



Софийски университет “Св. Климент Охридски”  
Физически факултет, катедра Квантова електроника

---

## ОПТИЧНИ КОМУНИКАЦИИ - ПРИНЦИПИ

### А. Драйшу

- Алфред Нобел и Нобеловите награди
  - Нобеловите награди за физика зя 2009г.
    - Принципи в основата на оптичните комуникации
      - Полупроводникови комуникации
      - WDM комуникационни системи
      - CCD сензори
      - Перспективи за развитие.



KUNGL.  
VETENSKAPS-  
AKADEMIEN

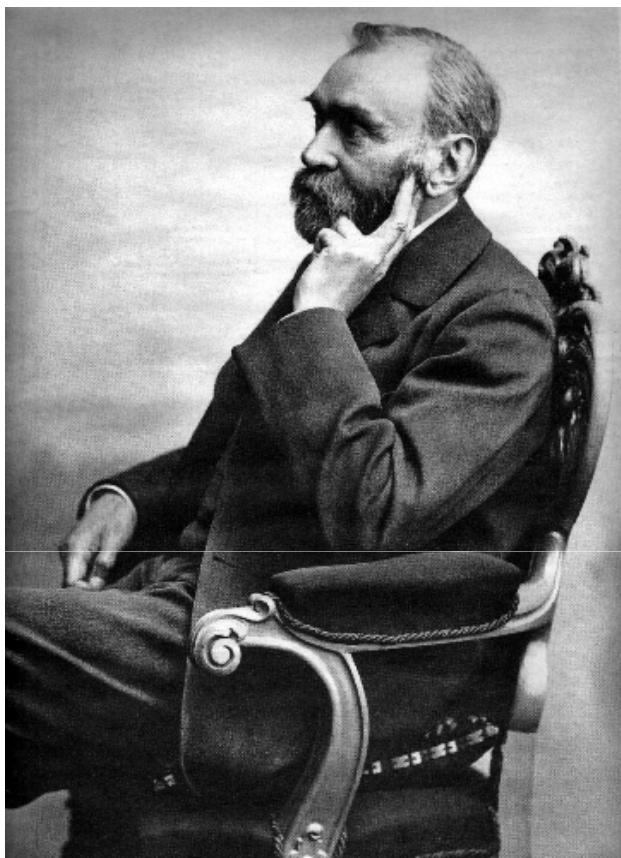
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

6 OCTOBER 2009



# Нобеловите награди за физика за 2009 година

СУ, ФзФ, 15.07.2015г.



**Alfred Bernhard Nobel  
(1833-1896)**

**... химик, инженер, изобретател,  
полиглот, индустриалец, поет ....**

**... автор на 355 патента**

**1884 г. – член на Шведската кралска  
академия на науките**

**1895 г. – основател на Нобеловата  
награда за химия, физика, медицина,  
литература ( за мир и за икономика)**

**1956 г., Дубна – синтезиран елемент  
Нобелиум (ат. № 102).**



# Нобеловите награди за физика за 2009 година



**Charles K. Kao**

*"for groundbreaking achievements concerning the transmission of light in fibers for optical communication"*

# Нобеловите награди за физика за 2009 година



**Charles K. Kao**

**Standard Telecommunication Laboratories Harlow, UK;  
Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China**

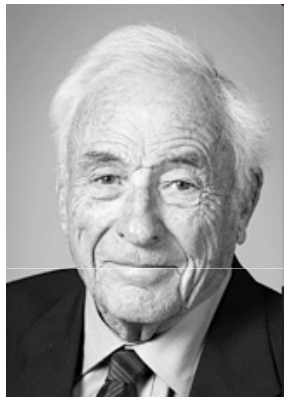
# Нобеловите награди за физика за 2009 година



**Willard S. Boyle и George E. Smith**

*"for the invention of an imaging semiconductor circuit – the CCD sensor"*

# Нобеловите награди за физика за 2009 година



**Willard S. Boyle и George E. Smith**

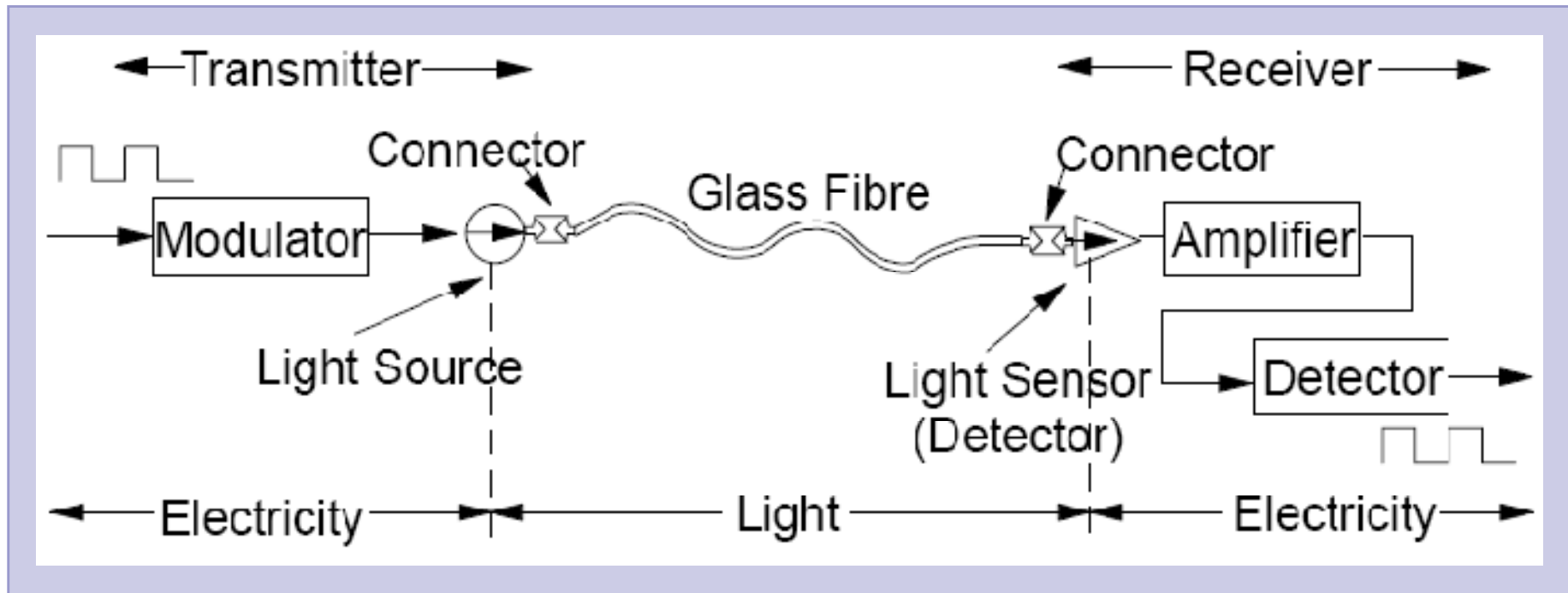
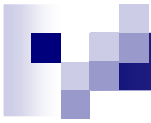
**Bell Laboratories, Murray Hill, NJ, USA**



# Да споменем предшествениците...

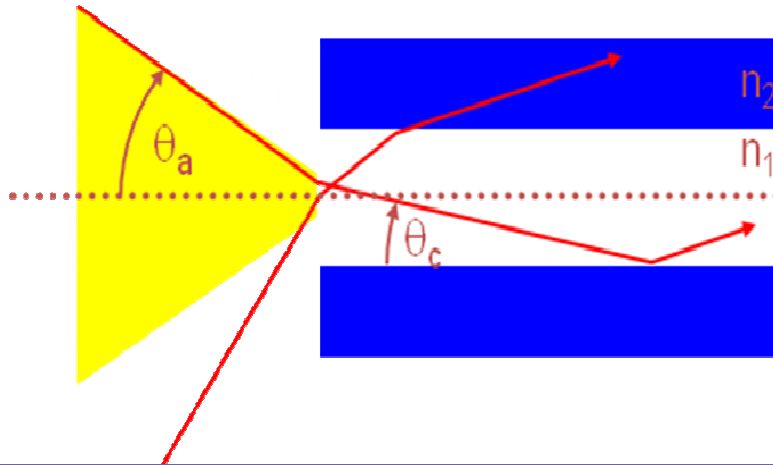
---

- ❖ **G. Marconi, K.F. Brown** – преди 100 години  
“за развитието на безжичната телеграфия”
- ❖ **C. Townes, N. Basov, A. Prokhorov** – 1964г.  
“за изобретяването на лазера”
- ❖ **Z. Alferov, H. Kroemer** – 2000г.  
“за създаването на хетероструктурния  
полупроводников лазер”



*Предаване на оптични сигнали – схема.*

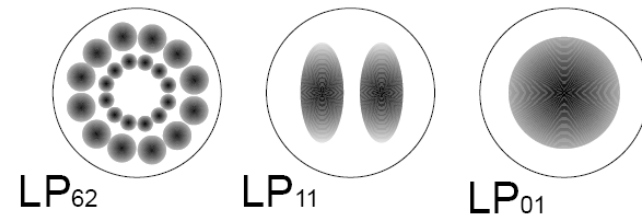
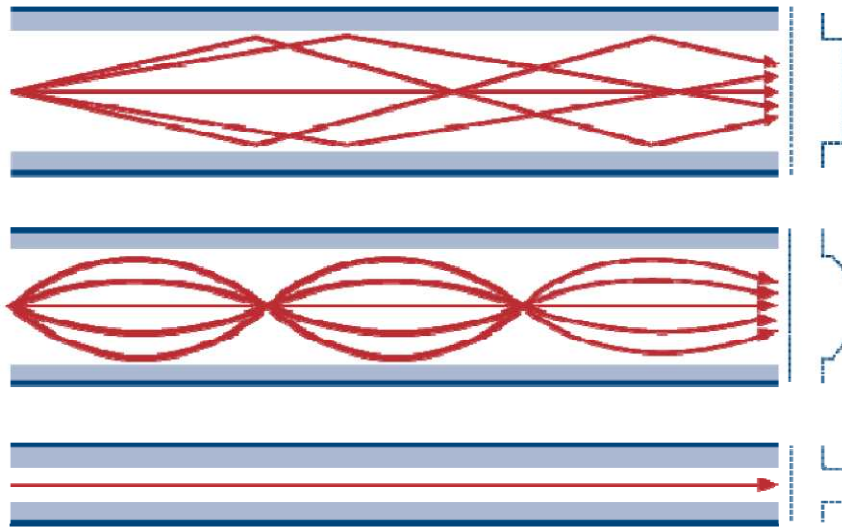
# Механизъм – пълно вътрешно отражение



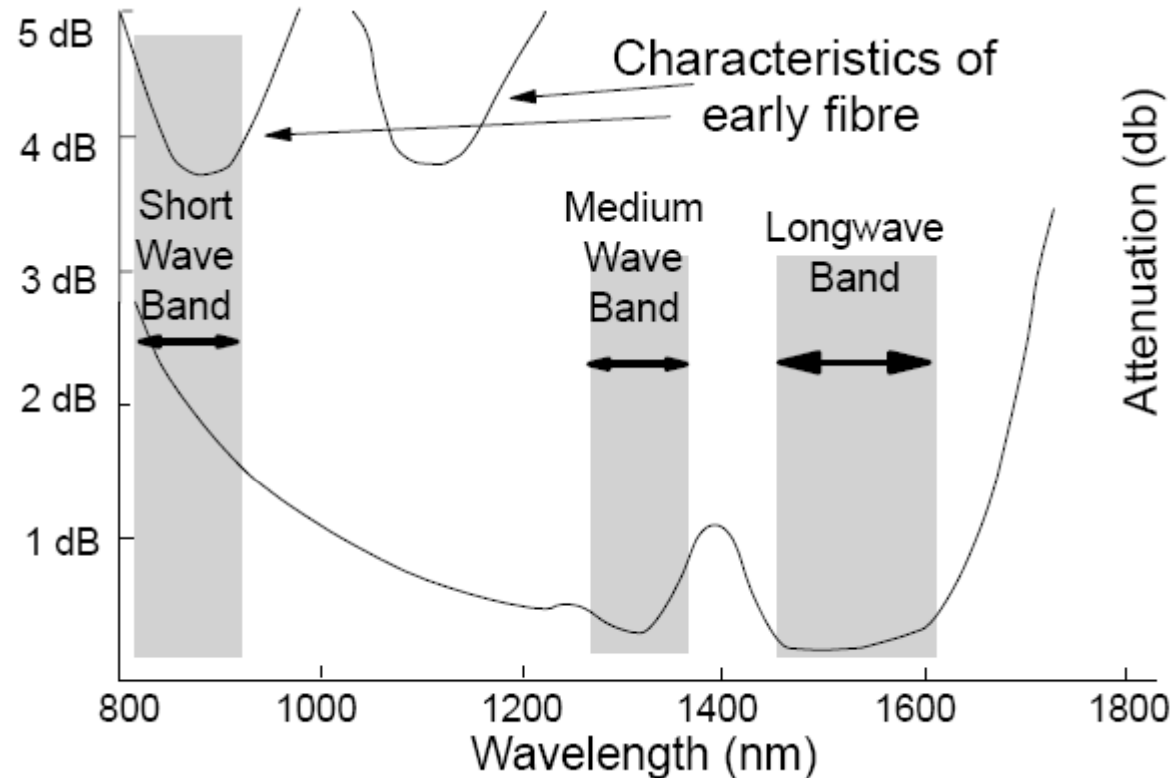
$$NA = \sin(\theta_0) \approx \sqrt{2n_c \Delta n}$$

$$\varphi_0 \sim 6^\circ$$

$$NA = \sin(\theta_0) \sim 0.1$$



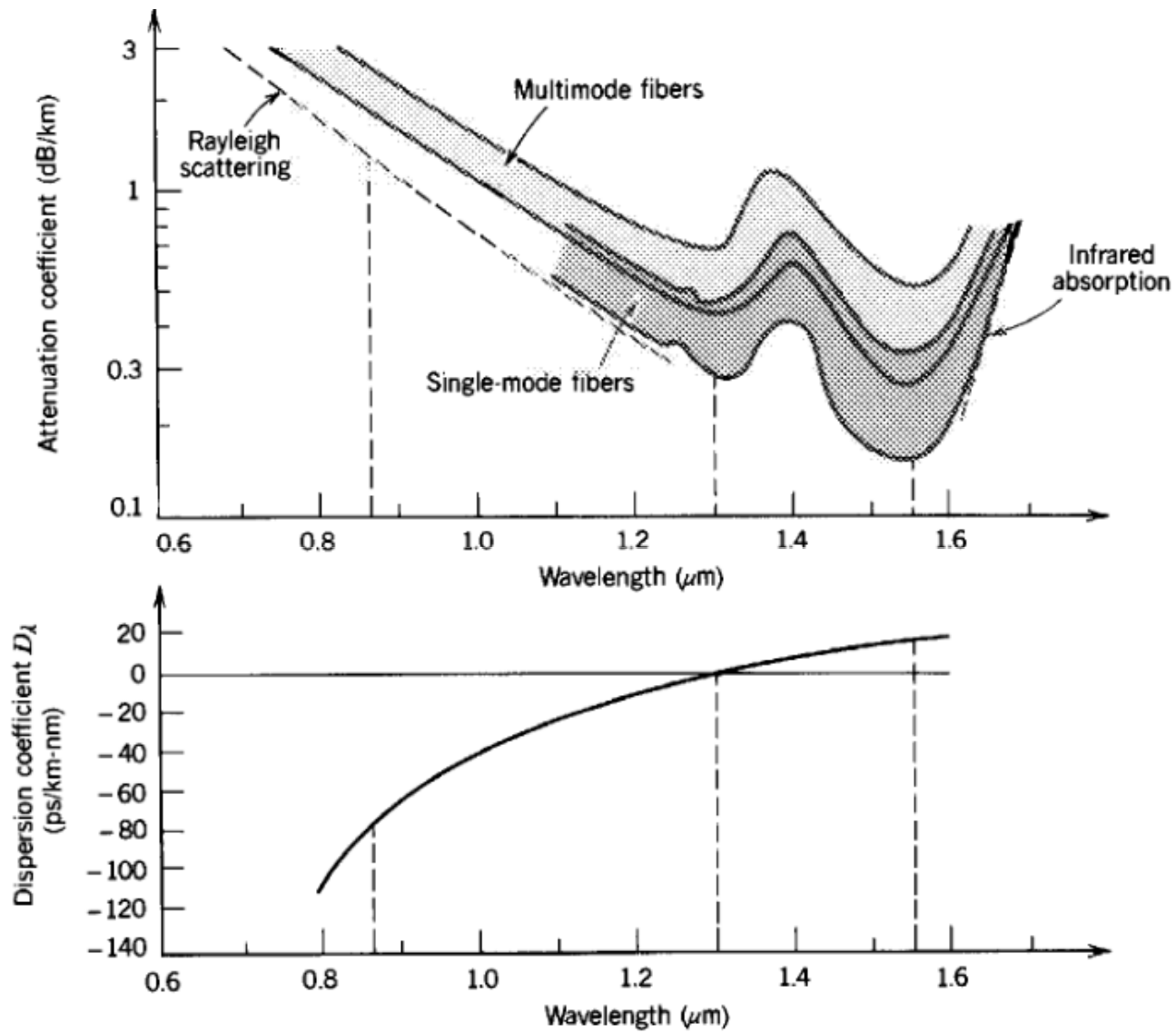
## Ивици на пропускане на силициеви влакна



$1000\text{dB/km} \rightarrow P(L)/P(0)=0.01$  при  $L=20\text{m}$

$20\text{dB/km} \rightarrow P(L)/P(0)=0.01$  при  $L=1000\text{m}$

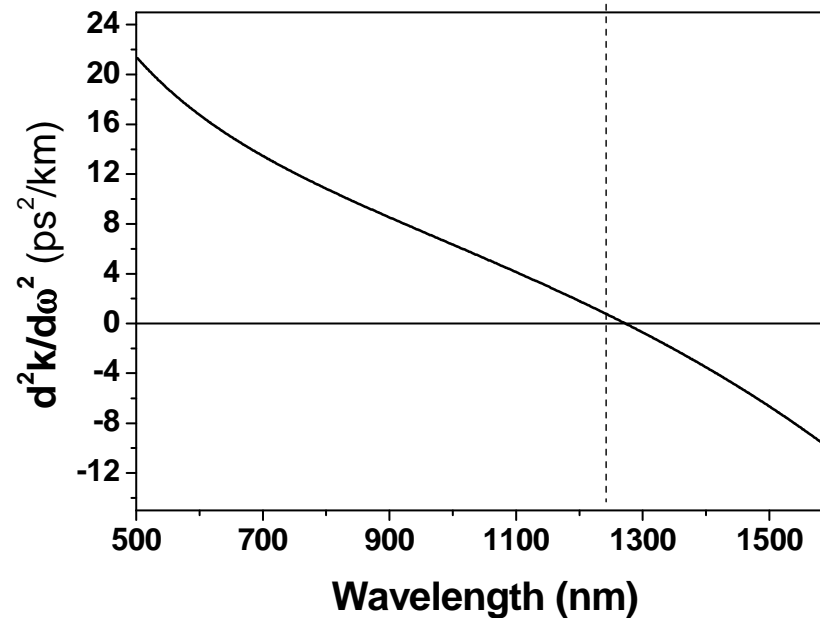
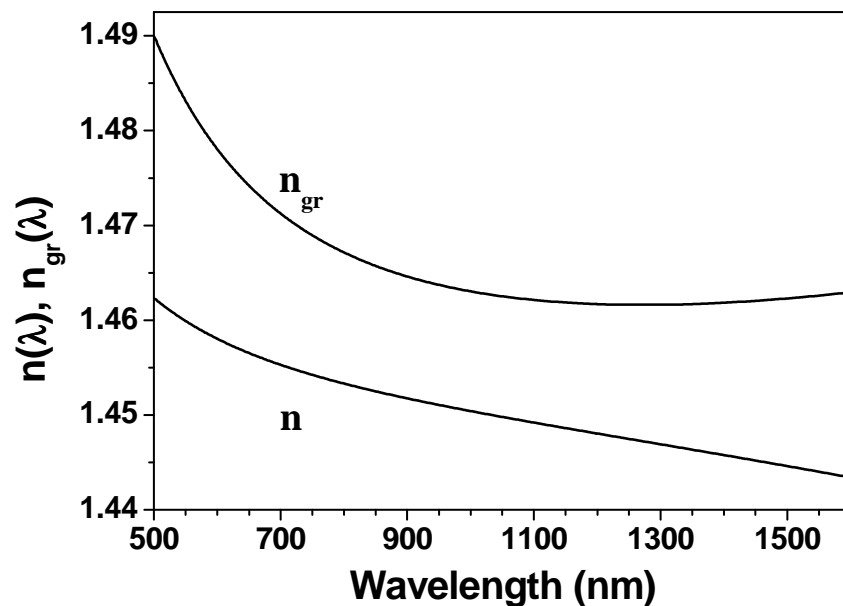
$0.2\text{dB/km} \rightarrow P(L)/P(0)=0.95$  при  $L=1000\text{m}$



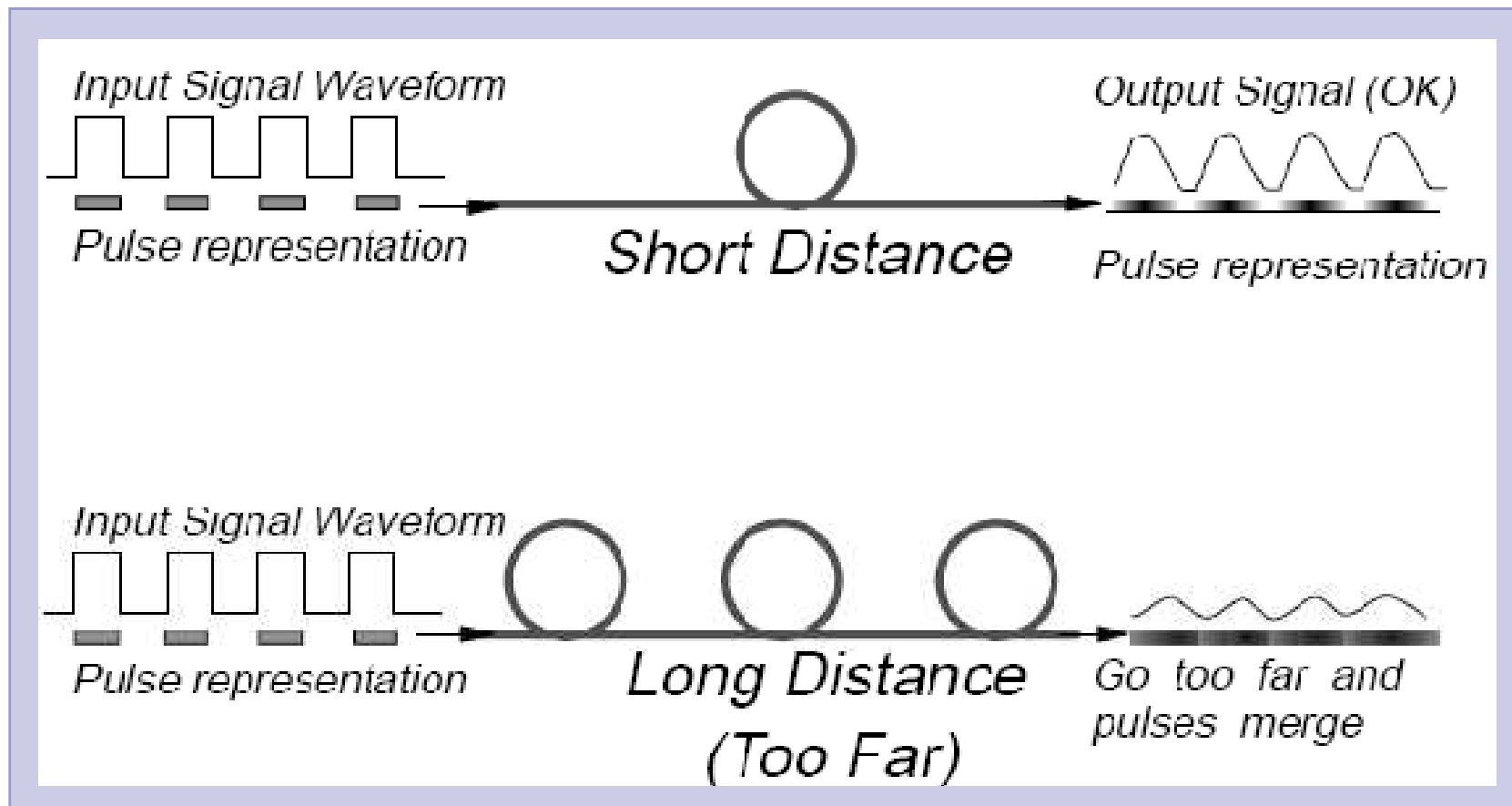
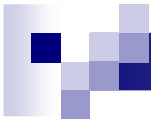
➤ *показател на пречупване*

➤ *групов показател на пречупване*

➤ *дисперсия на груповата скорост*



$$n_{gr} = n(\omega_0) + \omega_0 \left( \frac{dn}{d\omega} \right)_{\omega_0} \quad / \quad \left( \frac{d^2k}{d\omega^2} \right)_{\omega_0} = \frac{1}{c} \left[ 2 \frac{dn}{d\omega} + \omega \frac{d^2n}{d\omega^2} \right]_{\omega_0} \approx \frac{\omega}{c} \frac{d^2n}{d\omega^2} \Big|_{\omega_0} = \frac{\lambda^3}{2\pi c^2} \left( \frac{d^2n}{d\lambda^2} \right)_{\lambda_0}$$





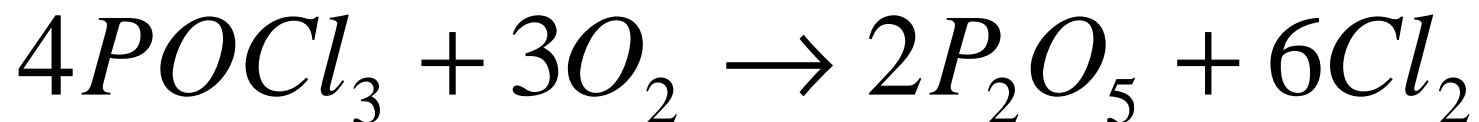
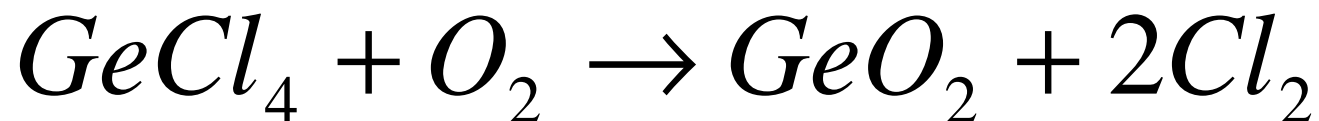
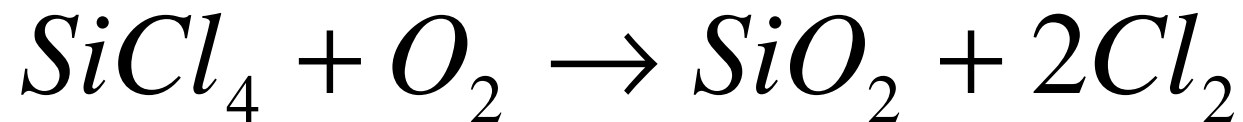
## ***Технология на производството на оптични влакна***

- Замърсителяте от “преходни метали” (Fe, Cu, Ni, V, Cr, Mn) -  $< 1/10^9$ .
- Допустимото ниво на замърсяване с вода –  $< 1/10^8$ .
- Методи: **MCVD** (Modified Chemical Vapour Deposition) , **OVD** (Outside Vapour Deposition) и **VAD** (Vapour-phase Axial Deposition)



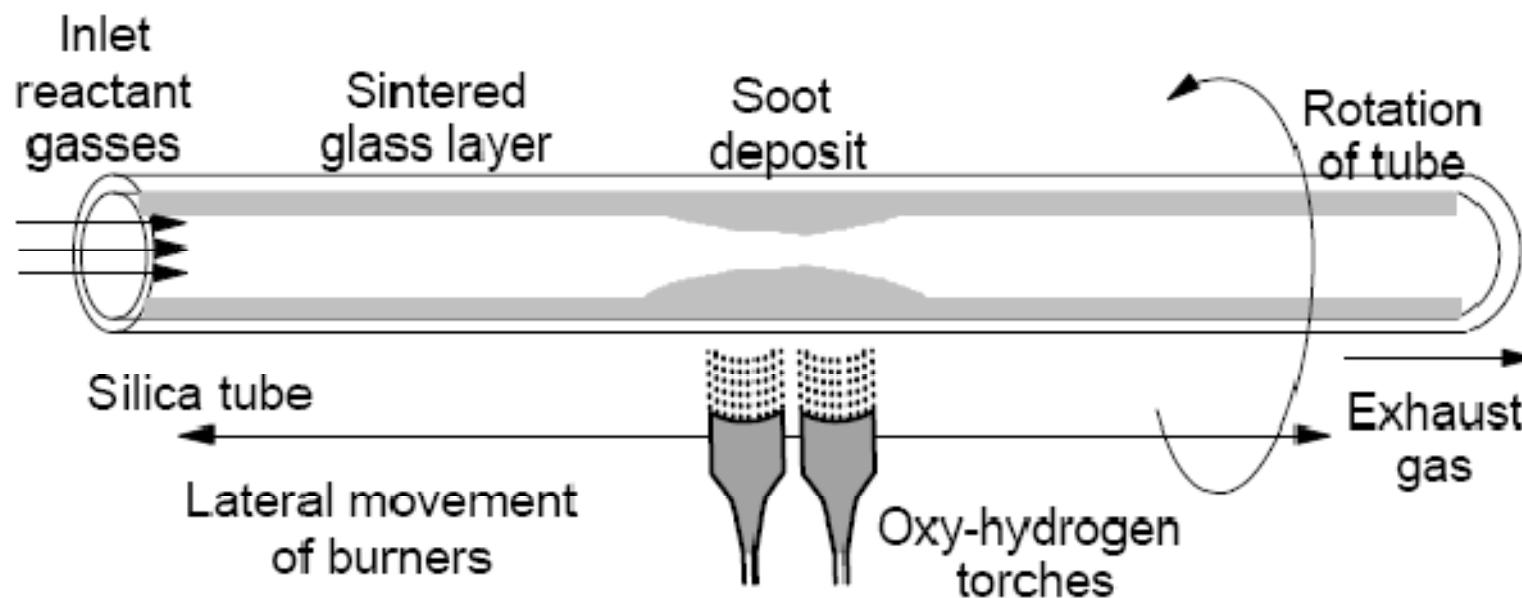
# ***Технология на производството на оптични влакна***

- ***MCVD*** (Modified Chemical Vapour Deposition)



# Технология на производството на оптични влакна

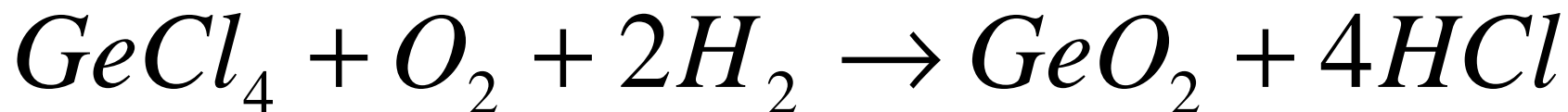
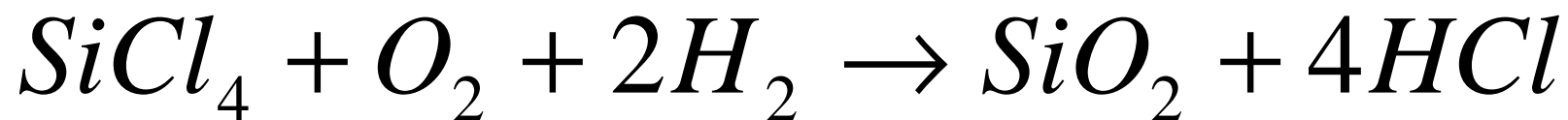
- **MCVD** (Modified Chemical Vapour Deposition)





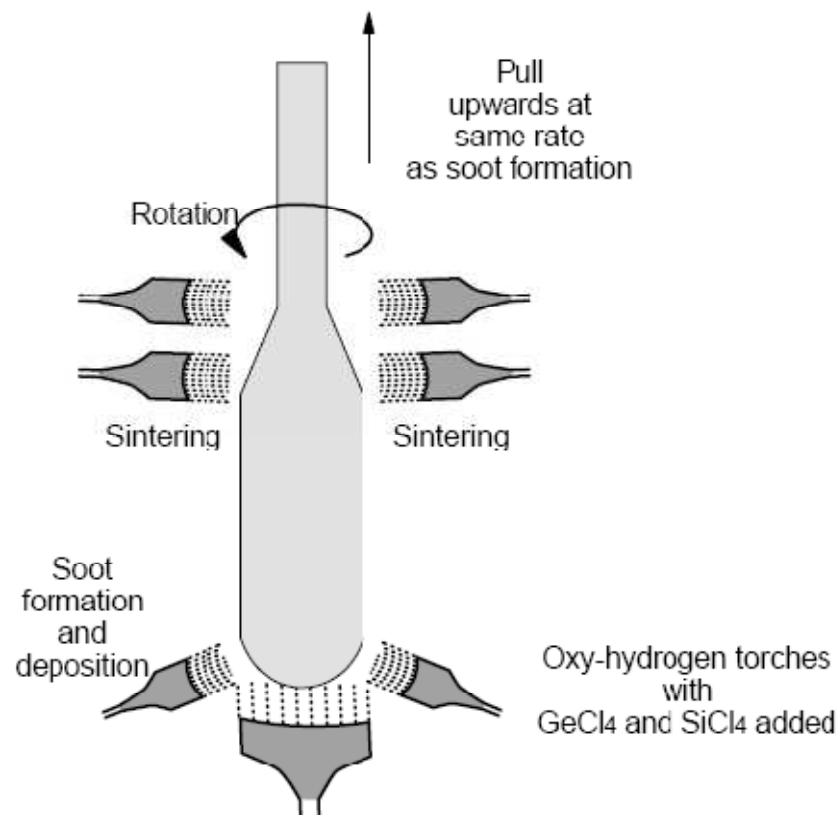
## *Технология на производството на оптични влакна*

- **VAD** (Vapour-phase Axial Deposition)

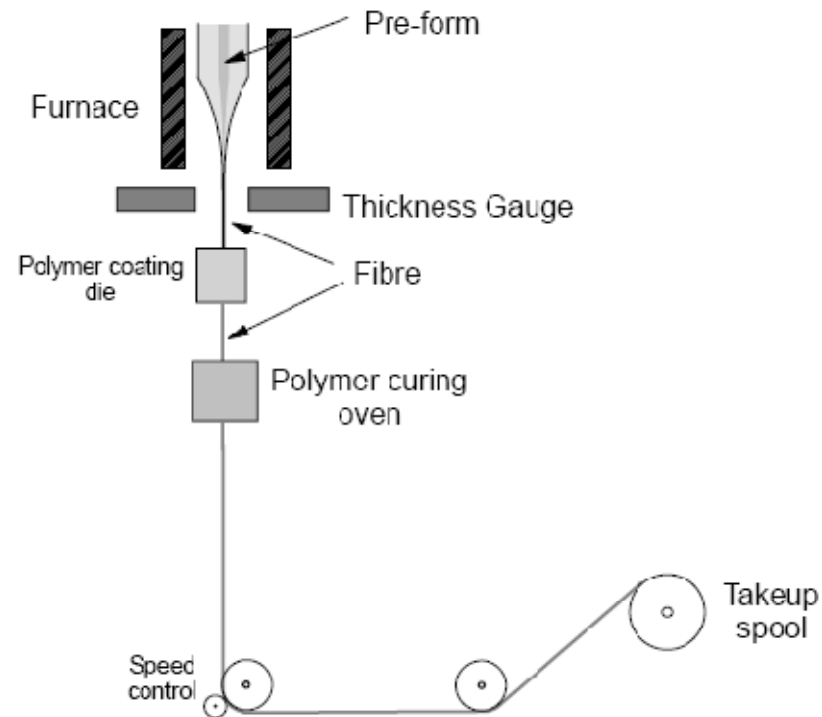


# Технология на производството на оптични влакна

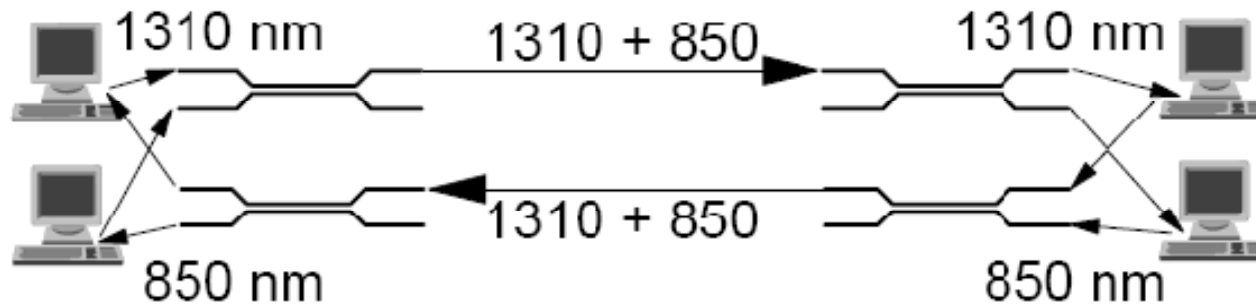
- **VAD** (Vapour-phase Axial Deposition)



# *Технология на производството на оптични влакна*

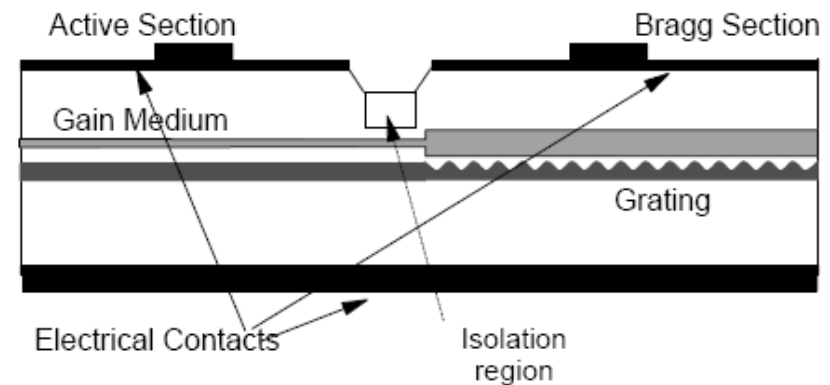
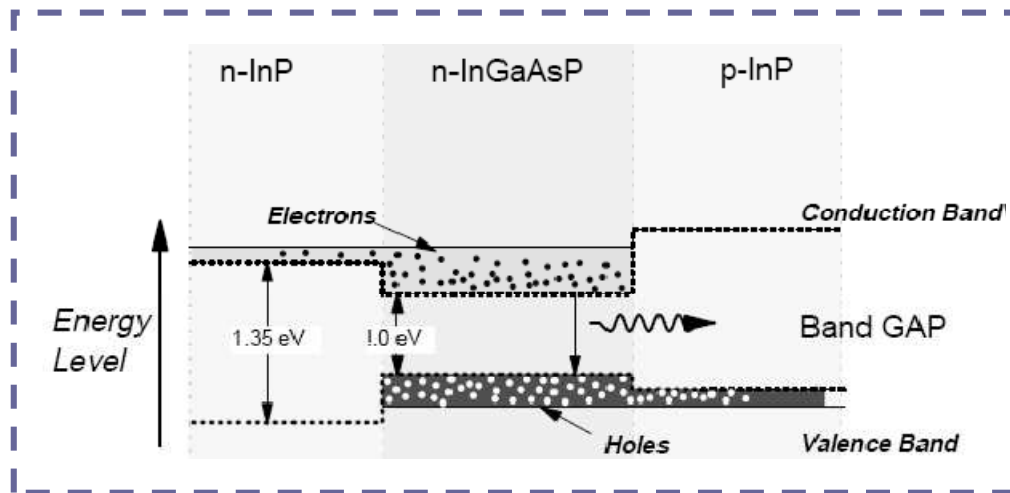


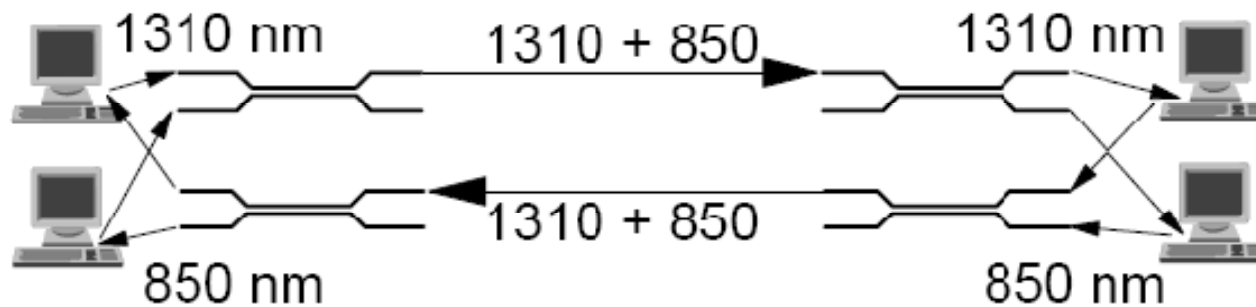
*Кула за изтегляне на влакно.*



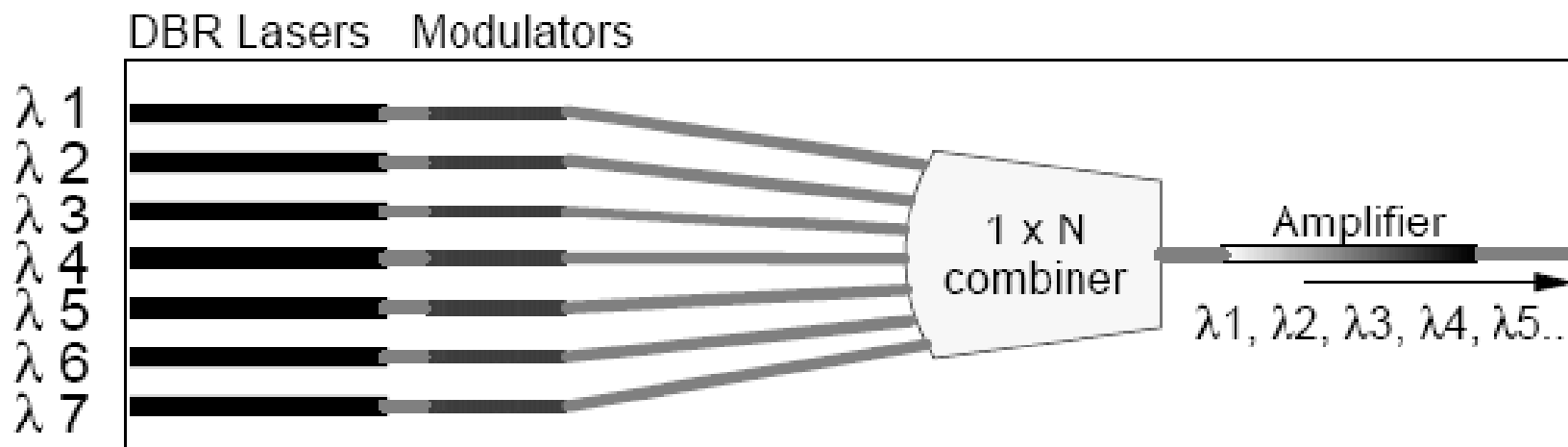
## ***WDM комуникацiонна линия***

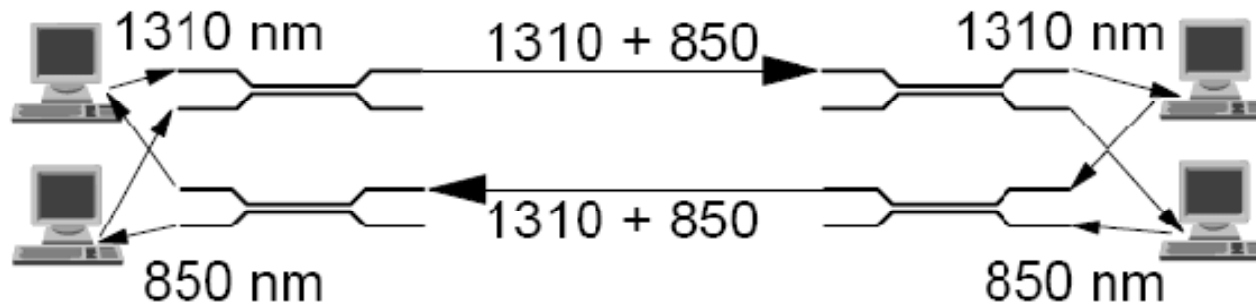
- Dispersion =  $17\text{ps/nm/km} \times 6\text{nm} \times 10\text{km} = 1020\text{ps}$
- Dispersion =  $17\text{ps/nm/km} \times 0.02\text{nm} \times 10\text{km} = 3.4\text{ps}$



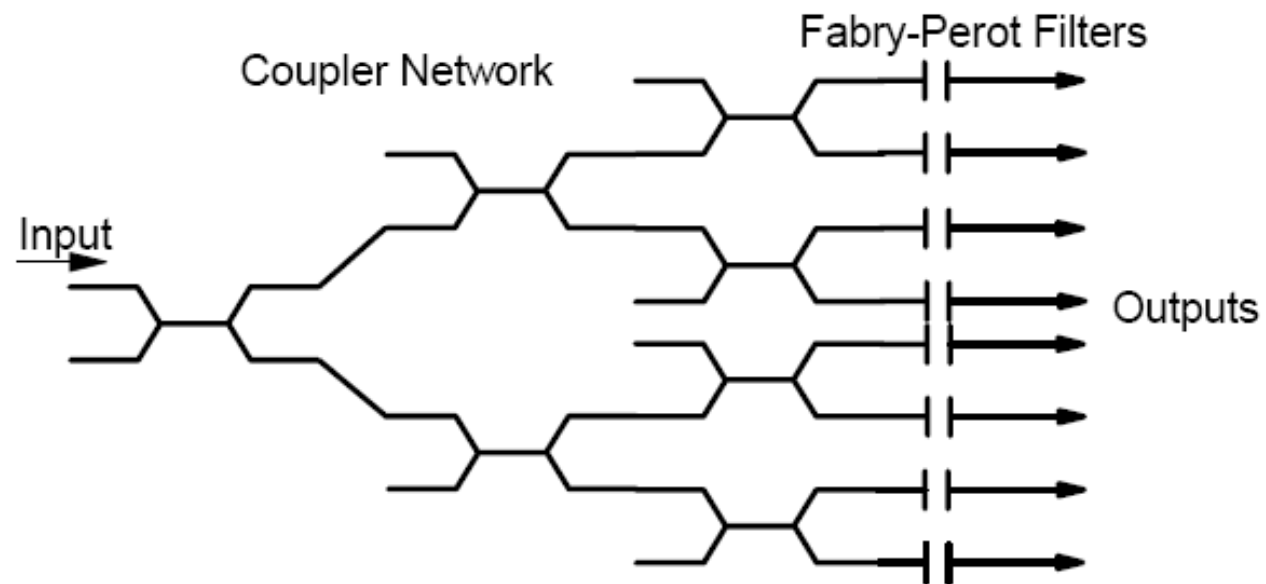


## *Проста WDM комуникаційна лінія*

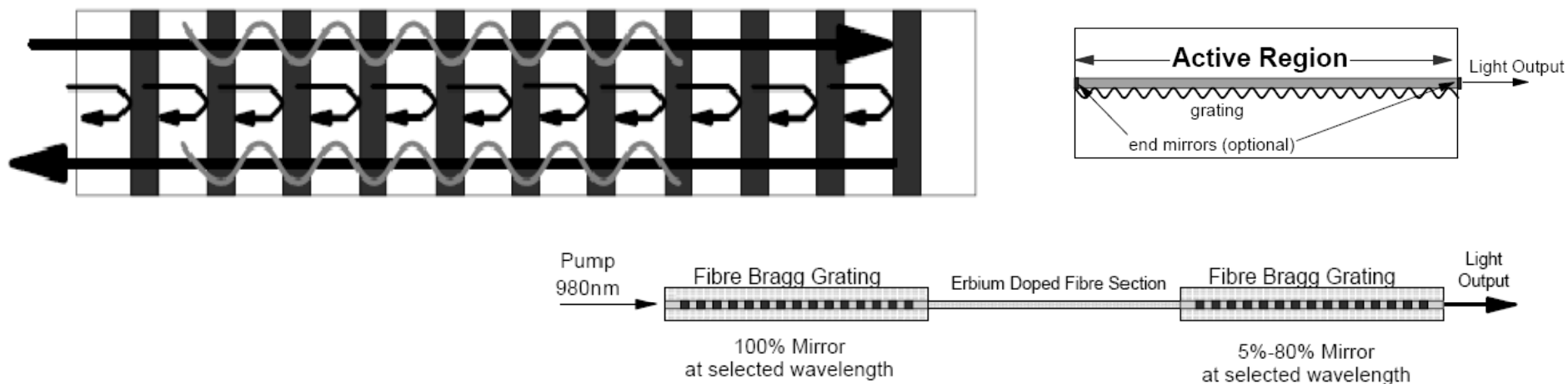




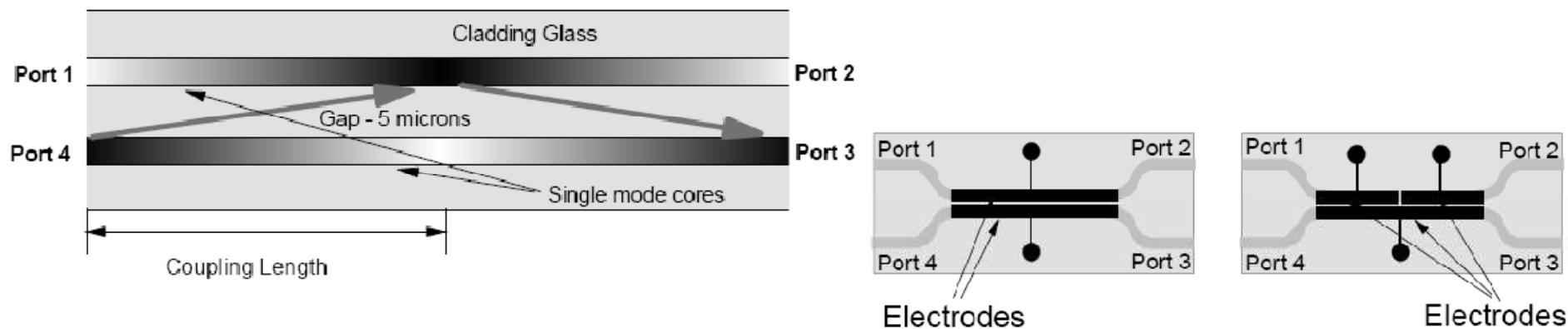
## ***WDM комуникационна линия***

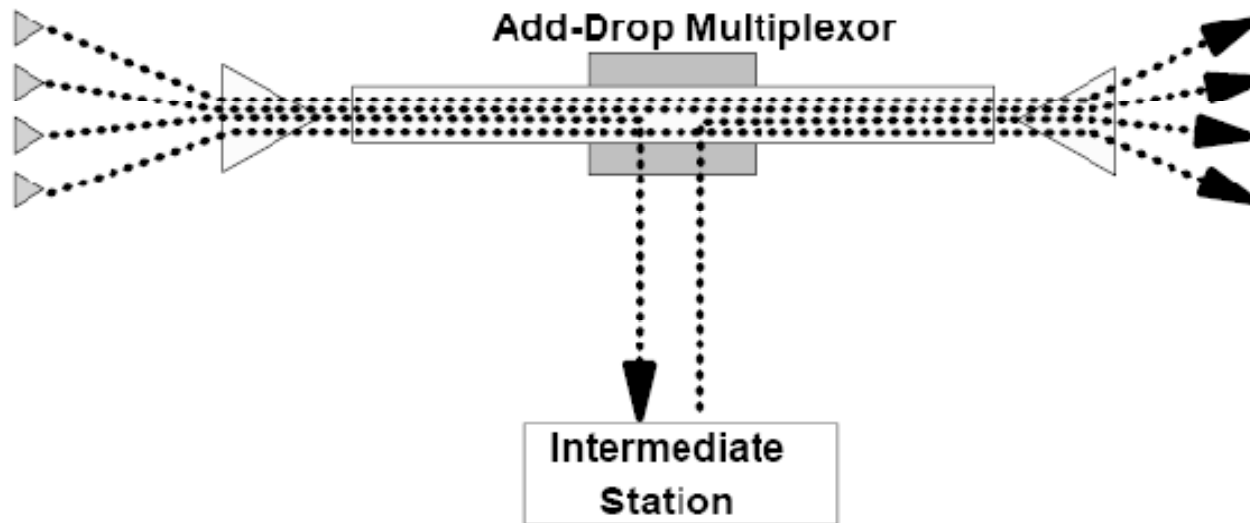


## Влакнеста Брягова решетка

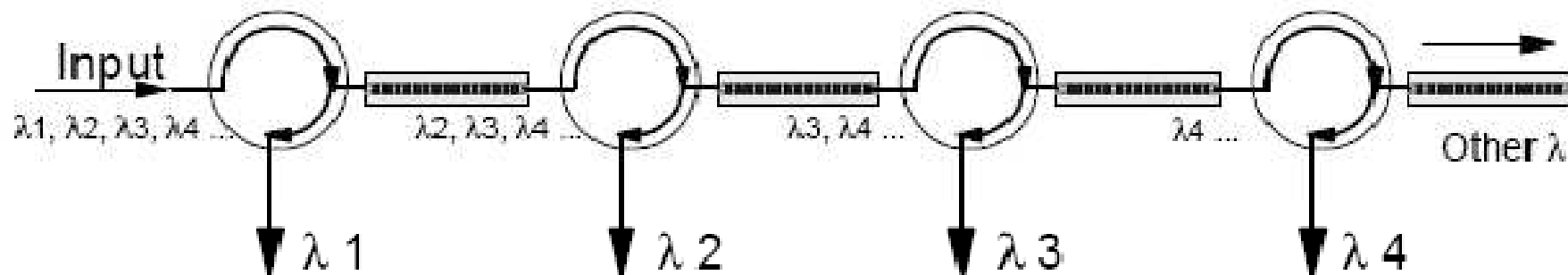


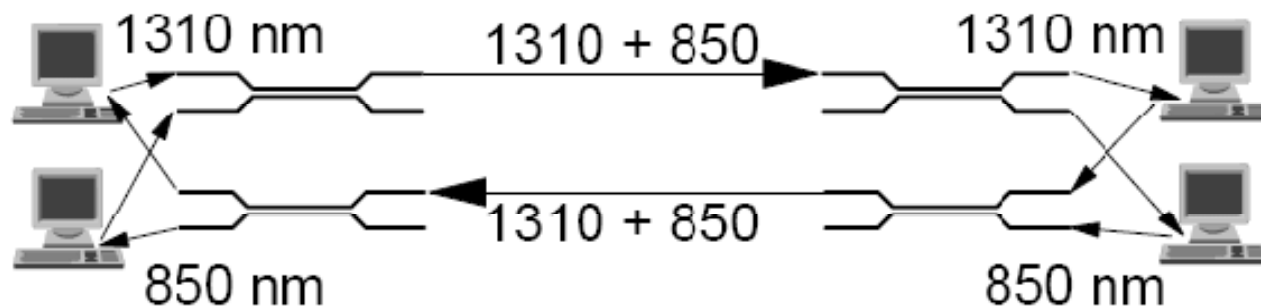
## Резонансен съединител



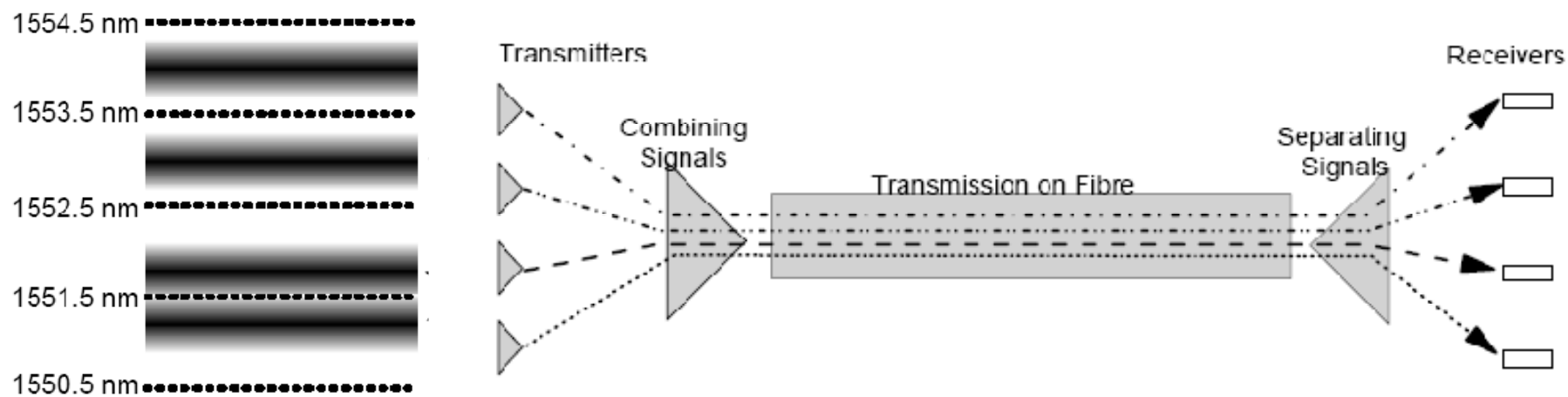



## *Мультиплексор с добавяне/изваждане.*





## ***WDM комуникацiонна линия***





**Нобелови награди за физика  
за 2009 година получават също**

**Willard S. Boyle и George E. Smith**

*"for the invention of an imaging semiconductor  
circuit – the CCD sensor"*



# Историята на камерите и на фотографията е много дълга...

---

- В древен Китай, Египет и Гърция е било познато действието на **camera obscura**.
- ❖ **J.N. Niépce** (1826г.) – съхранява постоянен негативен образ след 8h експозиция върху слой от битум.
- ❖ **W.H.F. Talbot** (1841г.) – изобретява светочувствителната хартия, съдържаща соли на сребро.
- ❖ **Eastman Kodak** (1888г.) – на пазара се появява първата целулоидна филмова лента на ролка.

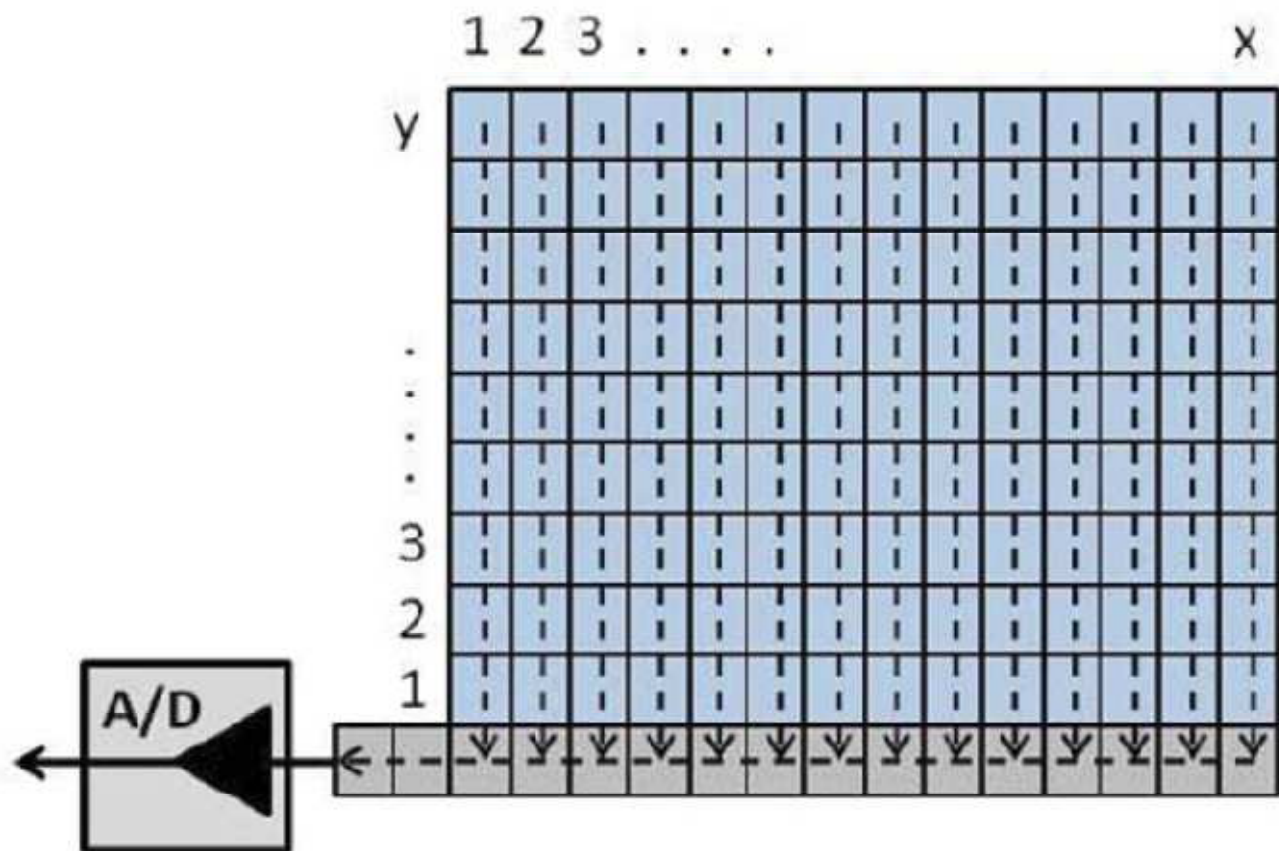


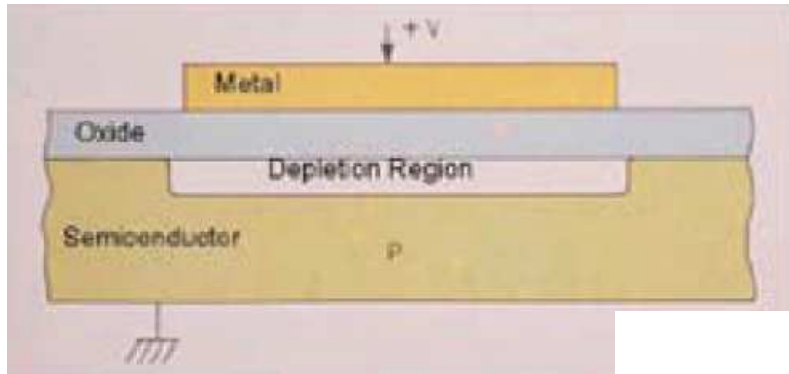
# Да споменем предшествениците...

---

- ❖ **G. Lippman** (1908г.) - Нобелова награда по физика за цветния фотографски процес, основан на интерференчни ефекти.
- ❖ **А. Айнщайн** (1921г.) - Нобелова награда по физика за обяснението на фотоефекта.

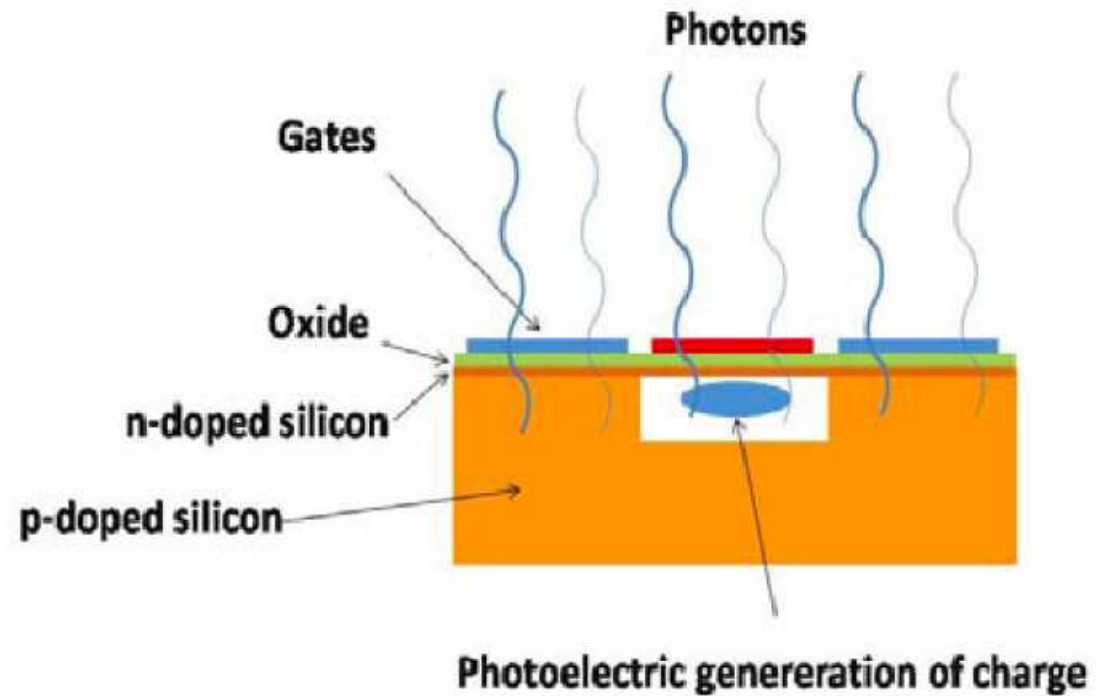
# Идеята на Boyle и Smith





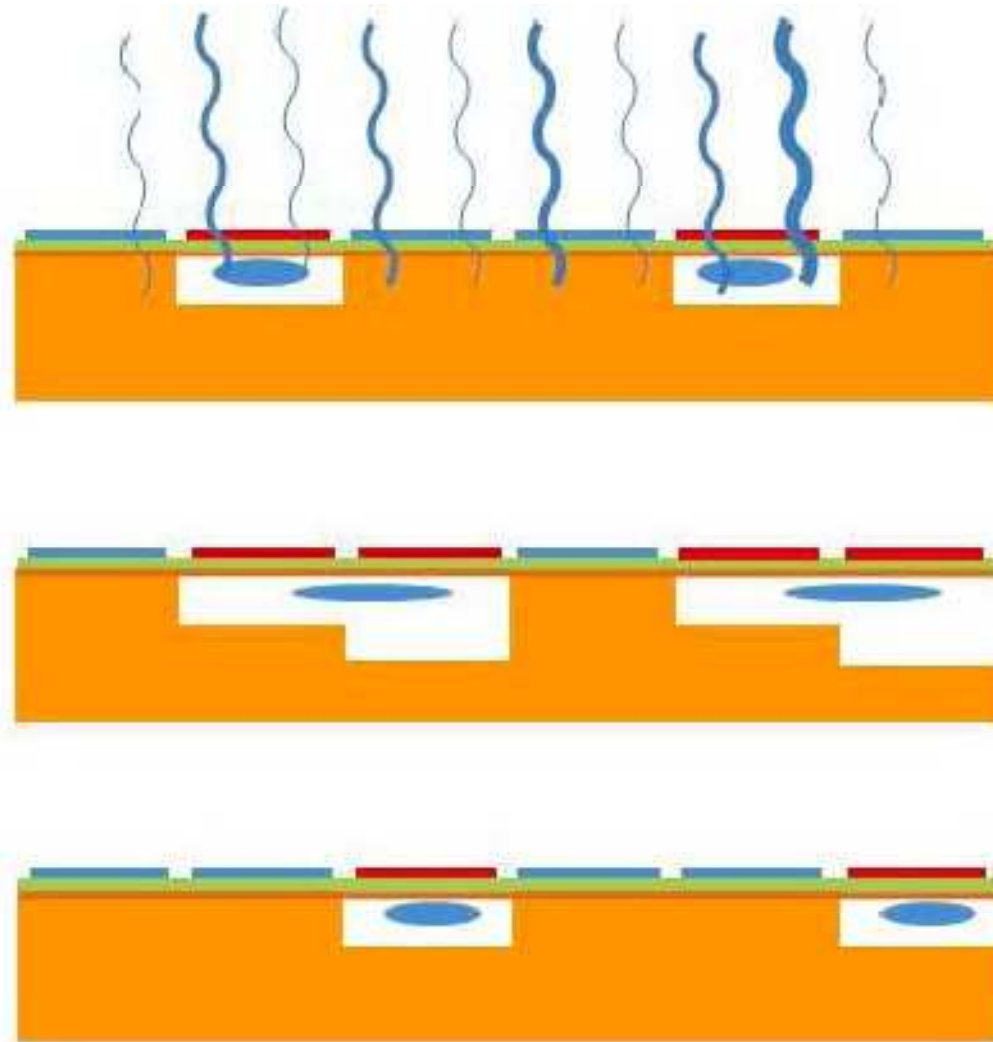
Съхраняващ елемент – MOS-кондензатор.

MOS-кондензатор със светочувствителен елемент.



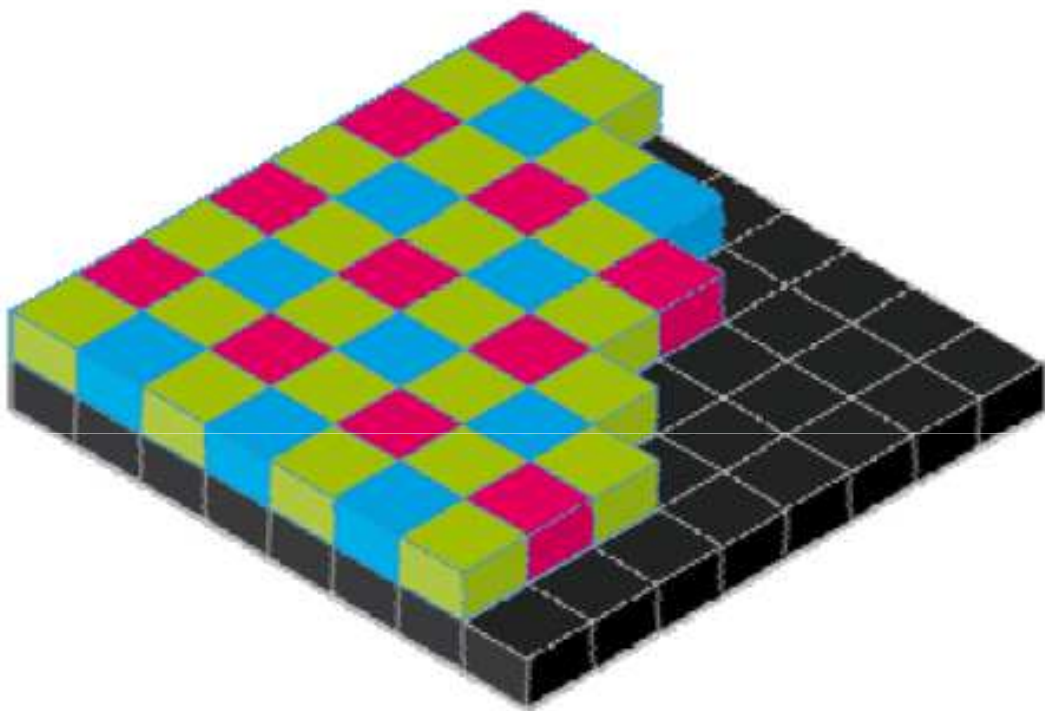


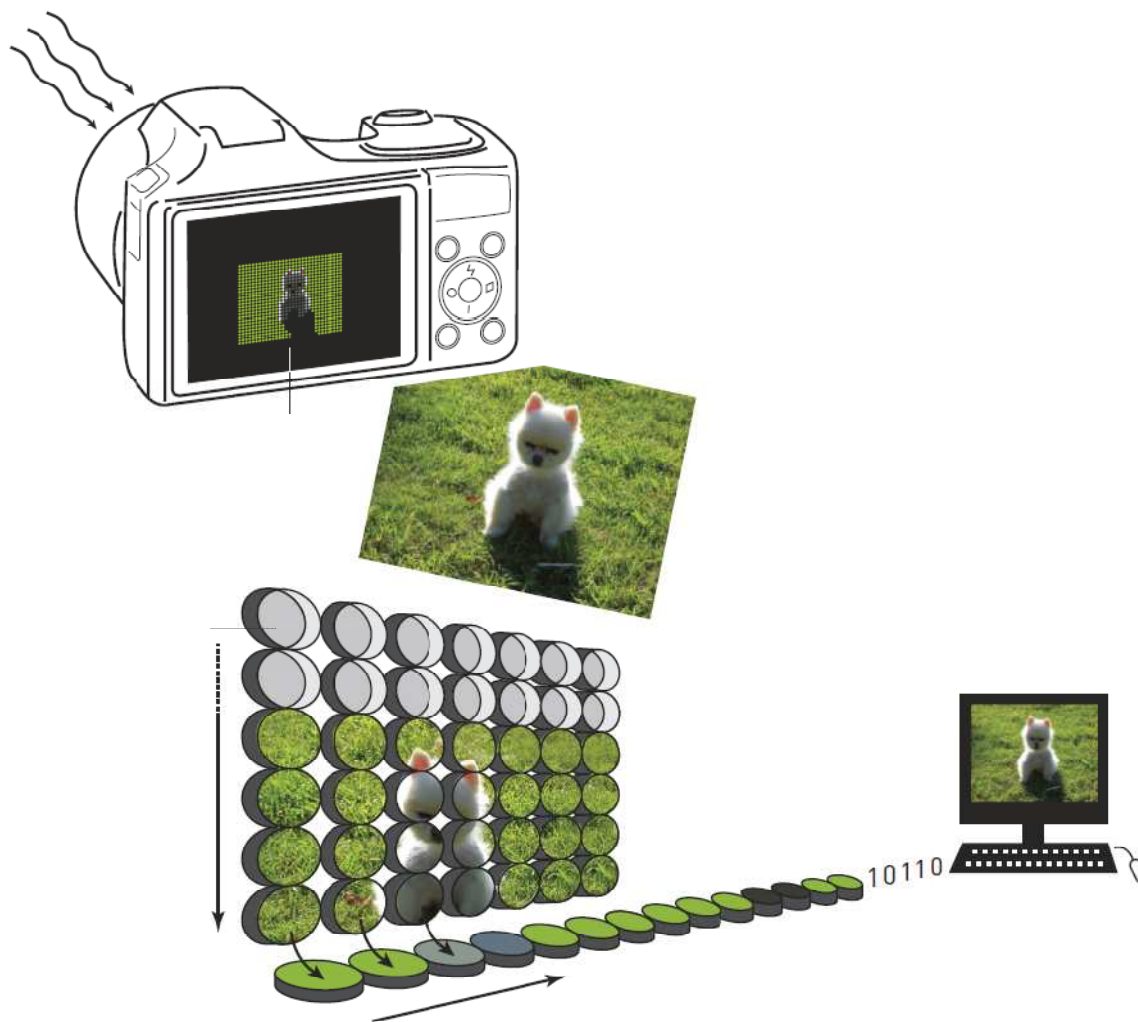
Събиране и  
придвижване на  
зарядите в CCD-  
детектор.





## Цветен CCD-детектор







***БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО !***