

# Лекция 11.

## **Магнитная запись информации. XX век.**

Т.Б. Шапаева

Кафедра магнетизма физического  
факультета МГУ им. М.В.Ломоносова

# **Магнитная запись информации.**

- **Магнитная звукозапись**
- **Устройства для вычислений**
- **Магнитная запись информации**



**Фонограф Эдисона**  
представлен 21  
ноября 1877 года

Звук записывается на носителе в форме дорожки, глубина которой пропорциональна громкости звука. Звуковая дорожка фонографа размещается по цилиндрической спирали на сменном вращающемся барабане. При воспроизведении игла, движущаяся по канавке, передаёт колебания на упругую мембрану, которая излучает звук.



**Оберлин Смит** (1840 – 1926)  
американский инженер.  
В 1888 г. опубликовал самую  
первую работу, посвященной  
магнитной записи информации.

## Телеграфон Поульсена



**Вальдемар Поульсен** (1869 — 1942) — датский инженер. Разработал способ магнитной записи на проволоку в 1899 г.



**Схема опыта  
Поульсена по  
магнитной записи  
информации**

# Первые устройства для магнитной записи звука.

- 1903 г. Курт Штилле добавил в конструкцию телеграфона усилитель, чтобы это устройство можно было использовать в качестве диктофона.
- В 1929 г. Луи Блаттнер заменил проволоку на тонкую стальную ленту
- В 1931 г. Кларенс Н. Хикман из американской корпорации Bell Labs создал прототип автоответчика на стальной ленте.

# Первые устройства для магнитной записи звука.

- В 1932 г. BBC впервые применила в своем вещании аппарат магнитной записи на тонкой стальной ленте
- шириной 3 мм и толщиной 0,08 мм.
- Скорость движения ленты относительно головок 1,5 м/с относительно записывающей и воспроизводящей головок.

На получасовую программу уходило 3 км ленты, а катушка с лентой весила 25 кг.

Технология записи в то время могла привести к обширной потере данных и плохому качеству аудиозаписи.



**Фриц Пфлоймер**  
(1881 – 1945)  
австро-германский  
инженер.  
Предложил  
использовать ленту  
для магнитной  
записи.

**Доктор Фридрих Маттиас:**  
**«Целлюлозный ацетат —  
лучший материал основы, а  
карбонильное железо — лучшее  
магнитное покрытие».**

**1 июня 1934 года фирма BASF  
отправила 5000 метров ленты  
фирме AEG.**

**В 1936 году на фирме BASF  
впервые был записан концерт  
классической музыки.**

# Магнитные материалы

К средам для магнитной записи предъявляются следующие требования:

- ✓ стабильность свойств (при изменении температуры, механических воздействиях, радиации и сырости);
- ✓ неограниченное количество циклов записи
- ✓ сохранность записанной информации более 30 лет;
- ✓ возможность нанесения защитных покрытий
- ✓ возможность использования подложек с хорошей аэродинамикой
- ✓ малая стоимость производства.

# Магнитные материалы

- **Порошок в связывающей матрице.**  
Это микрочастицы (например  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  или  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) размером от 0,05 до 1,0 мкм с большой остаточной намагниченностью
- **Тонкие пленки** сплавов кобальта, нанесенные на алюминиевые или стеклянные пластины.

С начала 50-х годов XX века магнитные проволока, лента, карта, барабан и диск начали использоваться для записи, хранения и считывания информации в первых электронных цифровых вычислительных машинах.

# Устройства для вычислений

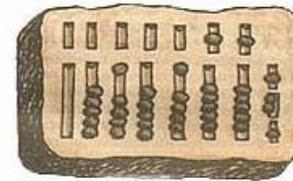
- Счетные механические устройства
- Двоичная система счисления
- Булева алгебра
- Жаккардова машина
- Первые компьютеры

# Счетные механические устройства

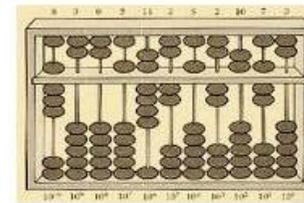
## Абак и его «родственники»

---

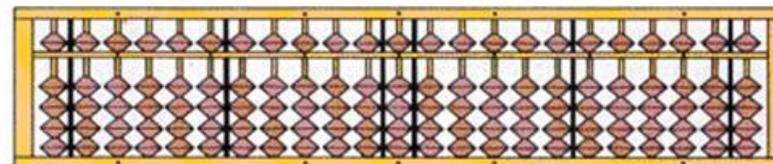
Абак (Древний Рим) – V-VI в.



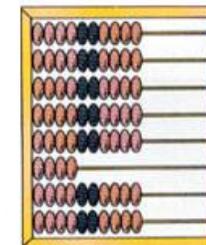
Суан-пан (Китай) – VI в.



Соробан (Япония)  
XV-XVI в.



Счеты (Россия) – XVII в.

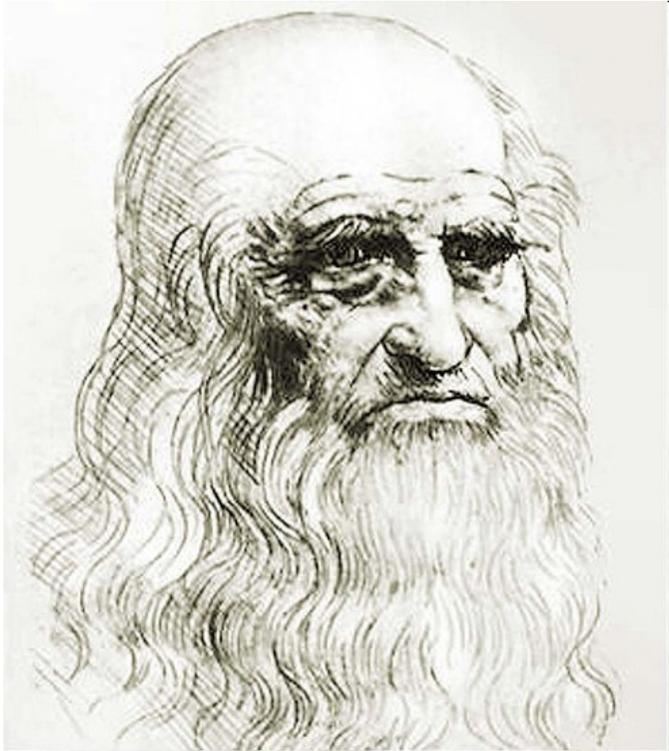




**Часы – прибор,  
способный автоматически  
выполнять вычисления.**

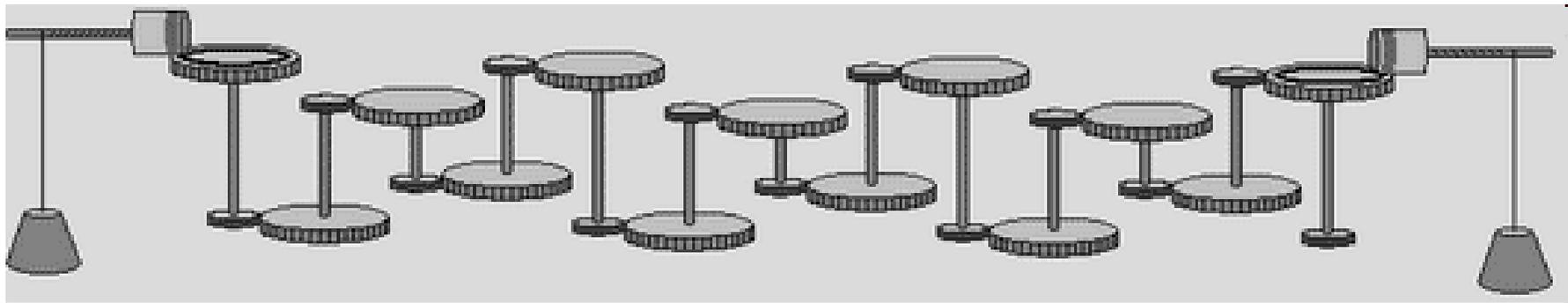
**Первые башенные часы в  
Западной Европе были  
построены в 1288 г.  
английскими мастерами в  
Вестминстере.**

**Пражские куранты (1410) — средневековые  
башенные часы, установленные на южной стене  
башни Староместской ратуши в Праге.**



Леонардо да Винчи

**(1452 – 1519) — итальянский художник (живописец, скульптор, архитектор), ученый (анатом, естествоиспытатель), изобретатель, писатель, один из крупнейших представителей искусства эпохи Возрождения.**



Эскиз счетной машины Леонардо да Винчи

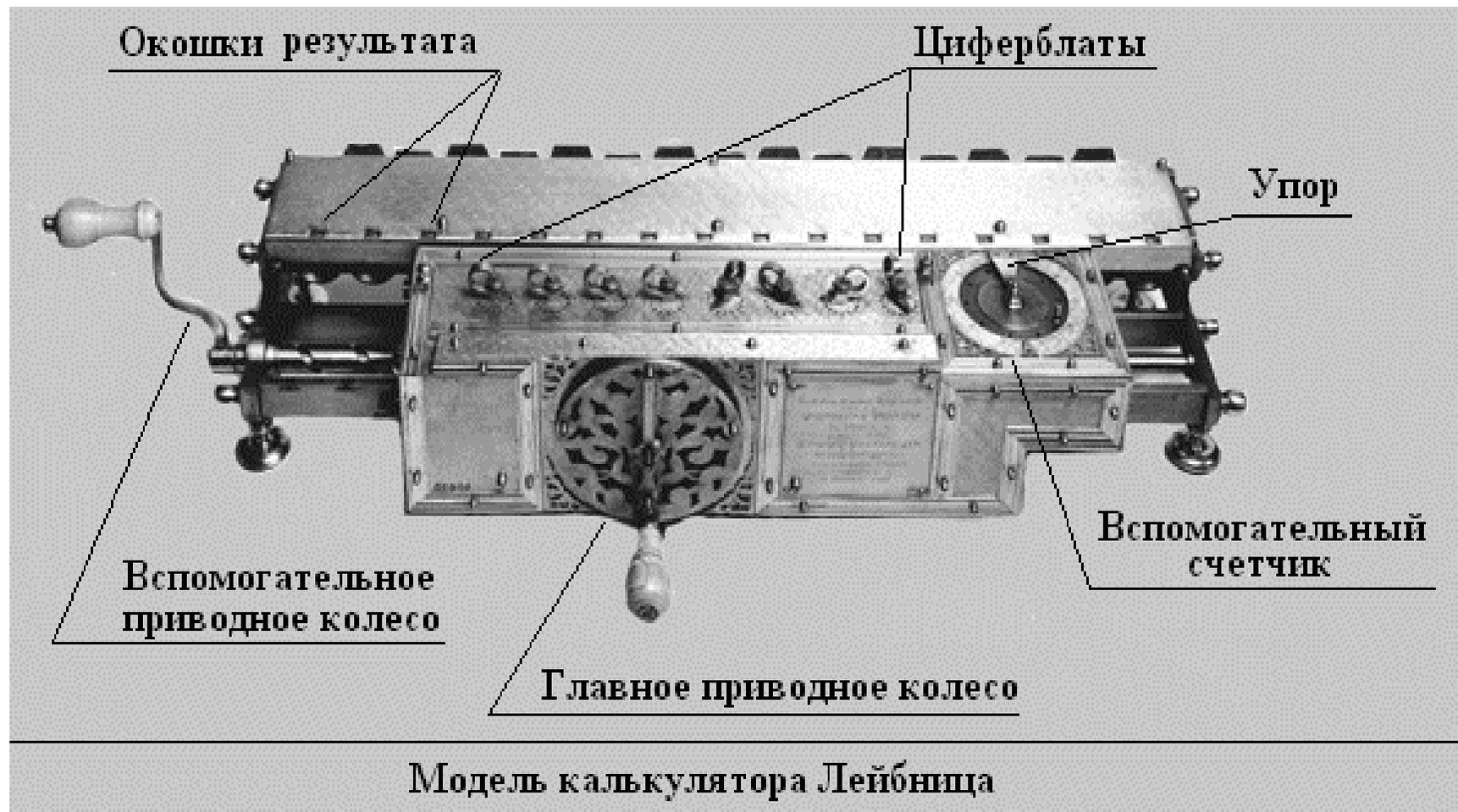
# Современная двоичная система была полностью описана Г.В. Лейбницем



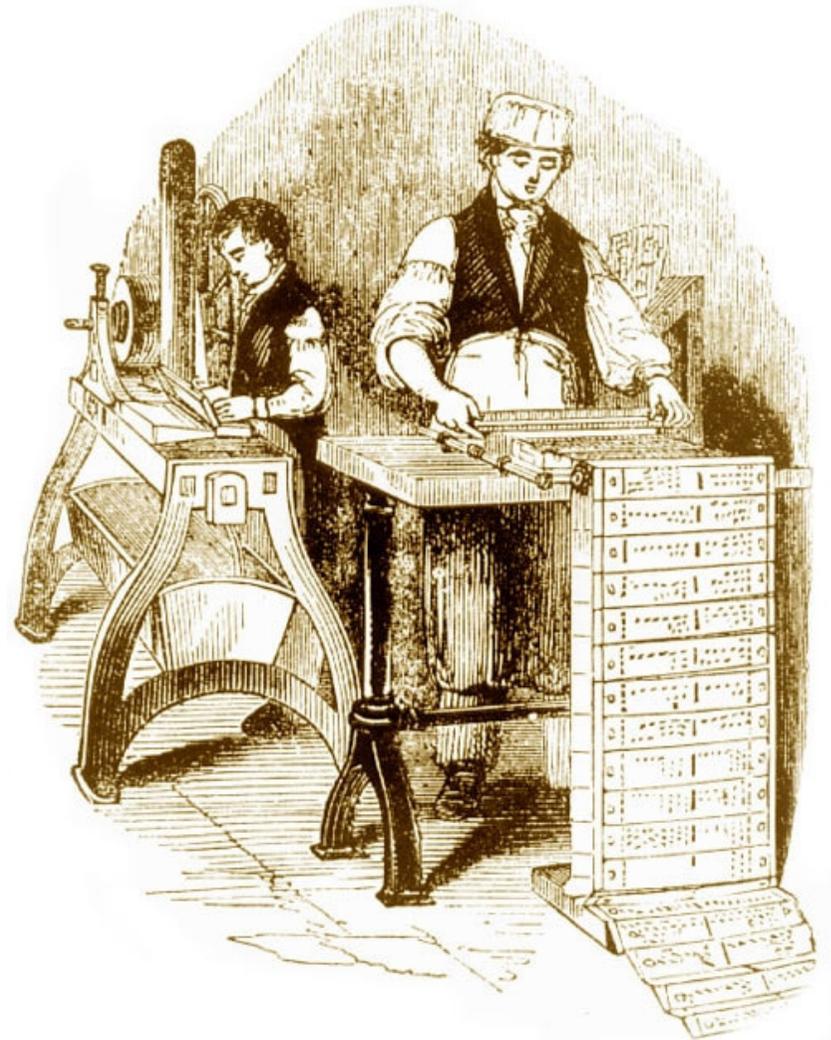
Готфрид Вильгельм  
Лейбниц

(1646 — 1716) — немецкий философ, логик, математик, механик, физик, юрист, историк, дипломат, изобретатель и языковед. Основатель и первый президент Берлинской Академии наук, иностранный член Французской Академии наук.

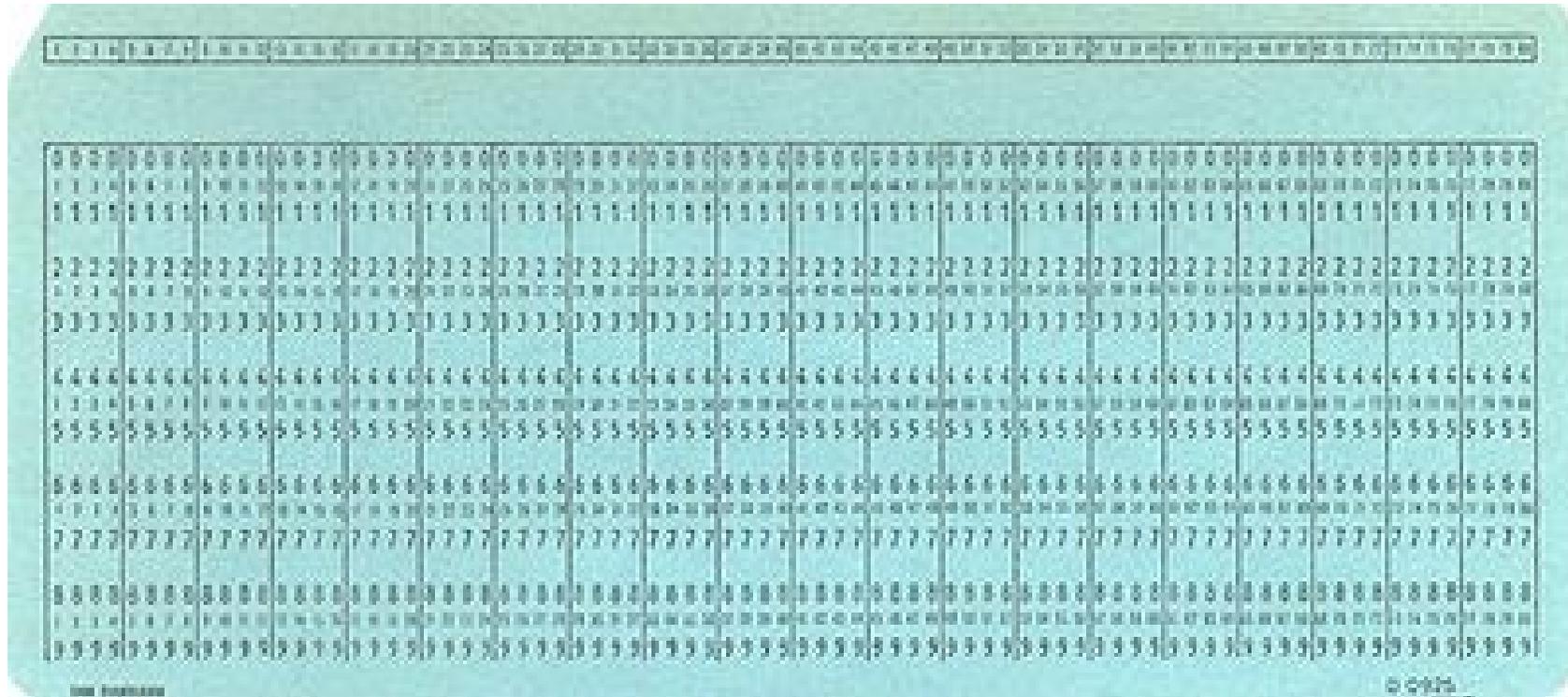
# В 1673 году Г.В.Лейбниц создал механический калькулятор (первая счетная машина)



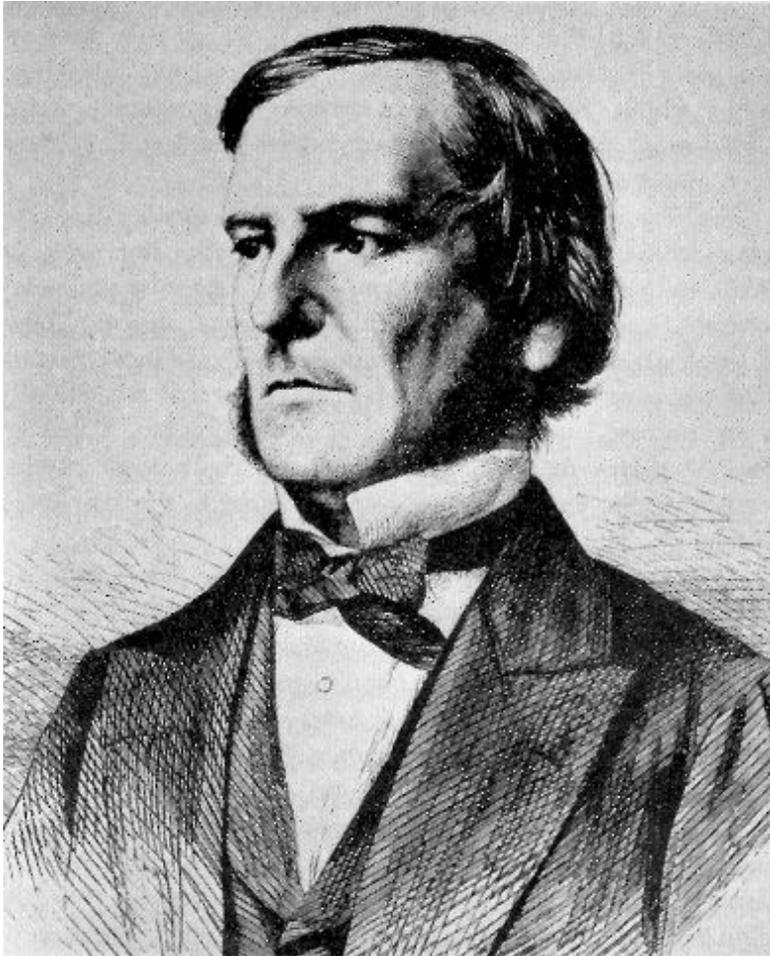
**Жаккардова  
машина (1804) —  
механизм ткацкого  
станка для выработки  
тканей с крупным  
узором.**



# Перфокарта IBM.



**Перфокарта** — носитель информации, предназначенный для использования в системах автоматической обработки данных.



**Джордж Буль**  
(1815 — 1854) —  
английский математик и  
логик.

**Основатель  
математической  
логики.**

**«Исследование законов  
мышления» 1854 г**

**Три основные операции  
булевой алгебры – это  
И, ИЛИ и НЕ.**

**Логические действия  
оперируют лишь с двумя  
сущностями – «истина»  
или «ложь»**



**Вэни́вар Буш** (1890 — 1974) — американский инженер, разработчик аналоговых компьютеров, администратор и организатор научных исследований и научного сообщества. Советник по науке при президенте Рузвельте.

**В 1930 г. построил дифференциальный анализатор — первую машину, способную решать сложные дифференциальные уравнения, которые позволяли предсказывать поведение движущихся объектов или действие силовых полей.**

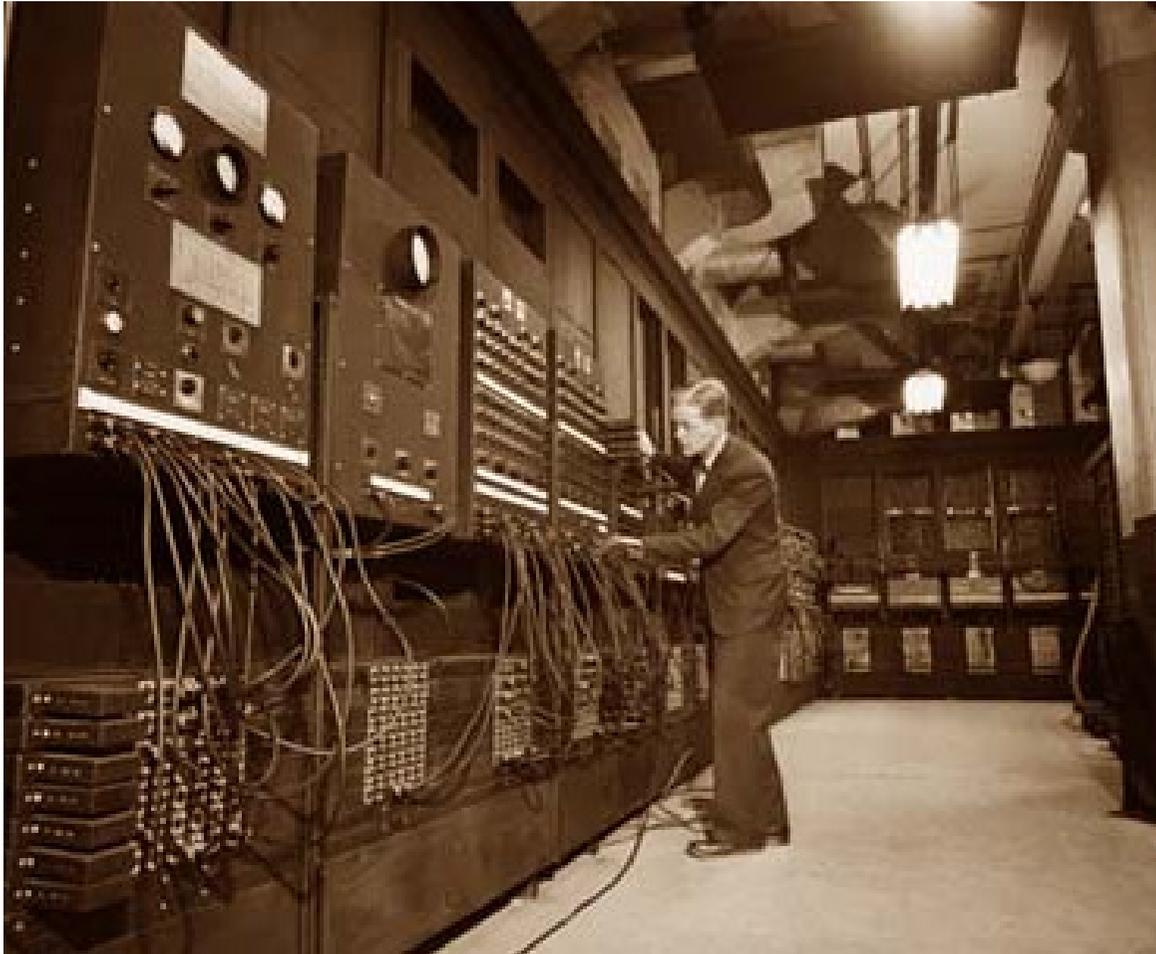


**Создатель первого программируемого компьютера на электромеханических элементах (1941) и первого языка программирования высокого уровня (1945).**

**(Конрад Цузе 1910 — 1995) — немецкий инженер, пионер компьютеростроения.**



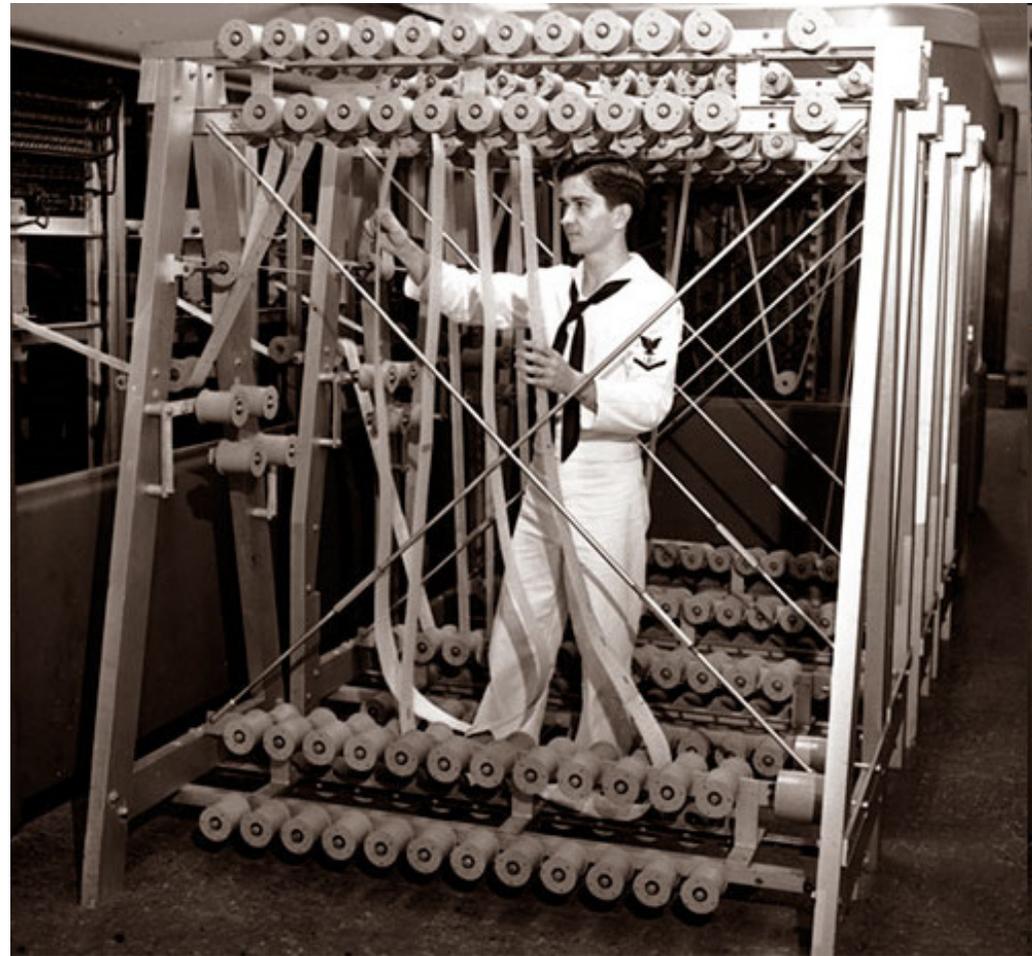
- ✓ В 1942 году американский физик **Джон Моучли** (John Mauchly) (1907 – 1980) представил собственный проект вычислительной машины. В работе над проектом **ЭВМ ENIAC** (Electronic Numerical Integrator and Computer - электронный числовой интегратор и калькулятор) под руководством Джона Моучли и **Джона Эккерта** (John Presper Eckert) работали 200 человек.
- ✓ Весной 1945 года ЭВМ была построена, а в феврале 1946 года рассекречена.
- ✓ ENIAC содержал: **178468** электронных ламп шести различных типов, **7200** кристаллических диодов, **4100** магнитных элементов, занимавшая площадь в **300** кв.метров, в **1000** раз превосходил по быстродействию релейные вычислительные машины.
- ✓ Компьютер прожил девять лет и последний раз был включен в 1955 году.



На одну бобину  
наматывали до  
400 м ленты  
шириной в 1,2 см  
(более  $10^6$   
символов =  $10^4$   
перфокарт).  
Электронное  
устройство  
считывало  
 $1,25 \cdot 10^4$   
символов в  
секунду.

**Инженер подключает кабели, при помощи которых осуществлялось программирование машины ENIAC.**

Одновременно с постройкой *ENIAC*, также в обстановке секретности, создавалась ЭВМ в Великобритании.



В течение 1943 году в Лондоне была построена машина *Colossus* на 1500 электронных лампах. Разработчики машины – *М.Ньюмен и Т.Ф.Флауэрс*.

# Магнитная запись информации

- Память на магнитных сердечниках
- Twistor memory
- ЦМД память (цилиндрические магнитные домены)
- Магнитооптические управляемые транспаранты (МОУТ)
- Магнитооптическая запись
- Продольная и поперечная запись

# Память на магнитных сердечниках ( *magnetic core memory* )

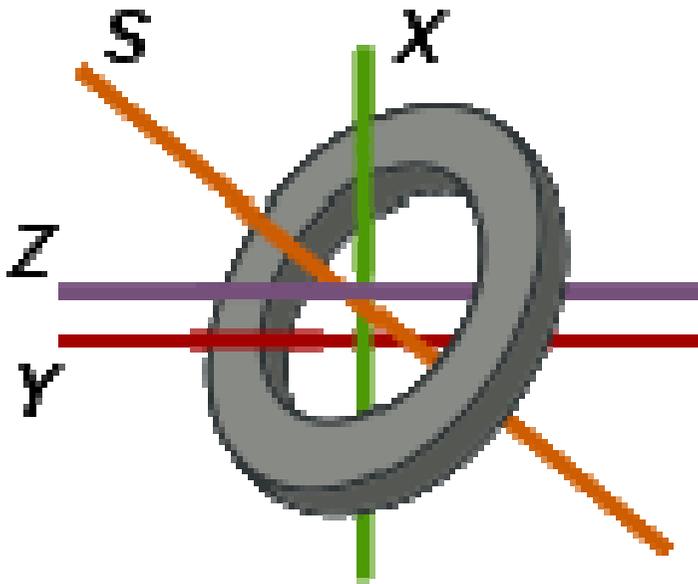
Идея запоминающего устройства в виде матрицы ферритовых сердечников впервые возникла в 1949 г.

Ван Ань (Гарвардский университет) и Джей Форрестер (Массачусетский технологический институт).

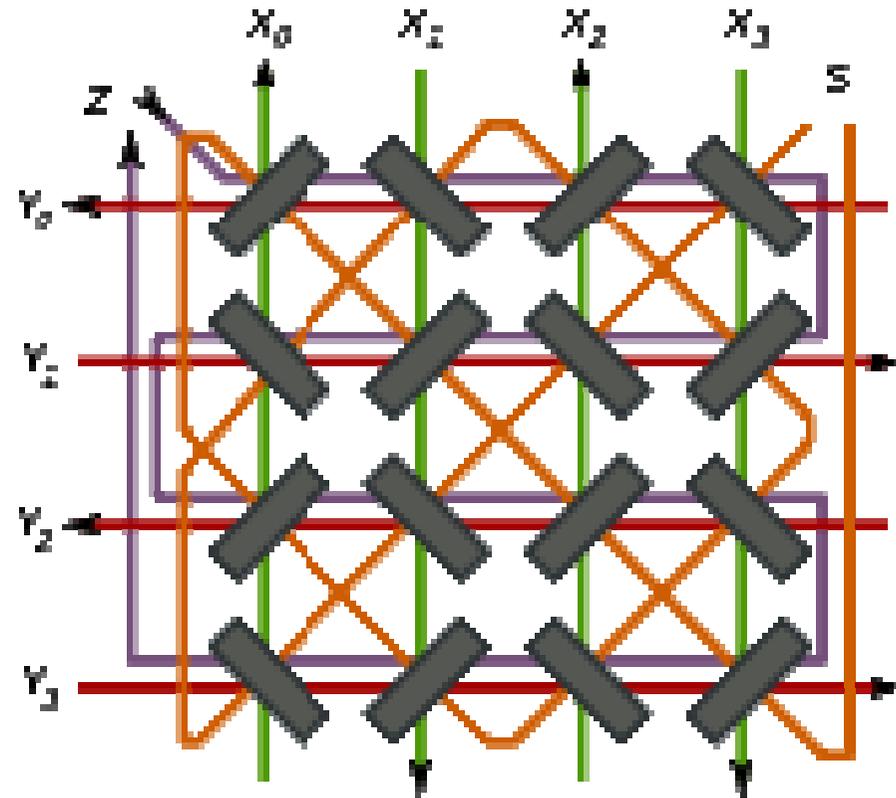
При такой форме записи реализовывался принцип «запись — считывание — восстановление», т.е. процесс считывания разрушал информацию.

Была основным типом компьютерной памяти с середины 1950-х и до середины 1970-х годов.

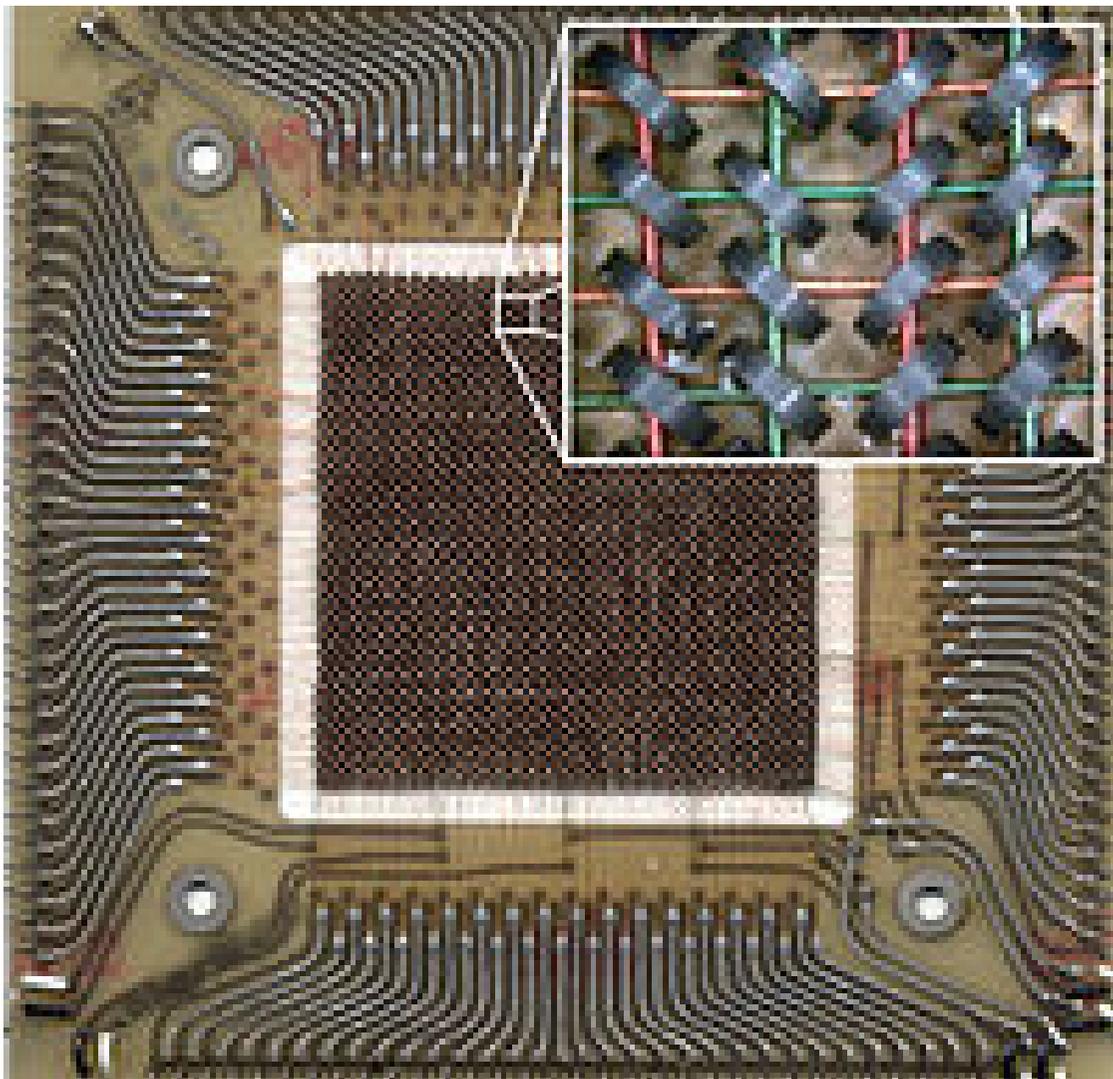
# Память на магнитных сердечниках ( *magnetic core memory* )



**X, Y** — провода  
возбуждения, **S** —  
считывания, **Z** —  
запрета



Матрица памяти на магнитных  
сердечниках позволяет считывать  
или записывать биты только  
последовательно

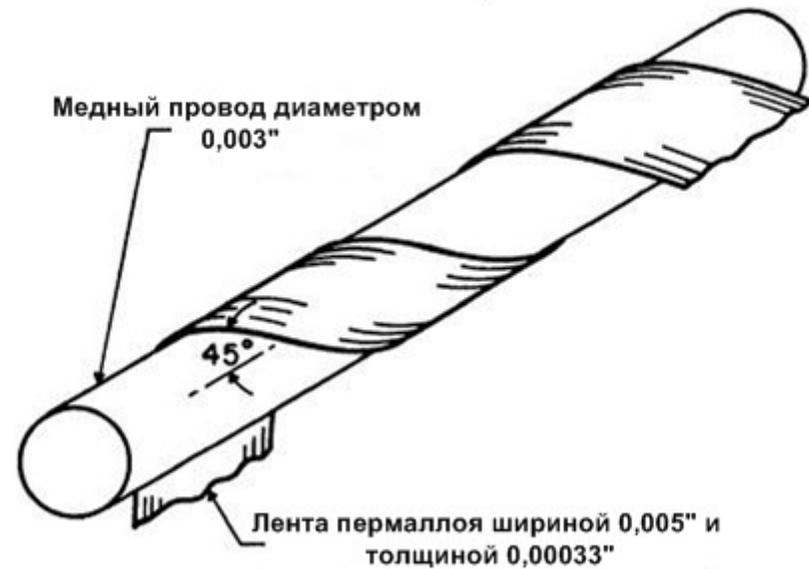


Матрица  
ферритовой  
памяти  
суперкомпьютера  
1964 г. Размер  
10,8 × 10,8 см,  
ёмкость 4096 бит.

# Феритовый куб в сборке



# Twistor memory.



Твистор-кабель

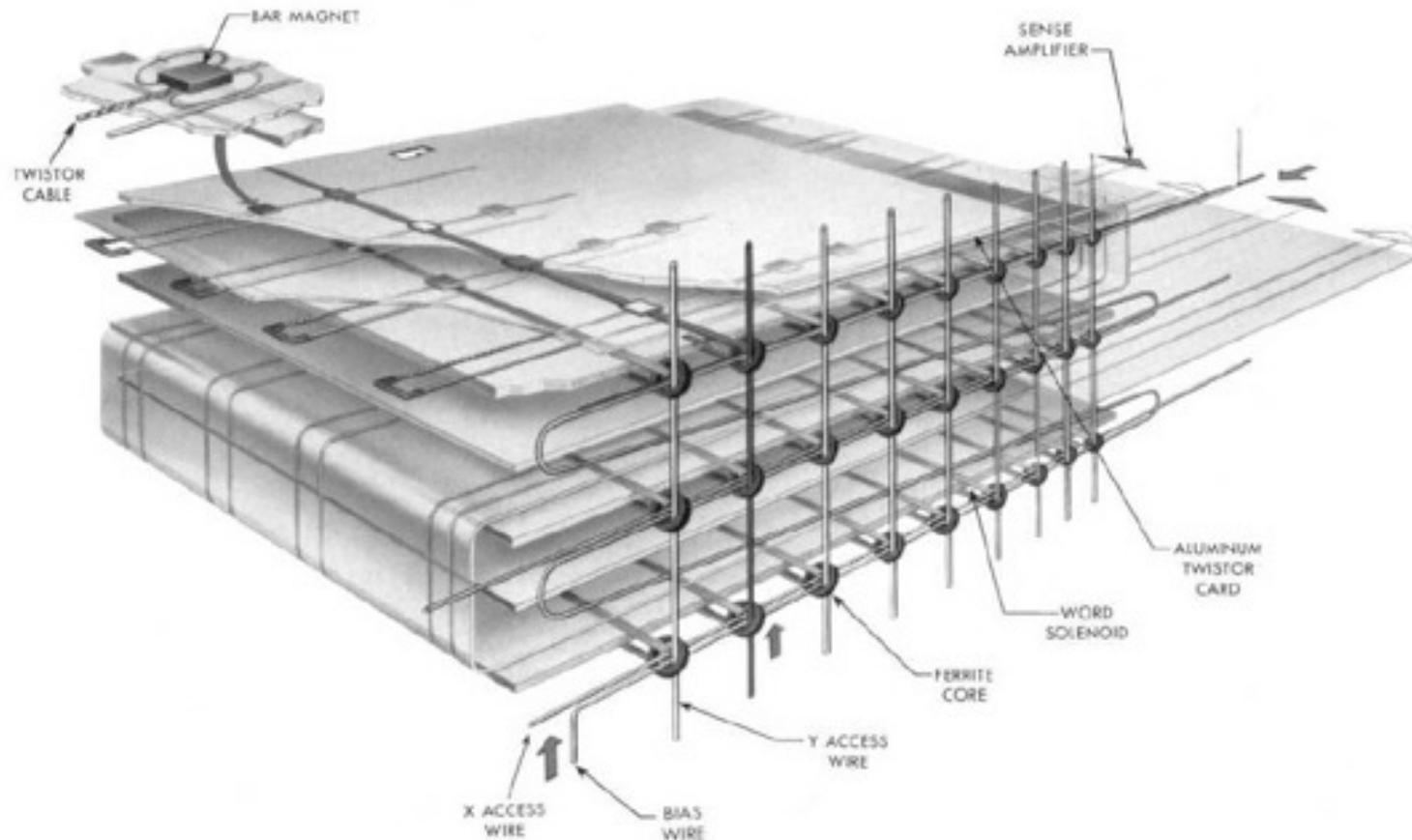
Эндрю Бобек. Американский инженер.

# Упрощенная схема твистор- памяти

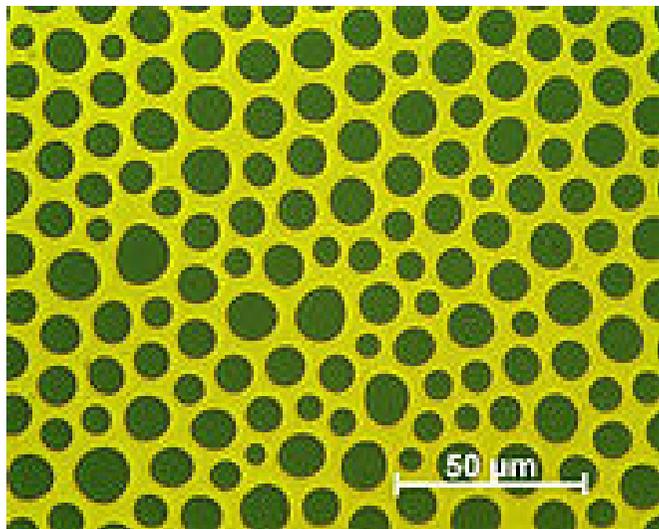
Подмагничивающий кольцевой переключатель



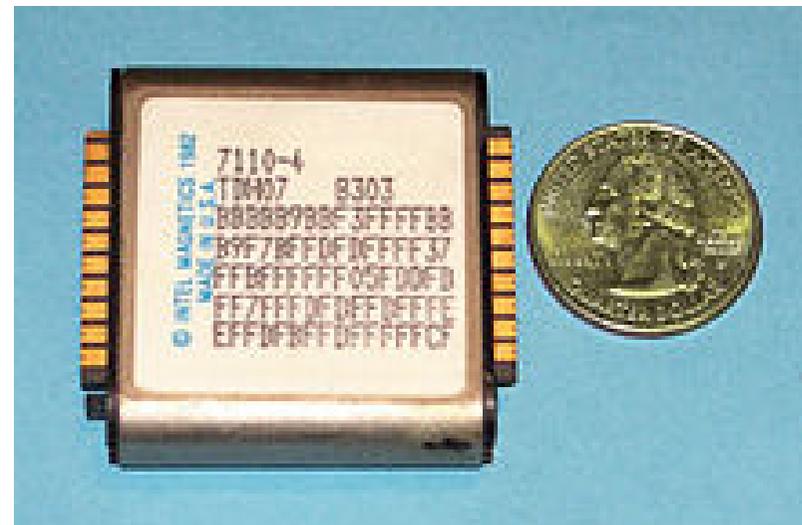
Предложив заменить магнитные кольца твистор-кабелем, Бобек, фактически, решил проблему создания сколь угодно больших по объему массивов памяти.



В 1967 г. **Эндрю Бобек** создал ЦМД-память (bubble memory) на гранатовой пленке (1 см<sup>2</sup> → 4096 бит)



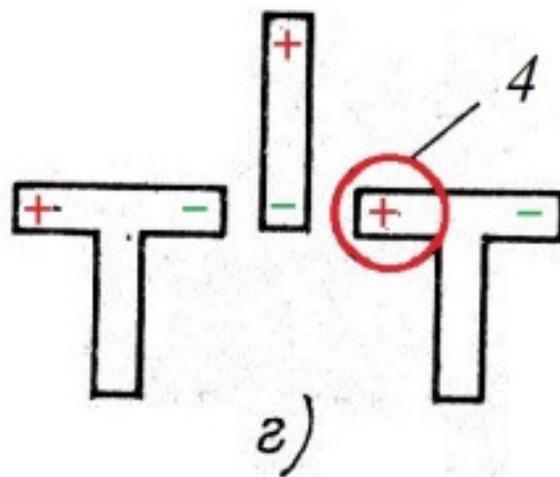
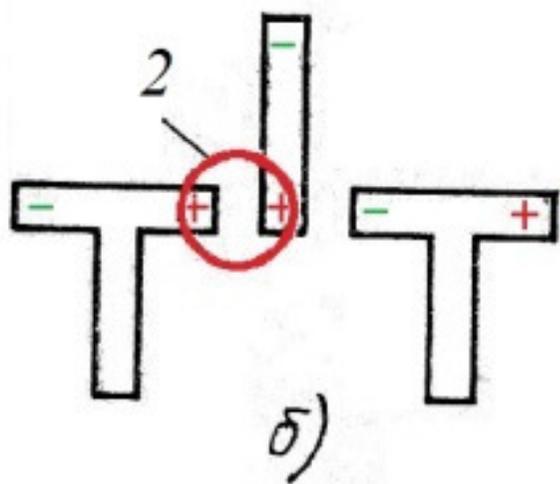
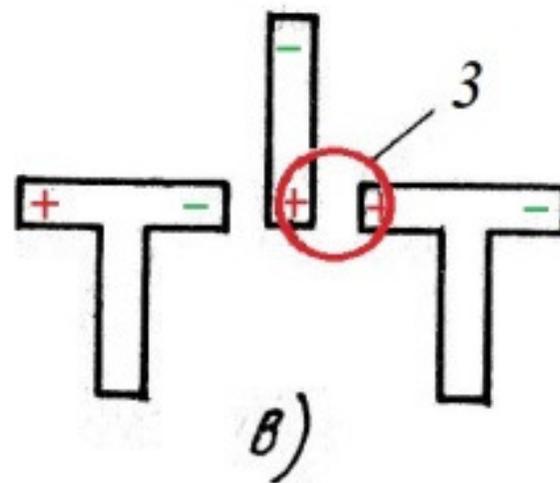
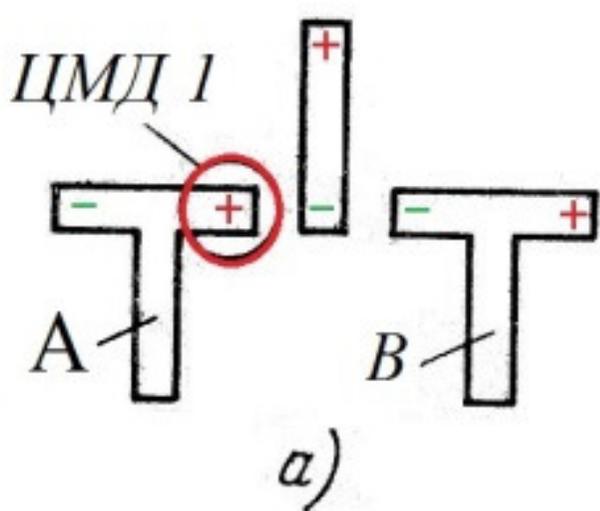
**Решетка ЦМД**  
(цилиндрический магнитный домен)



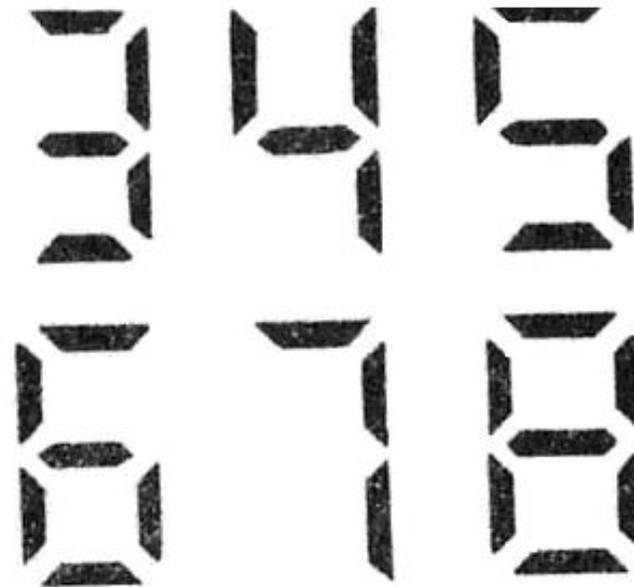
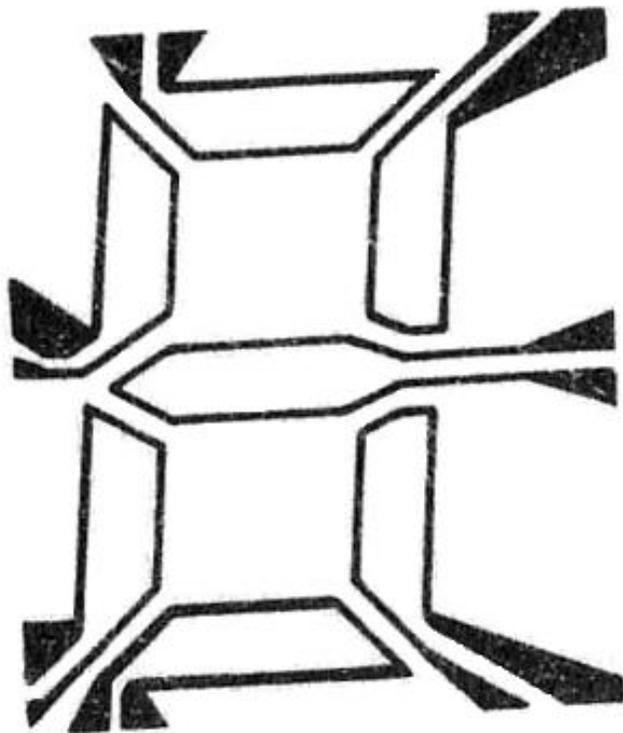
**Модуль ЦМД памяти**  
фирмы Интел.

**ЦМД-память (70-е и 80-е г.г.) – один из видов энергонезависимой памяти**

# Схема управления одиночным ЦМД



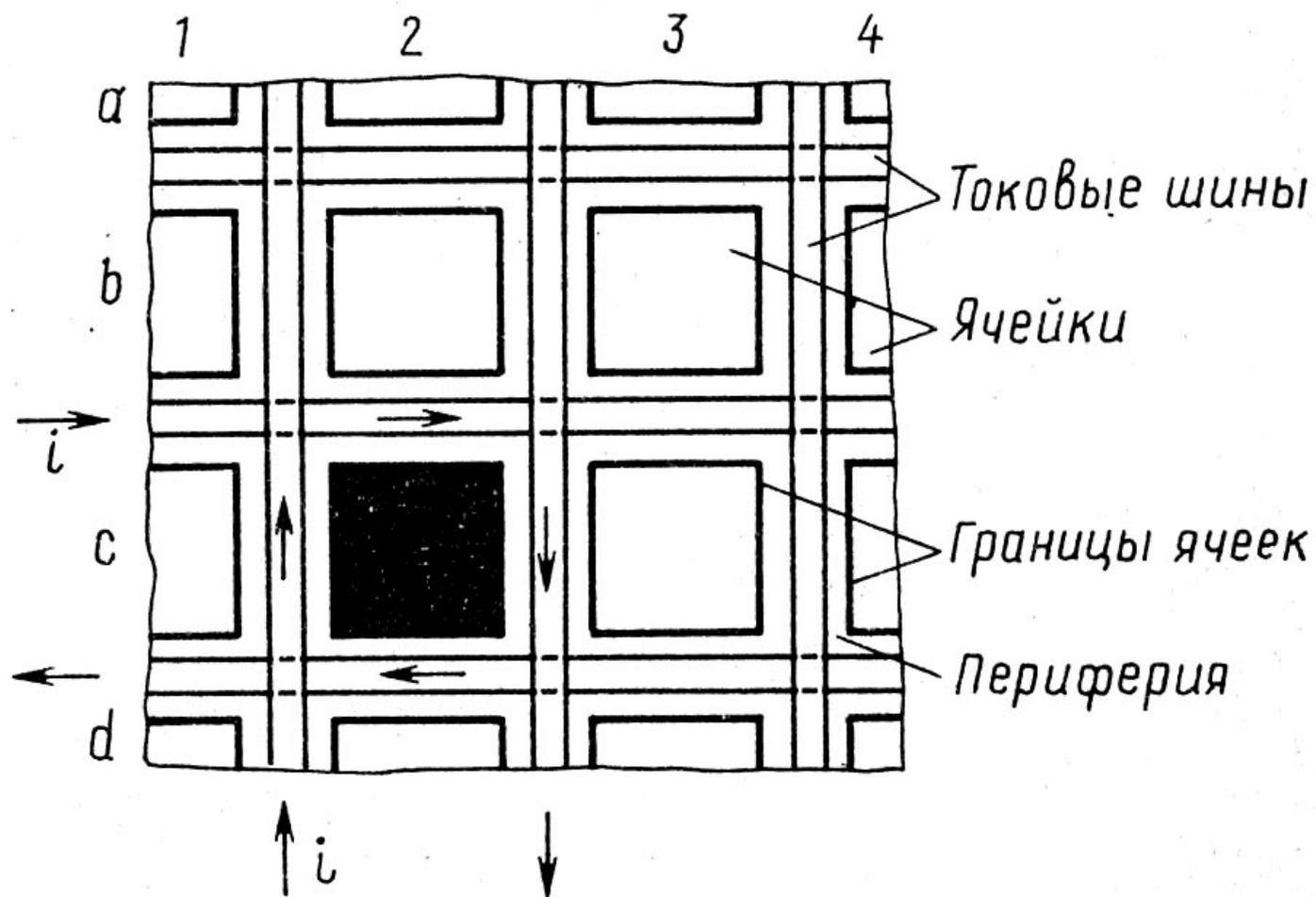
**Фрагмент магнитооптического  
дисплея, созданного на основе  
пленки феррита-граната.**



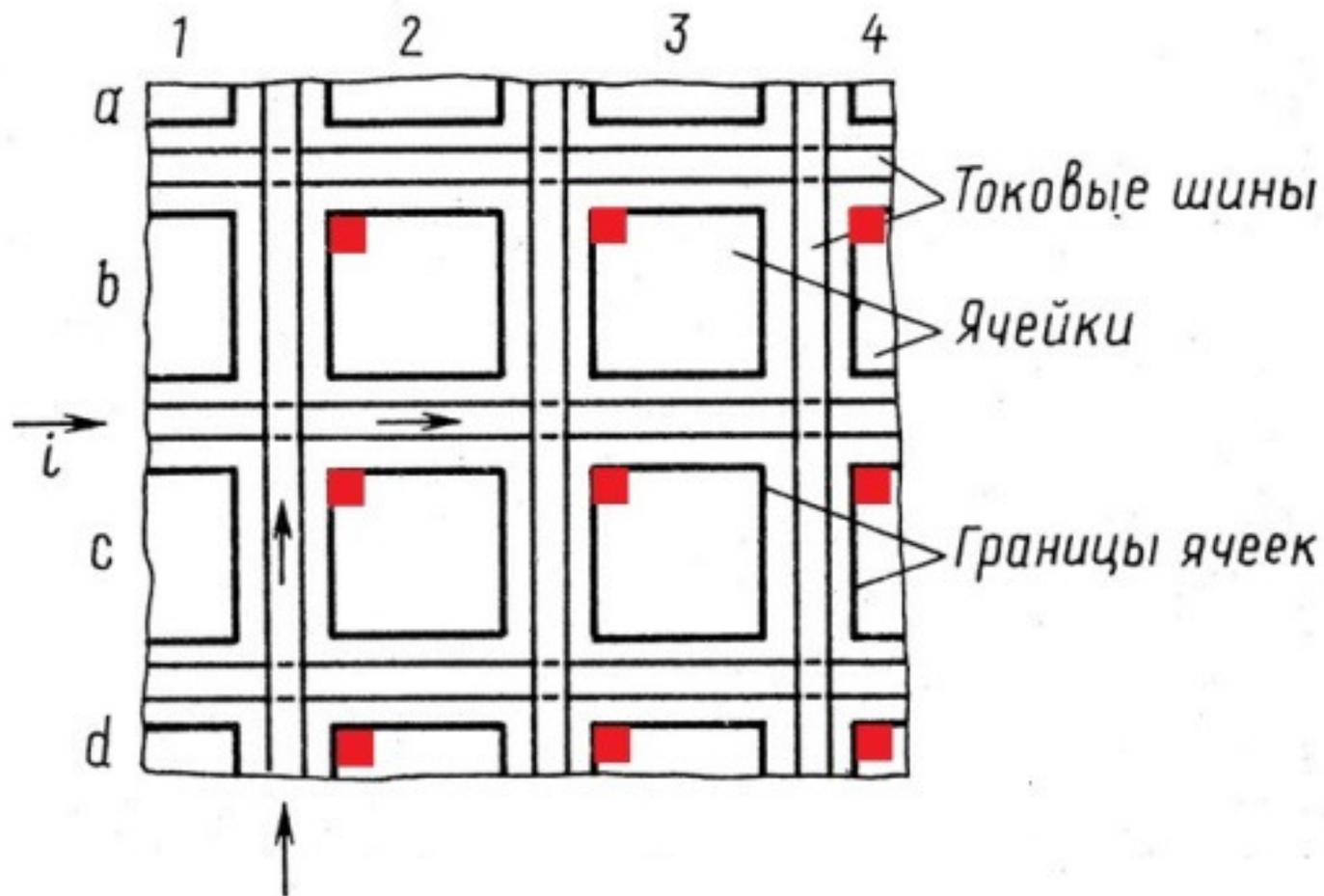


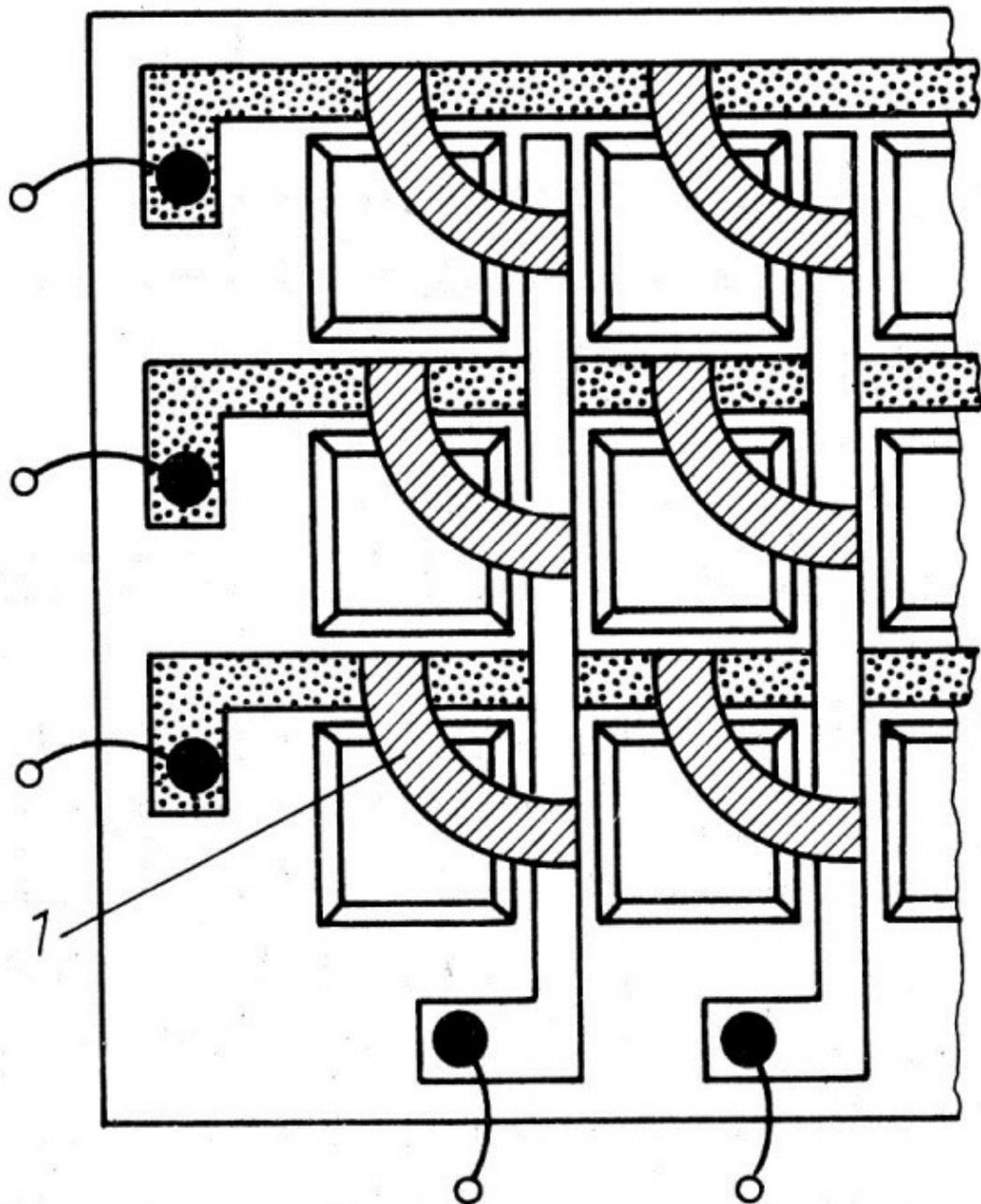
**Пример  
магнитного  
рисунка на  
пленке Ві-  
содержащего  
феррита-  
граната**

# Матричная система управления единицей информации



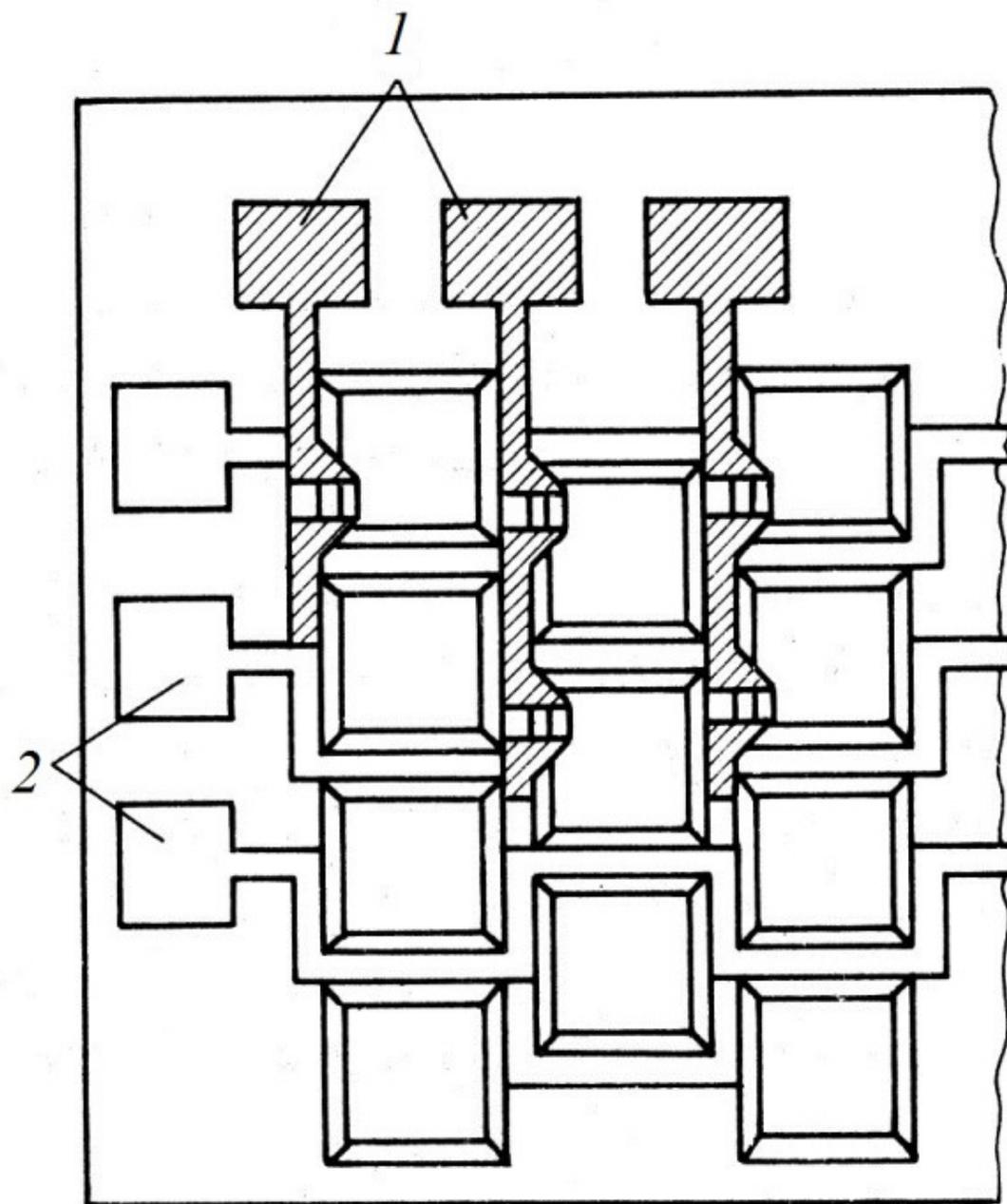
# Запись единицы информации на пленку с ионной имплантацией





**Матричный  
магнитооптический  
управляемый  
транспарант  
(Philips)**

**1- резистивный элемент**

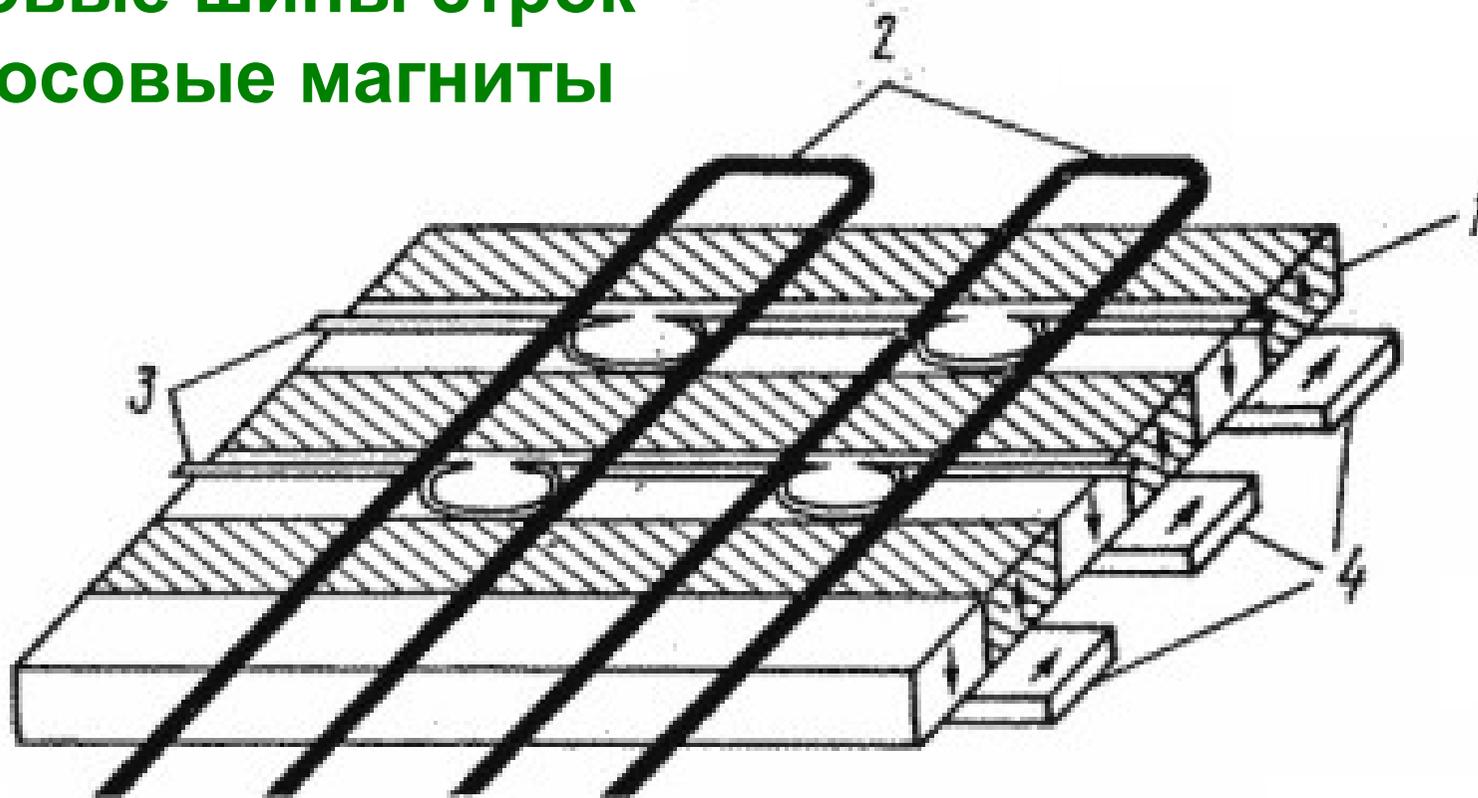


**Матричный  
магнитооптический  
управляемый  
транспарант  
(Philips)**

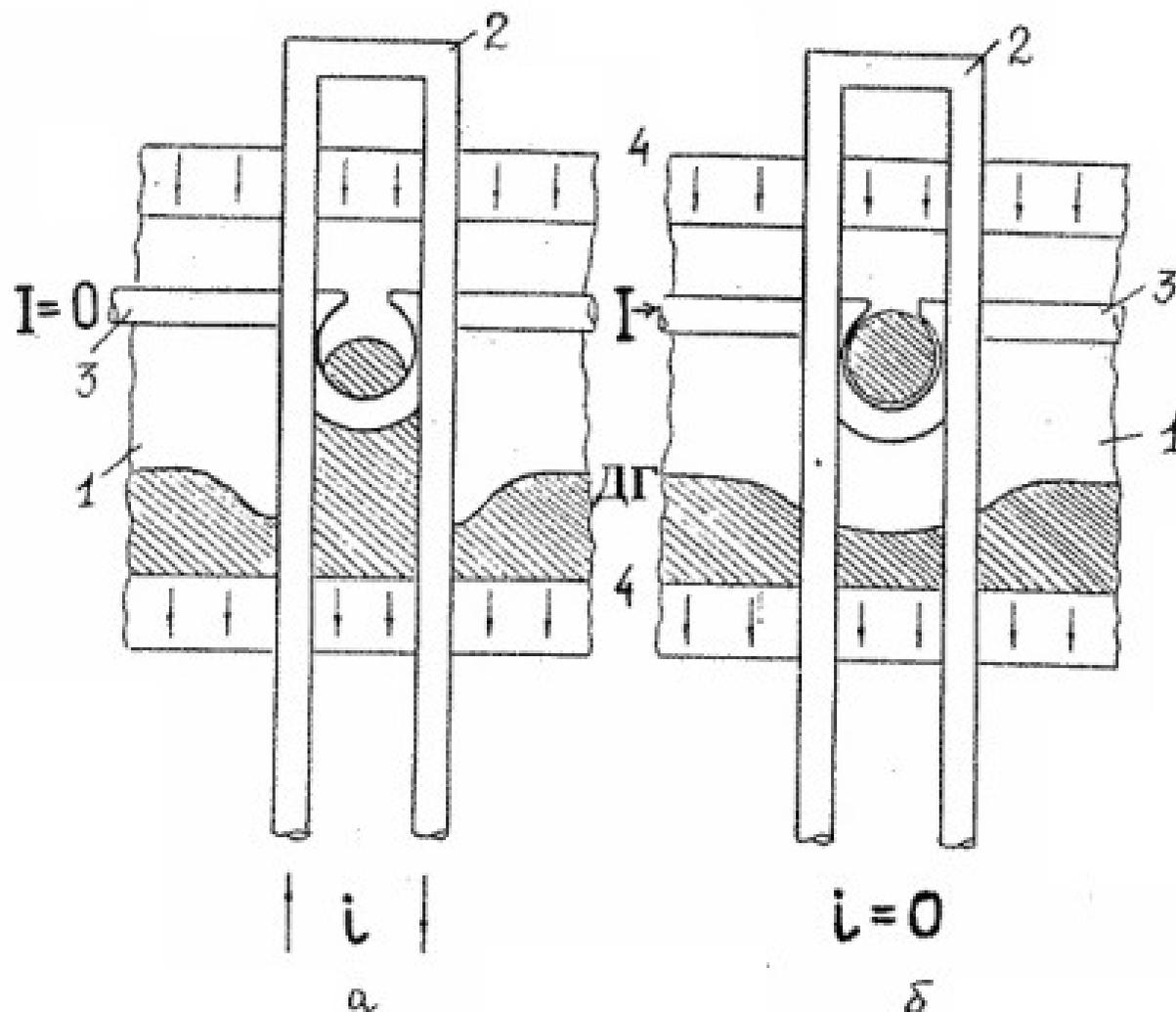
**1 – шины  
разогрева  
2 – шины для  
создания  
импульсного  
магнитного поля**

# Магнитооптический управляемый транспарант

1. Пластинка ортоферрита иттрия
2. Токовые шины столбцов
3. Токовые шины строк
4. Полосовые магниты

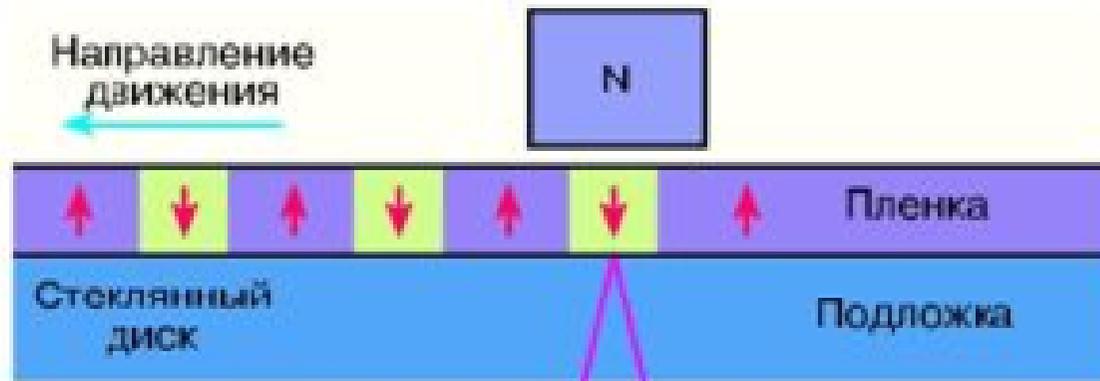


# Запись единицы информации

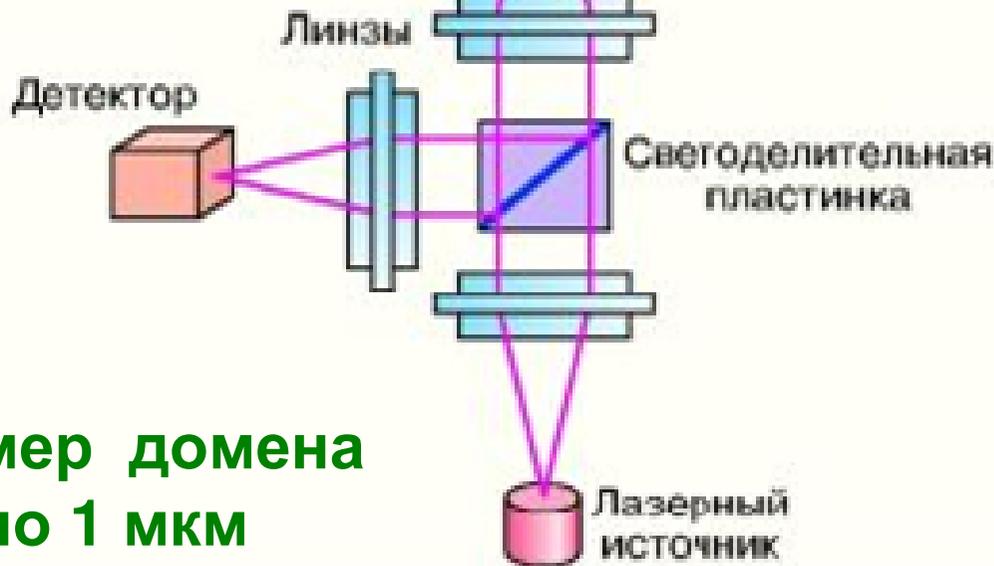


1. Пластинка ортоферрита иттрия
2. Токowe шины столбцов
3. Токowe шины строк

# Схема магнитооптической записи информации



$H = 200 - 400 \text{ Э}$



Размер домена  
около 1 мкм

Эффективными  
составами для  
магнитооптической  
записи считаются  
 $\text{GdFe}$ ,  $\text{TbCo}$ ,  $\text{TbFe}$ ,  
 $\text{TbFeCo}$ ,  $\text{Co/Pt}$ ,  $\text{Co/Pd}$

# Продольная и поперечная магнитная запись

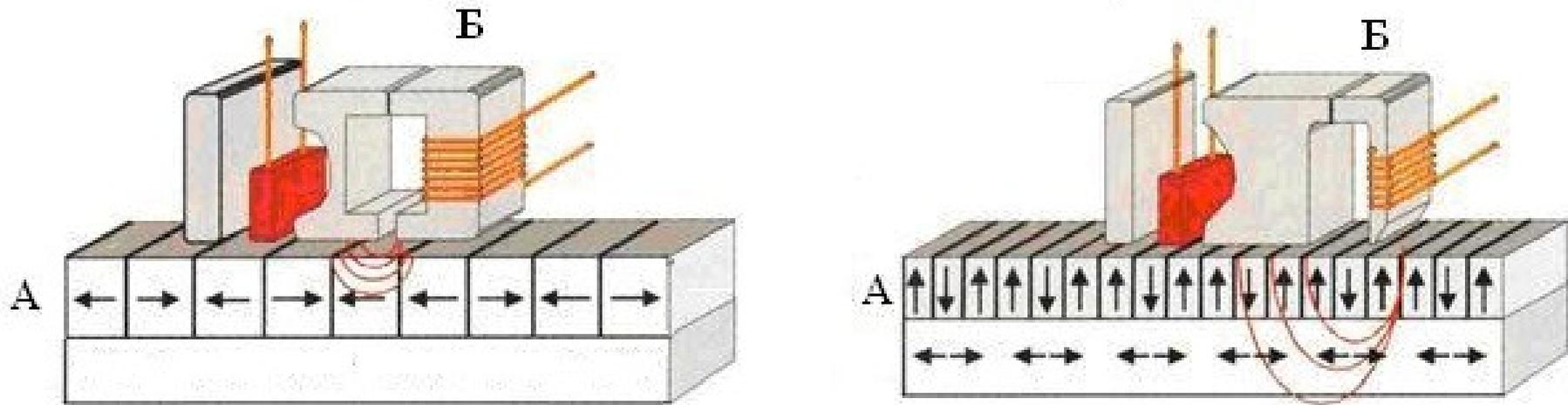
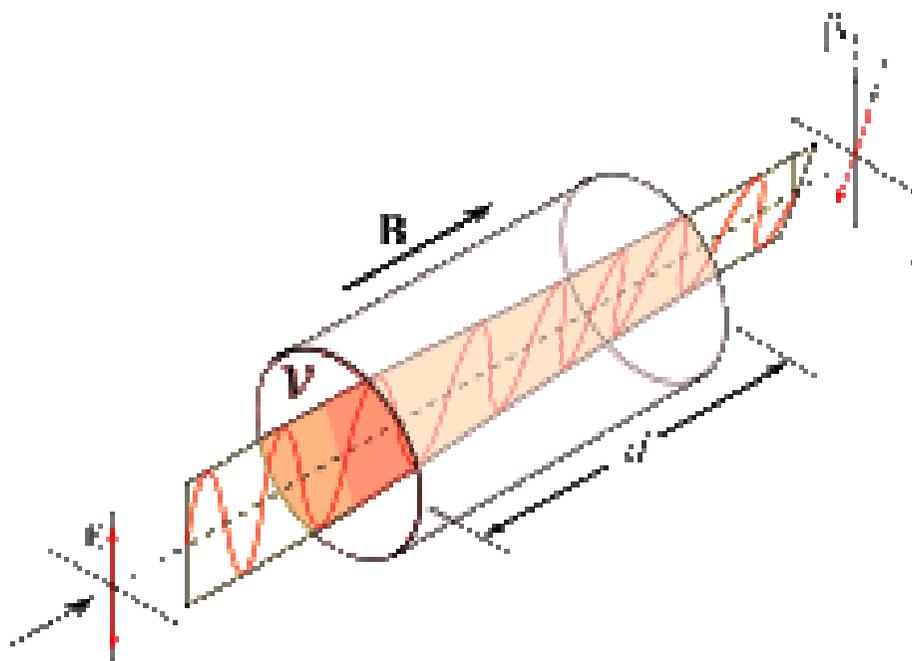


Схема продольной и поперечной записи на магнитный диск: А – ферромагнитный слой, Б – записывающая головка.

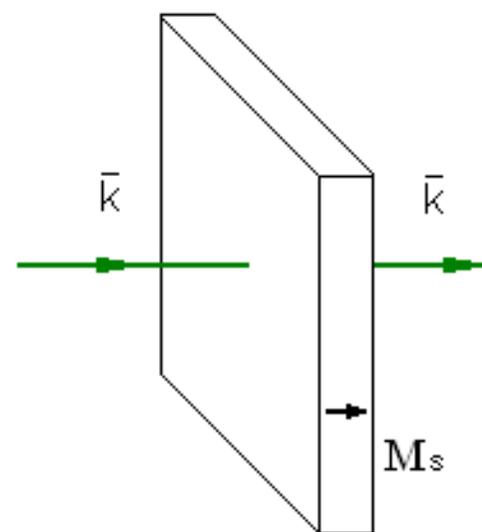
# Магнитная запись информации.

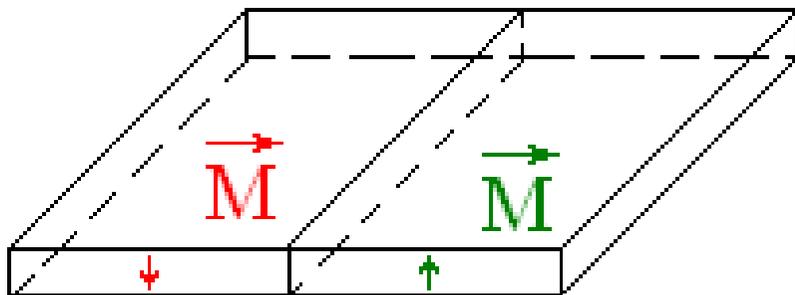
- **Магнитная звукозапись**
- **Устройства для вычислений**
  - Счетные механические устройства
  - Двоичная система счисления
  - Булева алгебра
  - Жаккардова машина
  - Первые компьютеры
- **Магнитная запись информации**
  - Память на магнитных сердечниках
  - Twistor memory
  - ЦМД память (цилиндрические магнитные домены)
  - Магнитооптические управляемые транспаранты (МОУТ)
  - Магнитооптическая запись
  - Продольная и поперечная запись

# Эффект Фарадея. (1845г.)

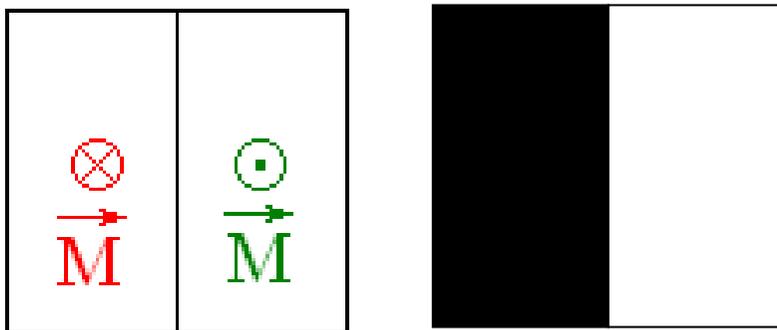


Вращение  
плоскости  
поляризации и  
появление  
эллиптичности  
линейно  
поляризованного  
света.

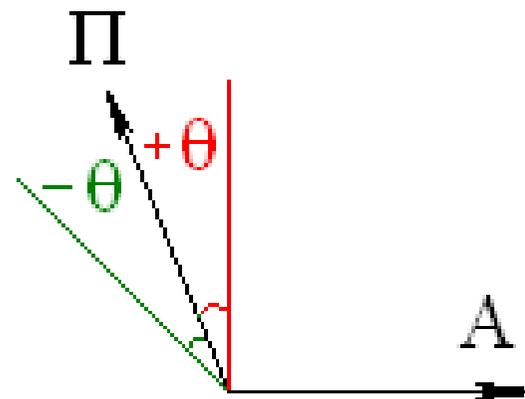




Направление намагниченности в соседних доменах в одноосной пленке.



Направление намагниченности в соседних доменах в одноосной пленке. Вид сверху.



Взаимное расположение главных осей поляризатора и анализатора и поворот плоскости поляризации света, прошедшего через домены с противоположной намагниченностью

**Вид сверху.**