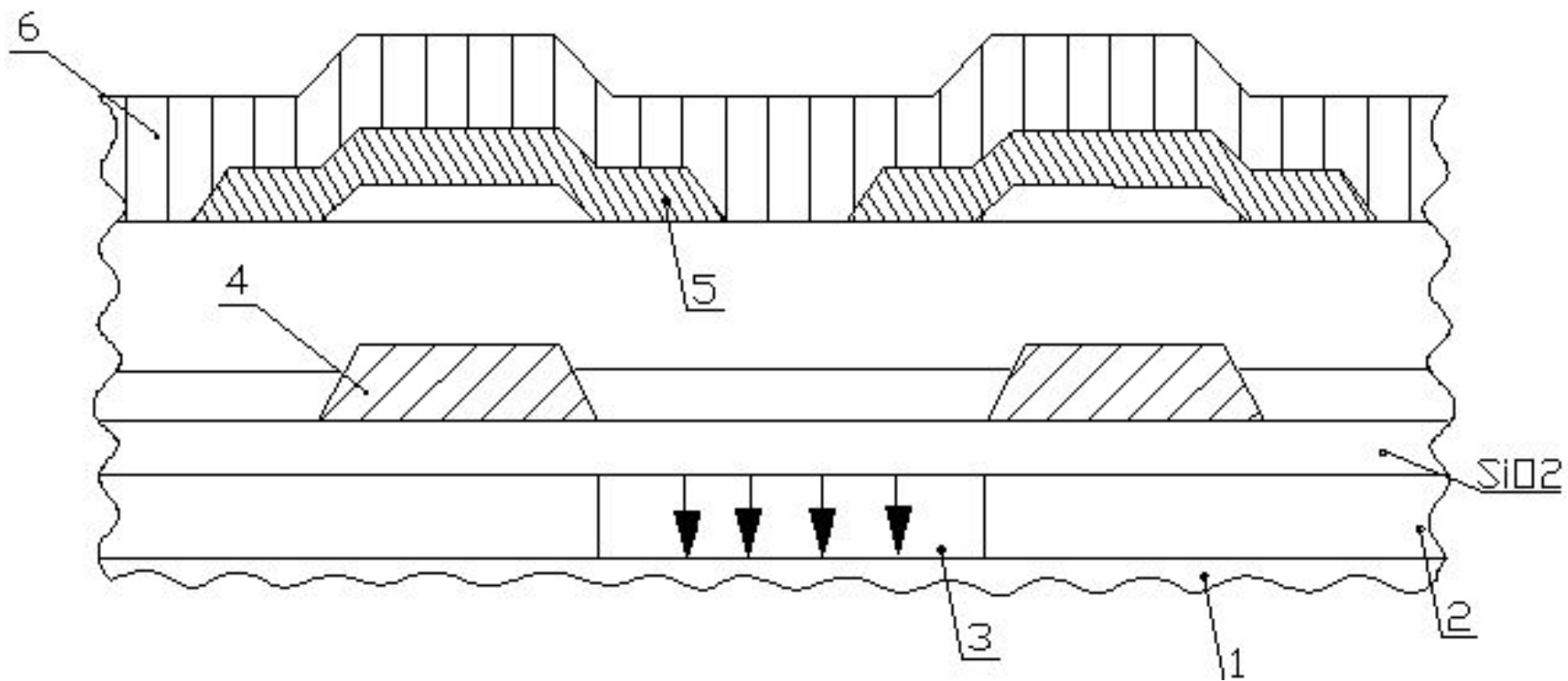
$$\mu_d = (5 \dots 25) \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{А} \cdot \text{с};$$

$$V = 10 \dots 1000 \text{ м/с}$$



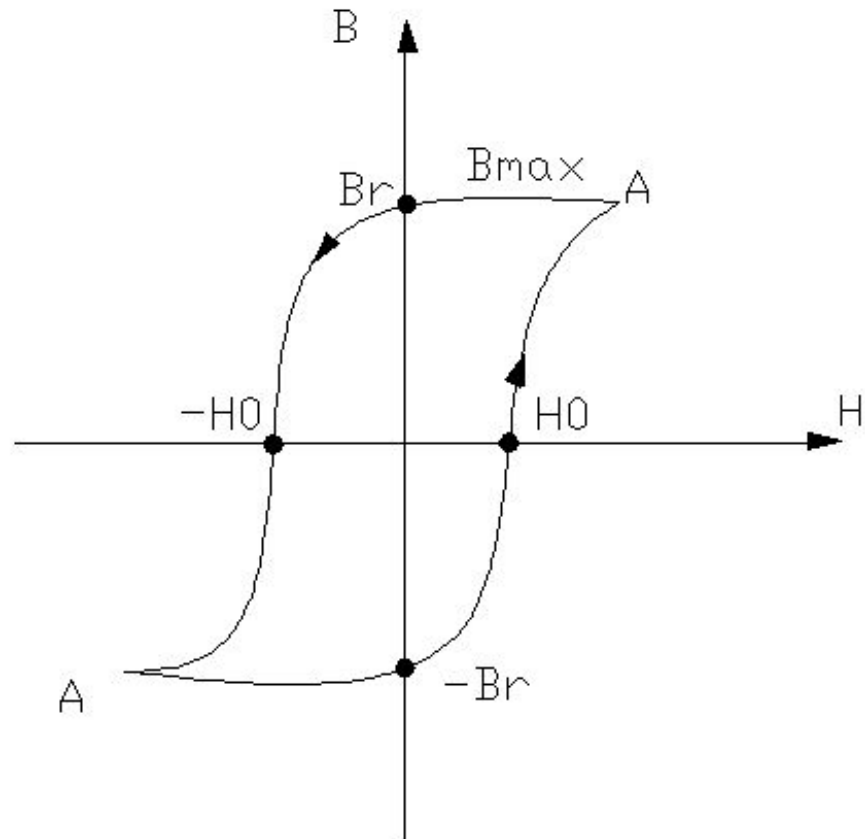


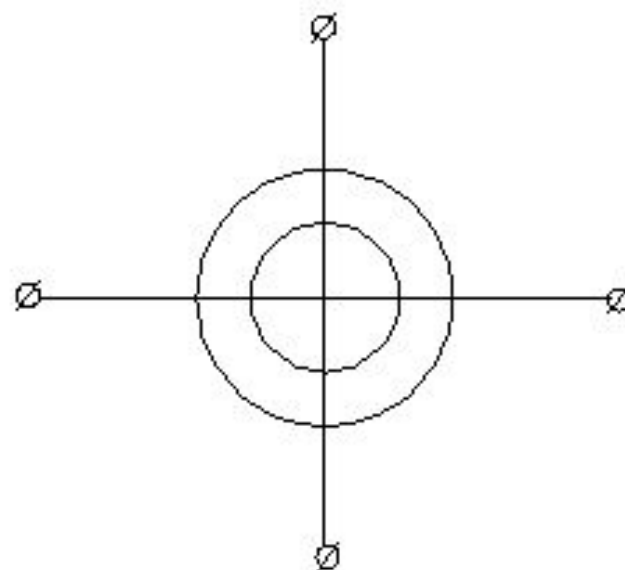
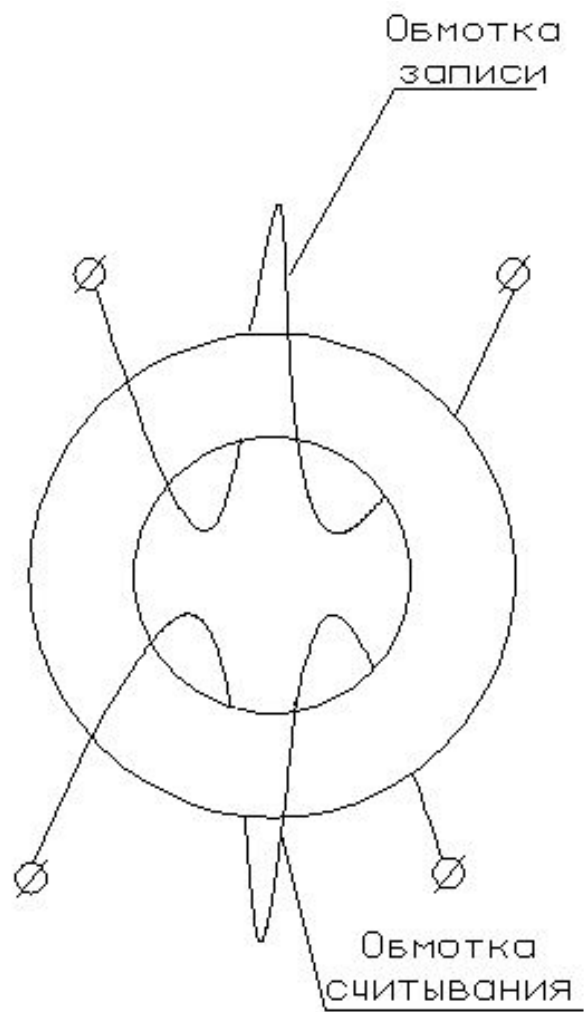




# Элементы ЗУ на ферритовых сердечниках.

Принцип действия ОЗУ

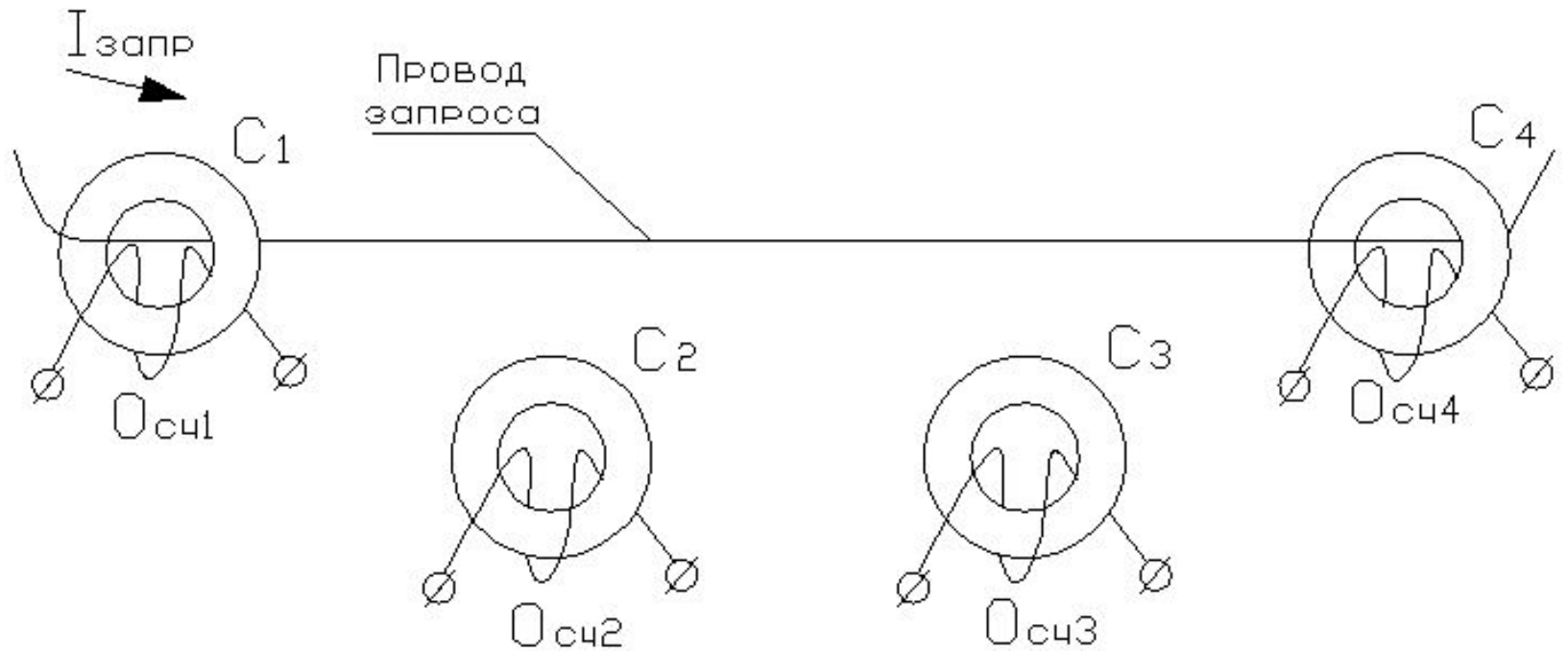




## Основные параметры.

- 1) количество разрядов и записываемых чисел;
- 2) время обращения памяти;
- 3) стабильность работы.

# ПЗУ на ферритовых сердечниках.



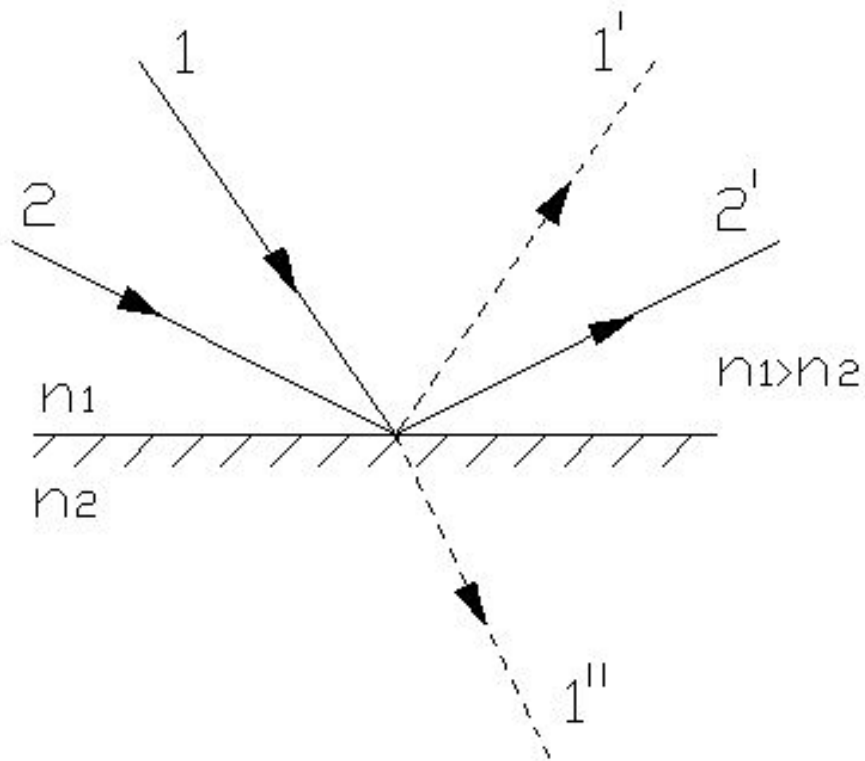
# Сравнительная характеристика элементов ЗУ

Тип ЗУ	Энергозависимость	Способ доступа к информации	Время выборки (мкс)	Типовая емкость (бит)	Удельная стоимость (денежная единиц/бит)
1. ЗУ на ЦМД	нет	последовательный	$2 \cdot 10^3$	$10^6 \dots 10^8$	0,05...0,3
2. ЗУ на ферритовых сердечниках	нет	произвольный	0,6	$10^5 \dots 10^6$	0,2
3. ЗУ на ПЗС	да	последовательный	200	$10^4 \dots 10^7$	0,25
4. Полупроводниковые ЗУ	да (ОЗУ) нет (ПЗУ)	произвольный	0,3	$10^4 \dots 10^6$	0,1

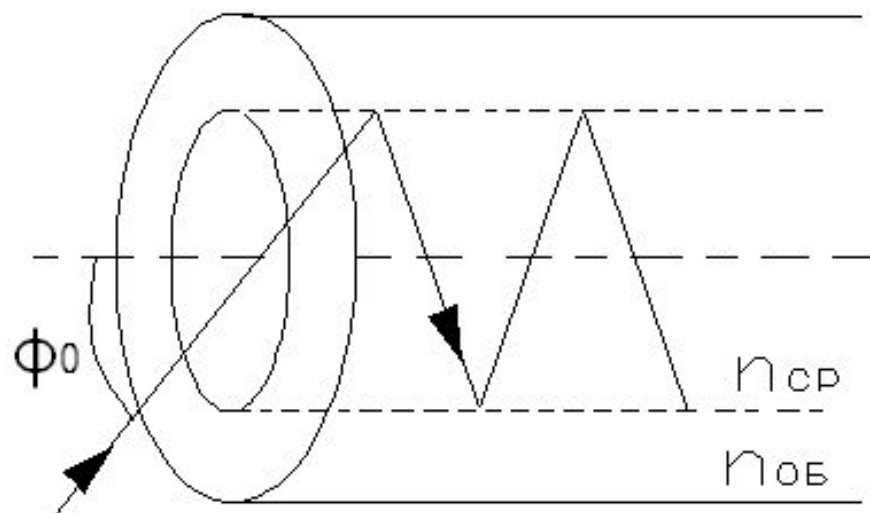
# ВОЛС.

Задачи, решаемые при создании ВОЛС:

- 1) создание волокон, способных передавать световые потоки;
- 2) разработка мощных источников направленного излучения;
- 3) применение эффективных фотоприемников с высоким КПД преобразования световой энергии в электрическую.





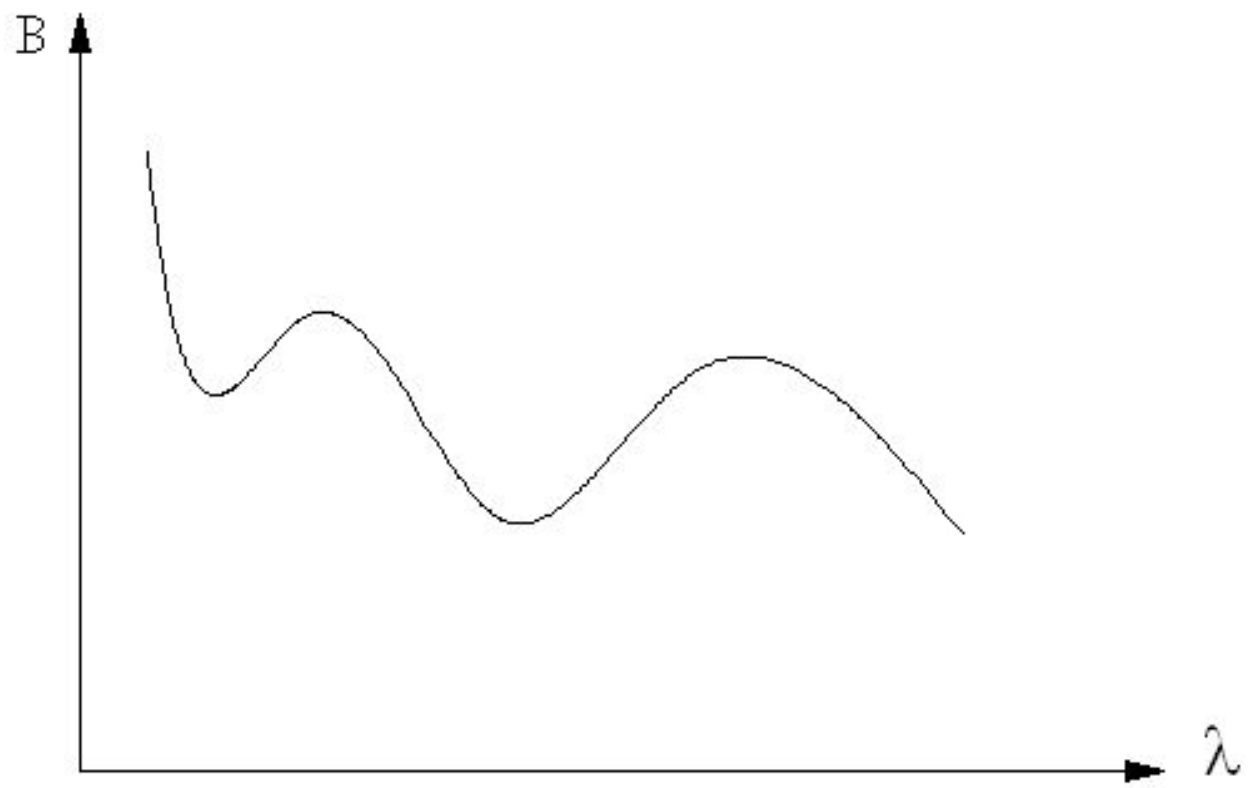


$n_{cp} > n_{ob}$

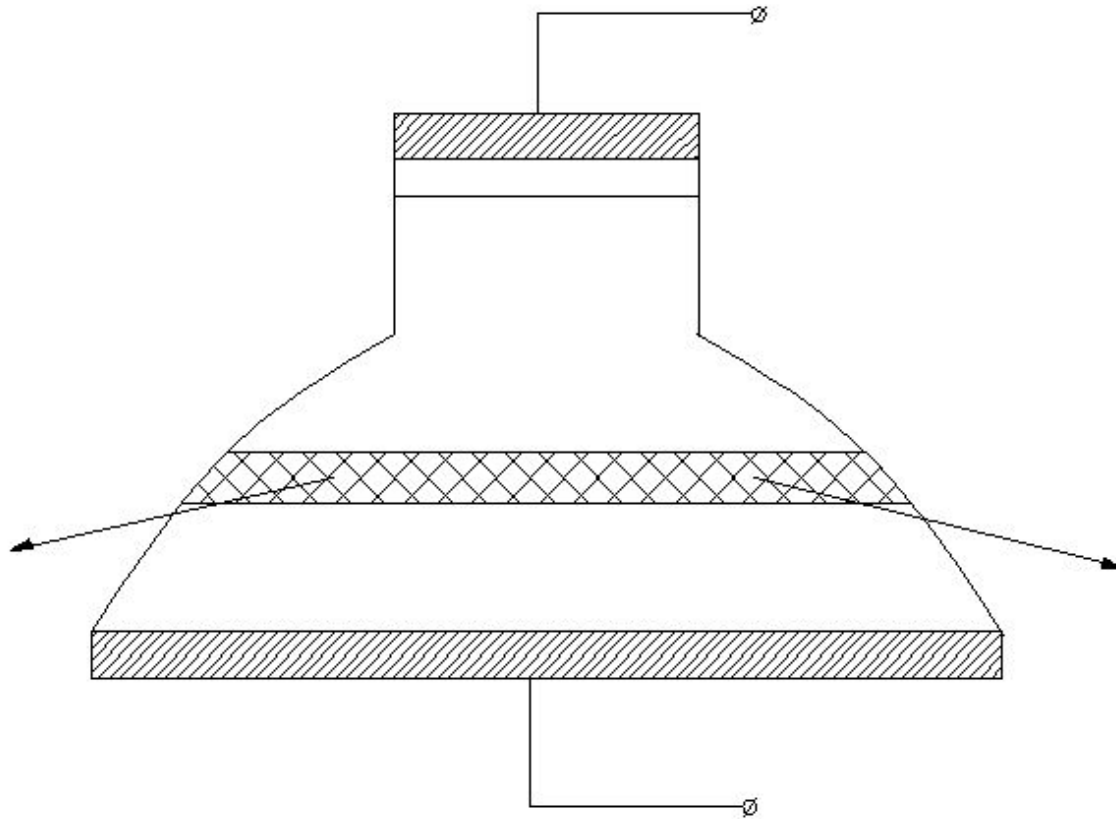
$$N_a = \sin \varphi_0 = 2 n_c \sqrt{\Delta n}$$

$$\Delta n = n_c - n_{об}$$

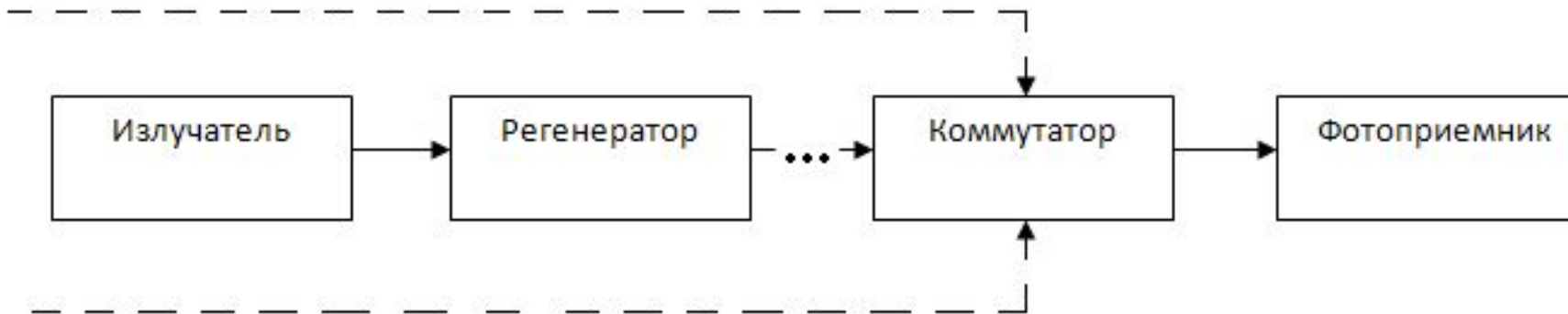
$$\beta = \frac{1}{L} \cdot 10 \lg \frac{P_{вх}}{P_{вых}} \left[ \frac{\text{дБ}}{\text{км}} \right]$$



# Источники излучения.



# Структура волоконно-оптической системы



## Основные характеристики ВОЛС:

- 1) максимальная длина межретрансляционного участка;
- 2) пропускная способность, оцениваемая максимальной скоростью передачи сигнала  $\left[\frac{\text{бит}}{\text{с}}\right]$  ;
- 3) предельная рабочая частота (Гц);
- 4) длина волны излучения  $\lambda_{\text{изл}}$  (мкм).

# Поколения ВОЛС:

I.  $\lambda_{\text{изл}} = 0,82$  мкм;  
 $v_{\text{max}} = 140$  Мбит/с;  
 $L_{\text{рет}} = 20 \dots 30$  км;  
 $\beta = 2,5$  дБ/км.

III.  $\lambda_{\text{изл}} = 1,55$  мкм;  
 $v_{\text{max}} = \text{более } 500$   
Мбит/с;

II.  $\lambda_{\text{изл}} = 1,3 \dots 1,5$  мкм;  
 $v_{\text{max}} = \text{более } 400$  Мбит/с;  
 $L_{\text{рет}} = 100$  км;  
 $\beta = 0,4$  дБ/км.

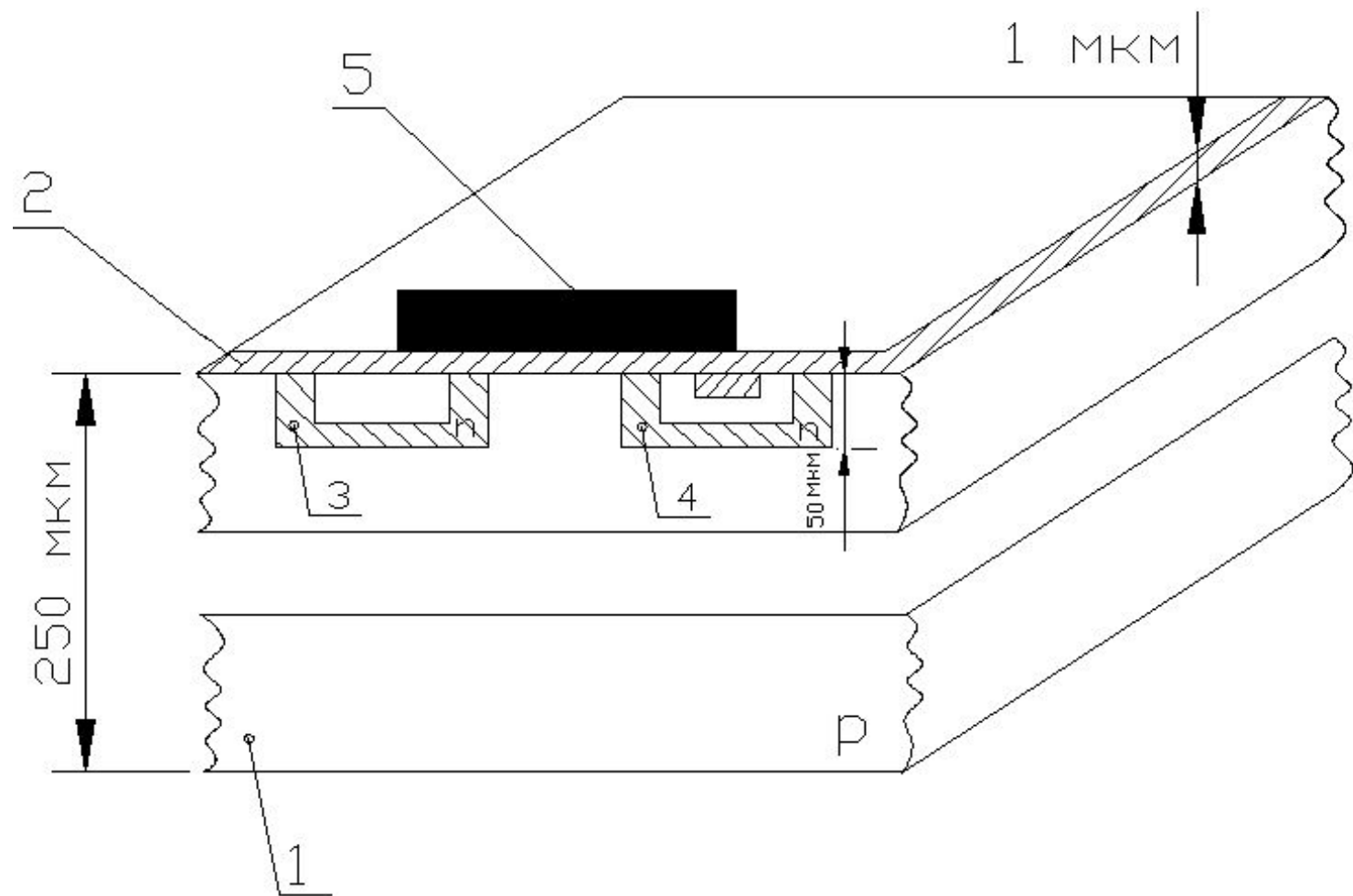
$L_{\text{рет}} = 200$  км;  
 $\beta = 0,3 \dots 0,2$  дБ/км

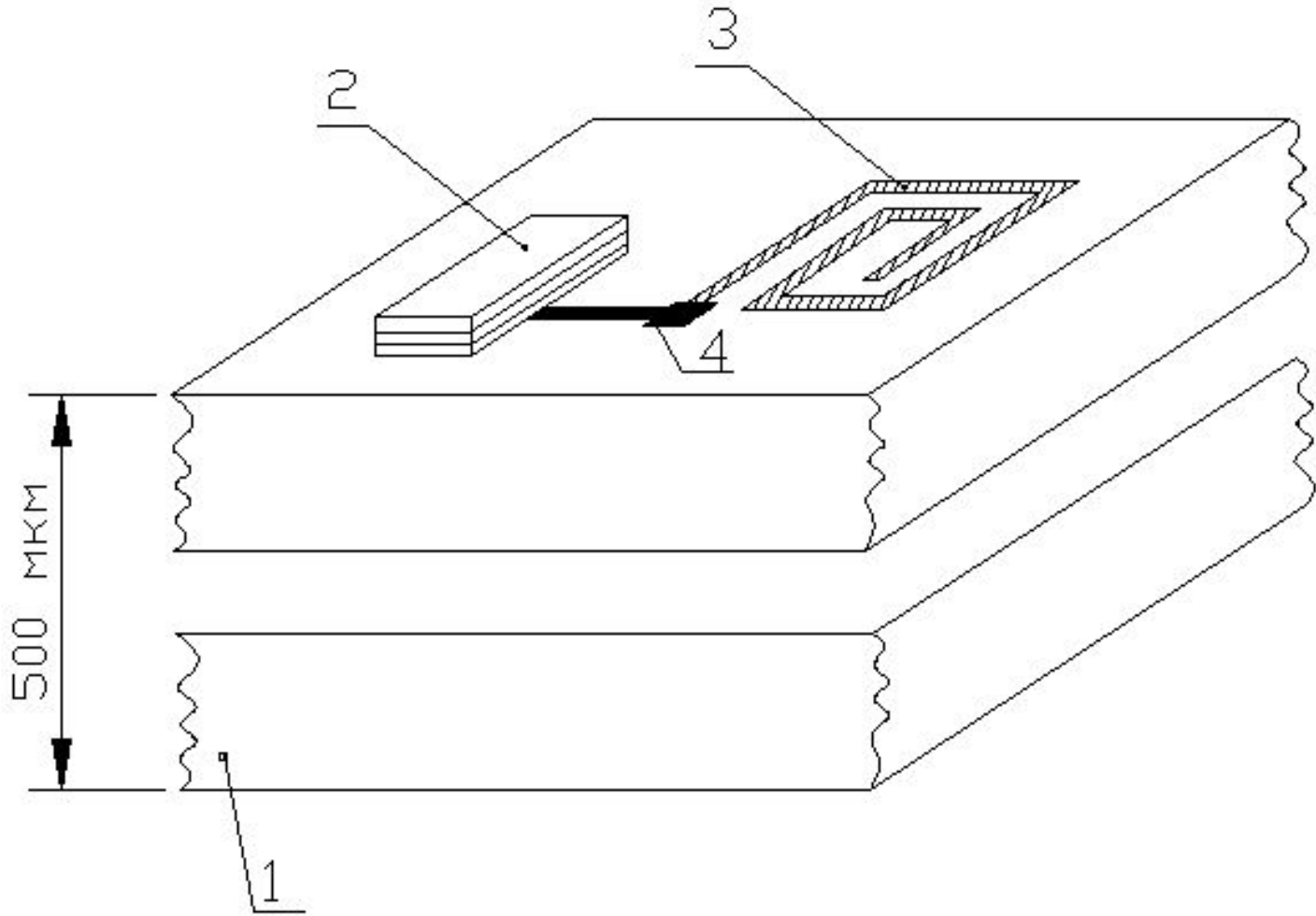
# Интегральные схемы.

Степень интеграции  $k = \lg N$

По степени интеграции:

- 1) малые (МИС) –  $k=1 \dots 2$ ;
- 2) средние ИС (СИС) –  $k=2 \dots 3$ ;
- 3) большие ИС (БИС) –  $k=3 \dots 4$ ;
- 4) сверх большие ИС (СБИС) –  
 $k=4 \dots 7$ ;

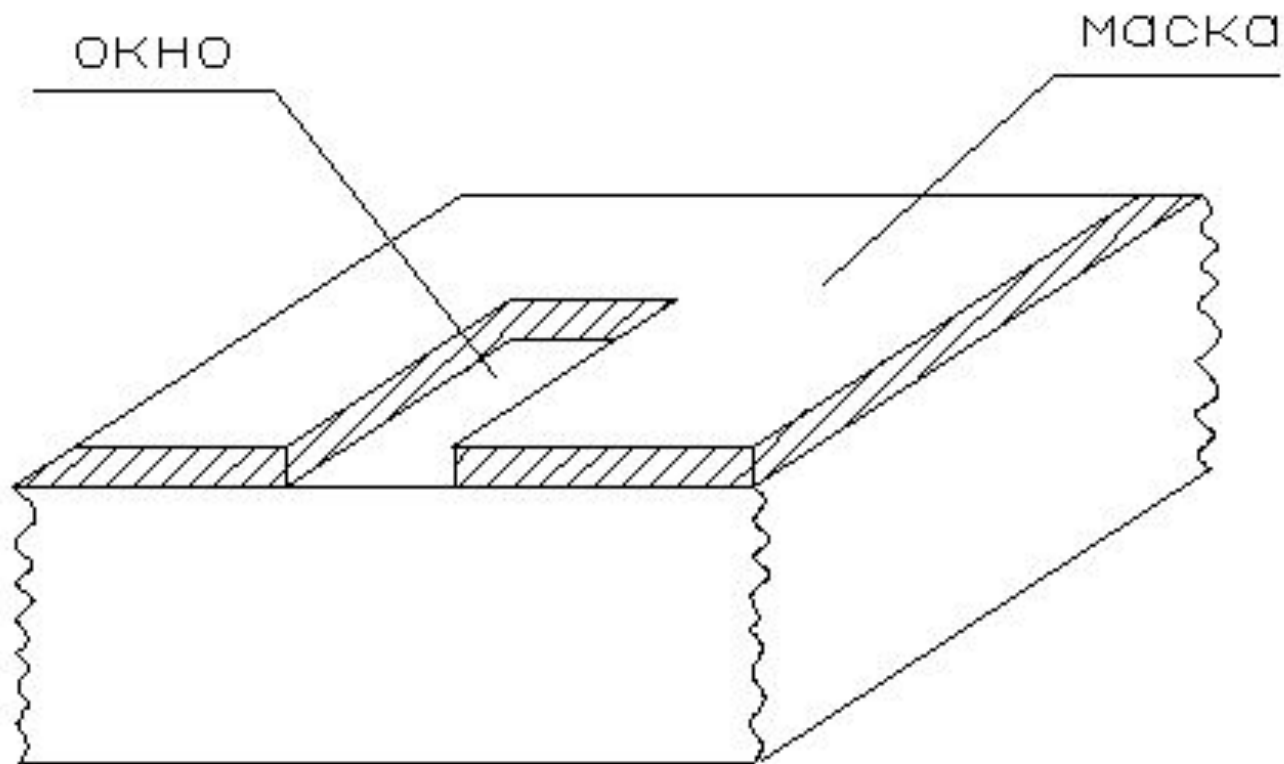






# Технологические особенности изготовления ИС.

## Полупроводниковые ИС



# Установленные нормы параметров ИС:

Напряжение питания: 1,2; 2,4; 3,0; 4,0; 5,2; 6; 9; 12;  
16; 24; 30; 48; 100;150;200 В

Температура окружающей среды:

$t_{\max}$ : 55, 85, 100, 125, 155 °С

$t_{\min}$ : -10, -25, -40, -45, -55, -60 °С

Минимальная наработка:  $T_{\min} = 15000$  ч

Интенсивность отказов:

$\lambda = 3,7 \cdot 10^{-5}$  1/час;  $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$  1/час

# Элементы индикации устройств отображения информации.

## Классификация элементов индикации.

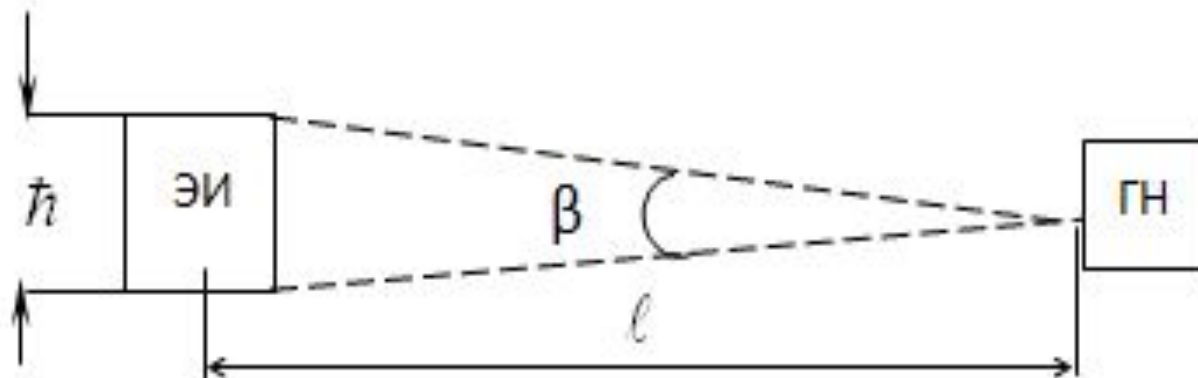
### 1) Активные ЭИ:

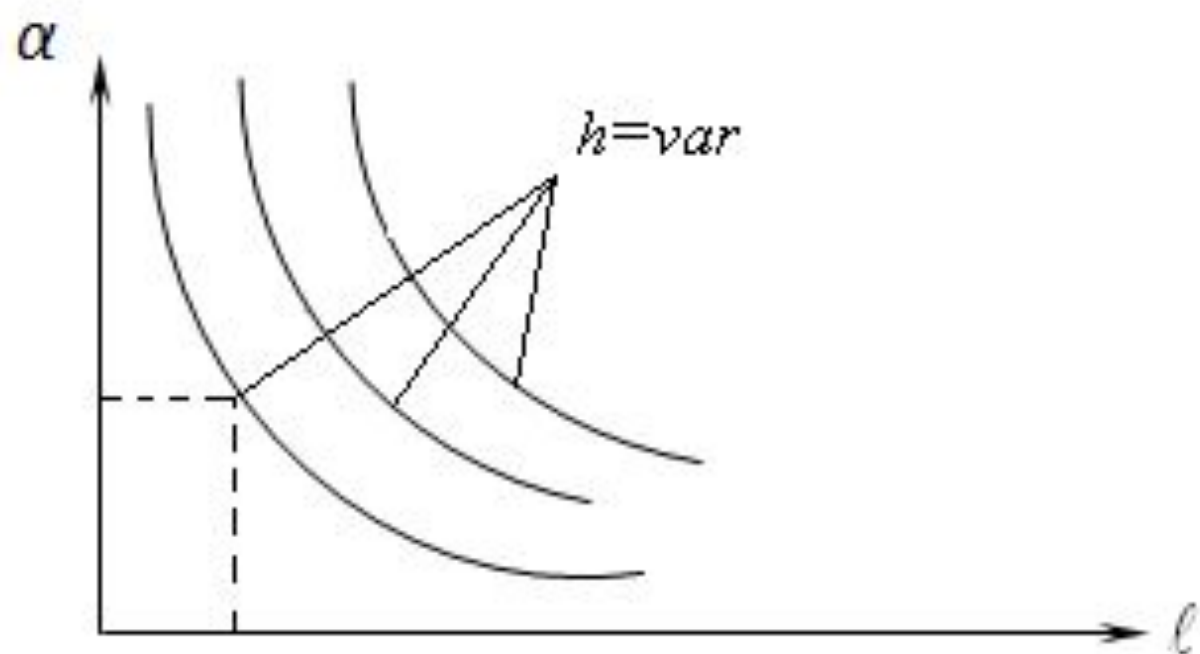
- электронно – лучевые трубки (ЭЛТ);
- лампы накаливания;
- вакуумные люминесцентные индикаторы (ВЛИ);
- светоизлучающие диоды (СИД);
- газоразрядные индикаторы;
- волоконно – оптические индикаторы;
- лазерные индикаторы.

### 2) Пассивные элементы:

- жидкокристаллические индикаторы;
- электрохромные ячейки конденсаторного типа;
- электрогальванопластические ЭИ;
- электрофоретические ЭИ;

# Характеристики элементов индикации.





## Светотехнические характеристики:

### Для активных элементов:

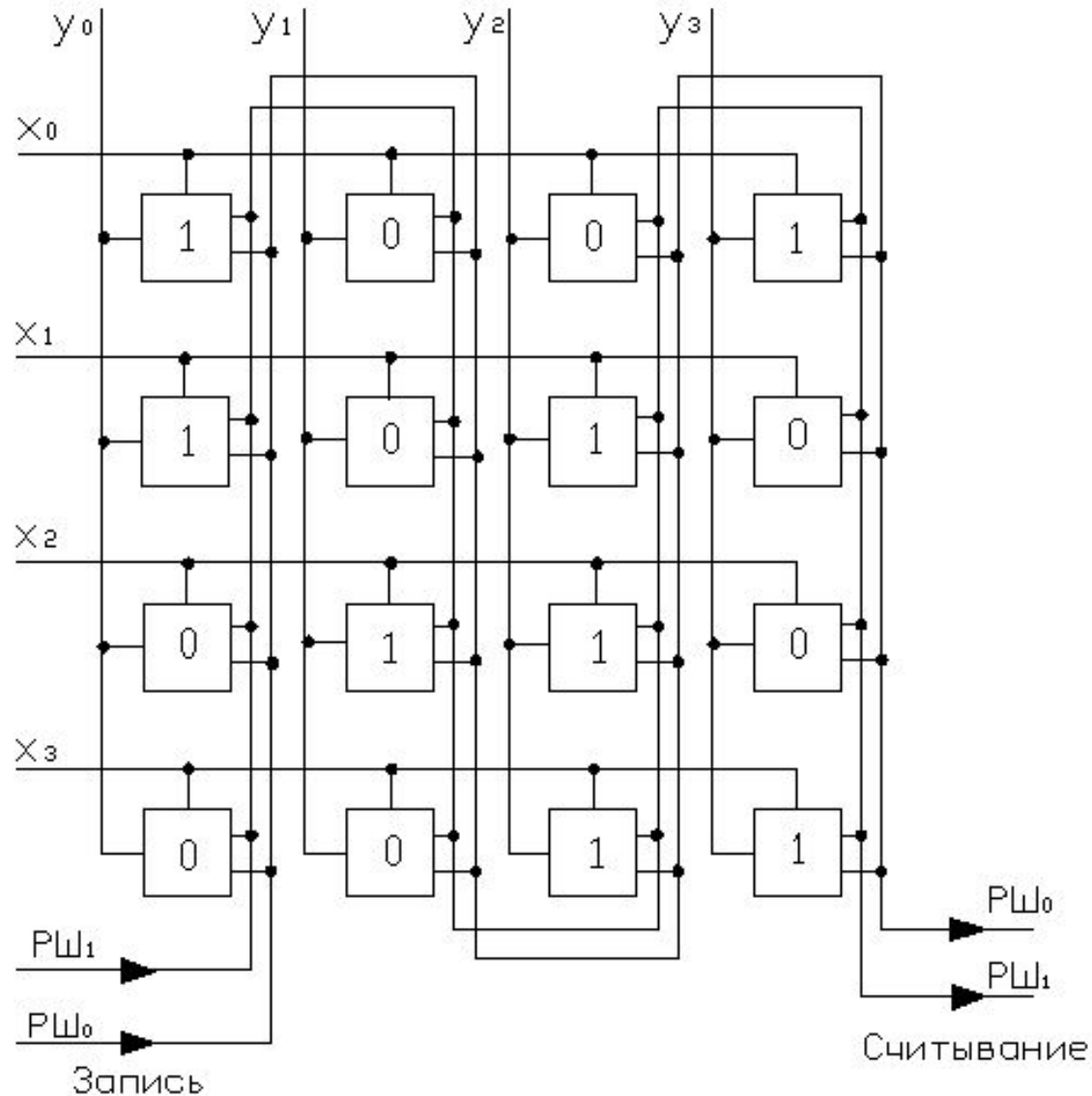
- 1) световой поток  $\Phi_0$  [лм];
- 2) сила света  $J_0 = d\Phi_0/d\omega_0$  [кд];
- 3) яркость  $B = J_0/S_0$  [кд/м<sup>2</sup>]
  - нить лампы накаливания  $B = 5 \cdot 10^6$
  - светоизлучающий диод  $B = 4 \cdot 10^2$ ;
- 4) коэффициент контрастности  $K = \frac{B_{\max}}{B_{\min}}$ .

### Для пассивных элементов:

- 1) освещенность  $E = \Phi_0/S$  [лк];
- 2) коэффициент отражения  $\rho_{\text{отр}} = \Phi_{\text{отр}}/\Phi_0$ ;
- 3) эффективность индикатора  $G = \pi B S / P_{\text{поп}}$

# Тема: «Полупроводниковые ЗУ»

## 1. Оперативные ЗУ (с матричной структурой).



## 2. Постоянное ЗУ.

