

УМК

Специальные волоконные световоды

Тема 1. ОСНОВЫ ОПТИКИ КВАРЦЕВЫХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ

Введение

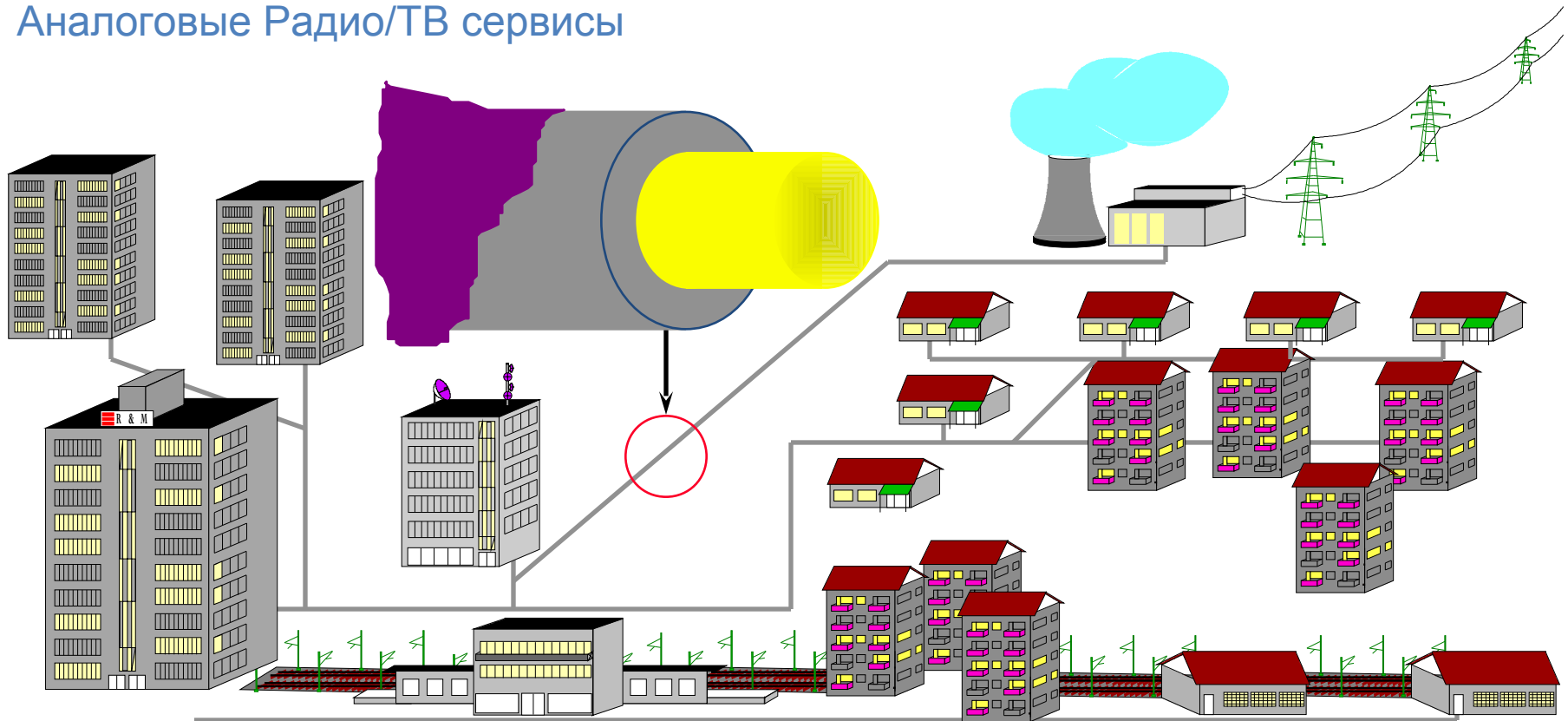
- Оптический способ передачи имеет такой же возраст, как и человечество. С незапамятных времен люди обменивались оптическими сообщениями в форме:
 - языка жестов;
 - сигналов, подаваемых с помощью дыма;
 - оптическим телеграфом;
 - Опыты Тендаля (18 век).
- Той волоконно-оптической технологии, о которой мы знаем сегодня, предшествовали два важных научных открытия:
 - Передача света через оптически прозрачную среду (1870 первые попытки Mister Tyndall, 1970 первое оптическое волокно Corning)
 - Изобретение лазера в 1960



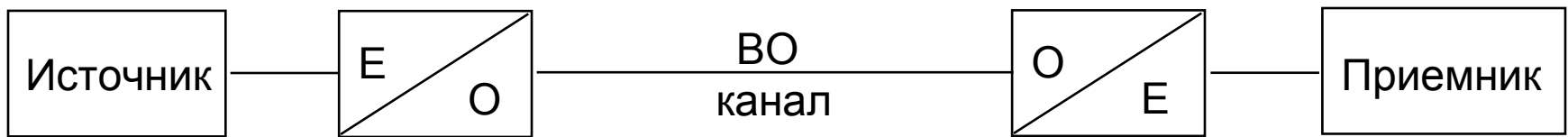
Волоконно-оптическая передача

В-ISDN и Цифровой сервис

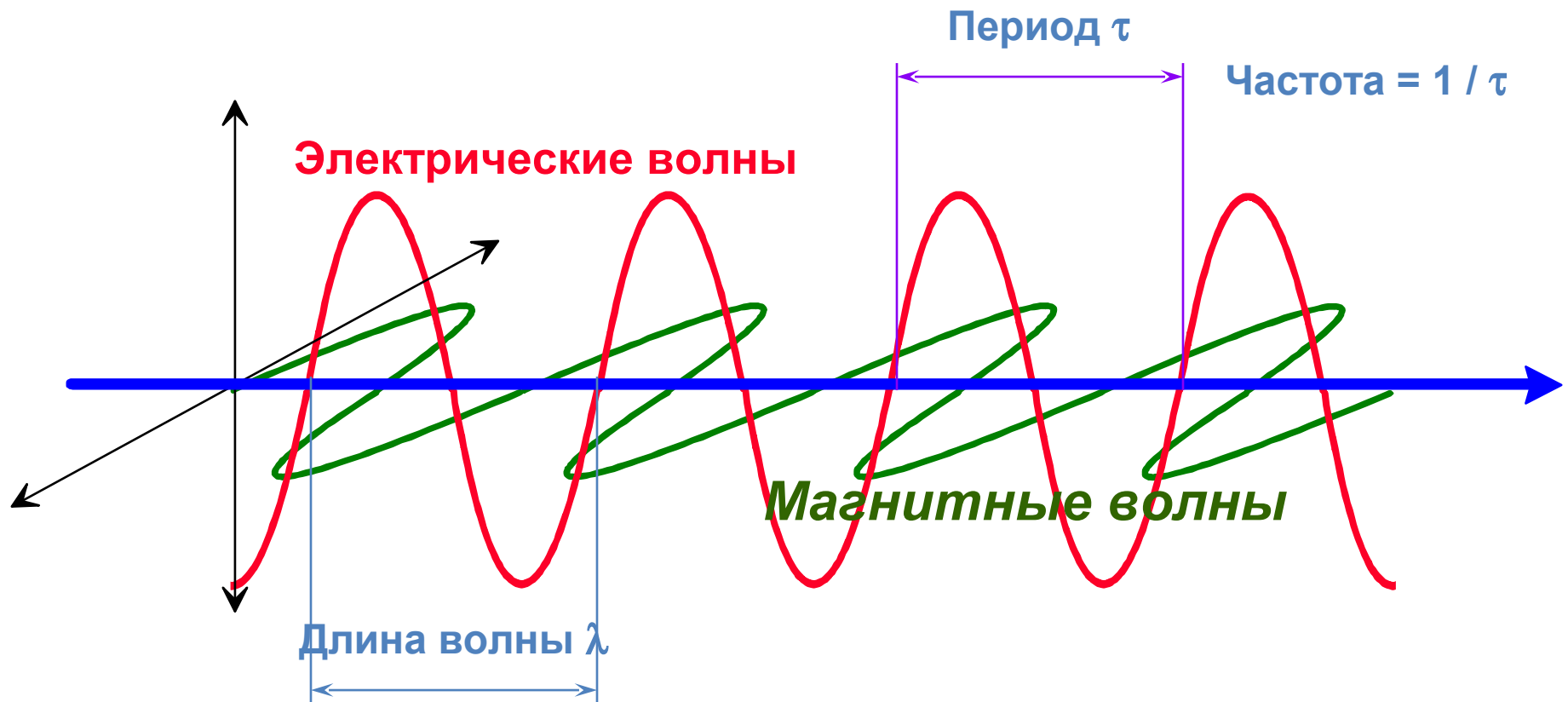
Аналоговые Радио/ТВ сервисы



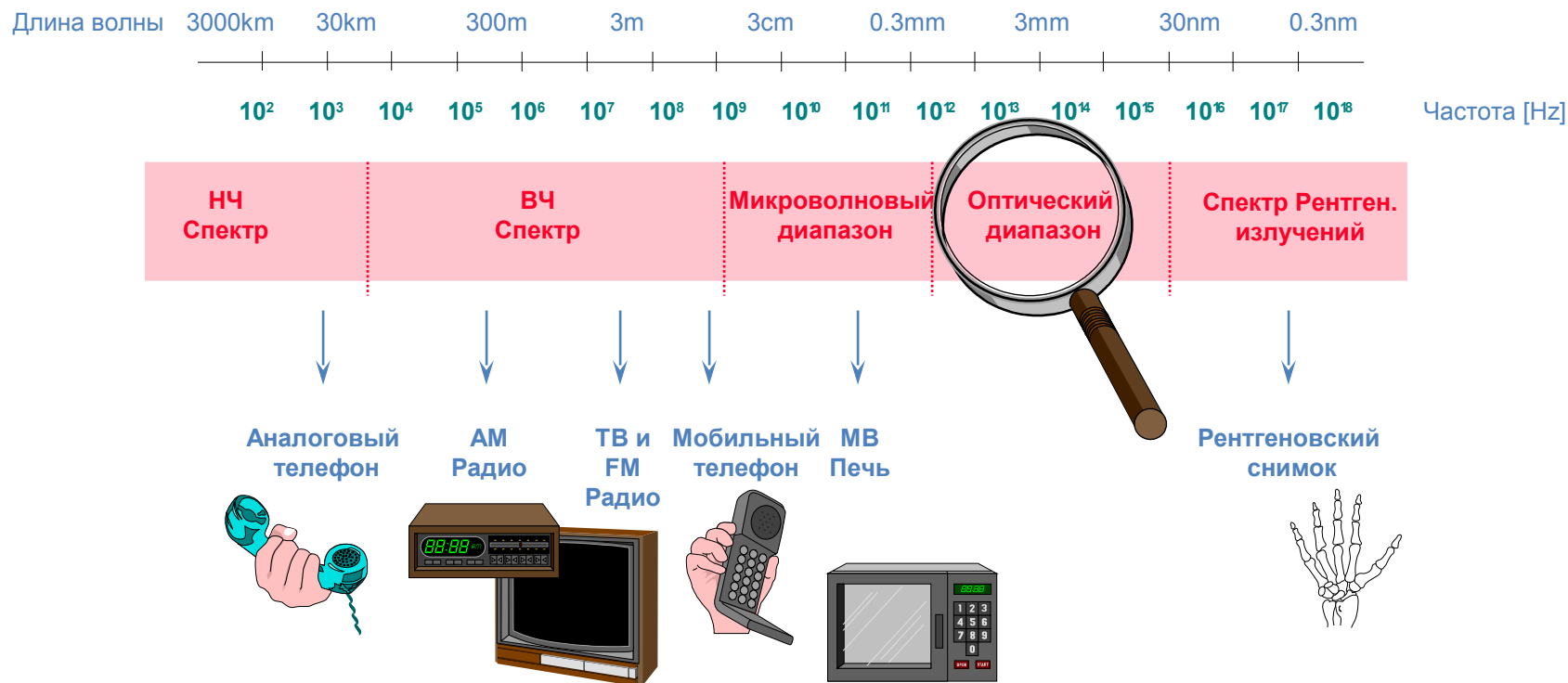
Принцип волоконно-оптической передачи



Электромагнитные волны

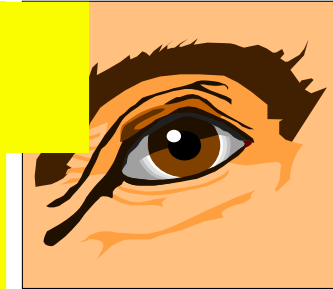


Шкала длин волн используемых в электромагнитной передачи



Длины волн используемых в оптической передаче

**Спектр
ВО передачи**



Длина волны
[nm]

1800

1600

1400

1200

1000

800

600

400

200

2×10^{14}

3×10^{14}

5×10^{14}

1×10^{15}

Частота [Hz]

ИК-Спектр

Видимый
Спектр

УФ-спектр



Скорость электромагнитных волн

Скорость света (электромагнитное излучение) это:



$$C_0 = \text{Длина волны} \times \text{Частота}$$



$$C_0 = 299793 \text{ км / сек.}$$

Примечание:

Рентгеновское излучение ($\lambda=0.3\text{nm}$),

а УФ излучение ($\lambda = 10\text{см} \sim 3\text{GHz}$) или

ИК излучение ($\lambda = 840\text{nm}$)

имеют одинаковую скорость распространения в вакууме

Коэффициент преломления

Скорость света (электромагнитное излучение):



всегда меньше чем в вакууме, C_n



$$n = C_0 / C_n$$



n определяется как Коэффициент преломления ($n = 1$ в вакууме),
 n зависит от плотности Материала и Длины волны

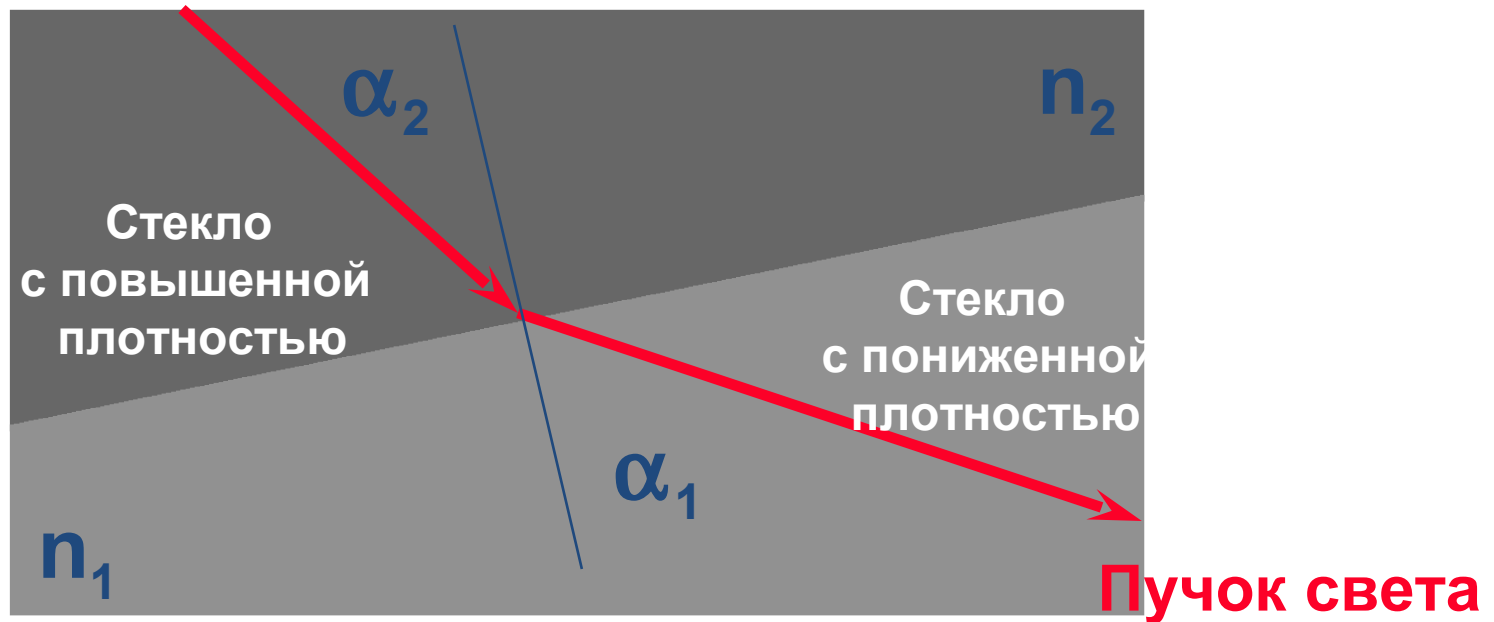
Примечание:

$$n_{\text{возд}} = 1.0003,$$

$$n_{\text{стекла}} = 1.5000$$

$$n_{\text{опаловиды}} = 1.8300$$

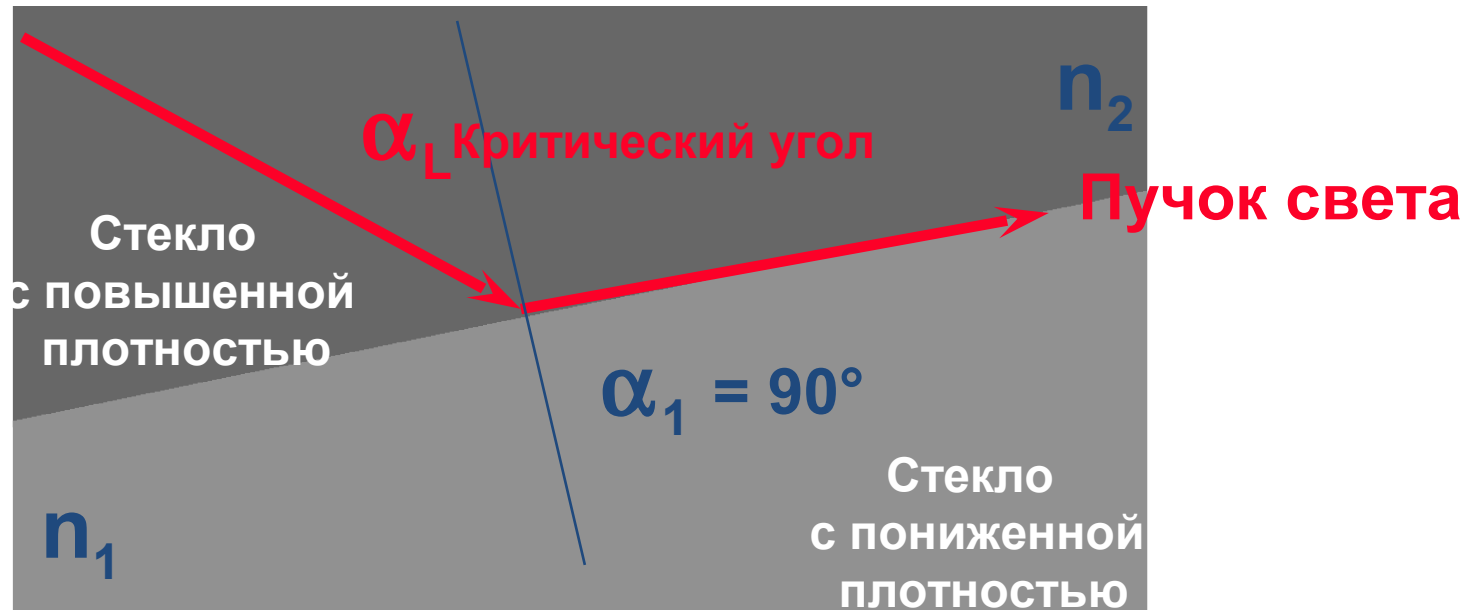
Преломлен ие



Примечание: $n_1 < n_2$ и $\alpha_1 > \alpha_2$

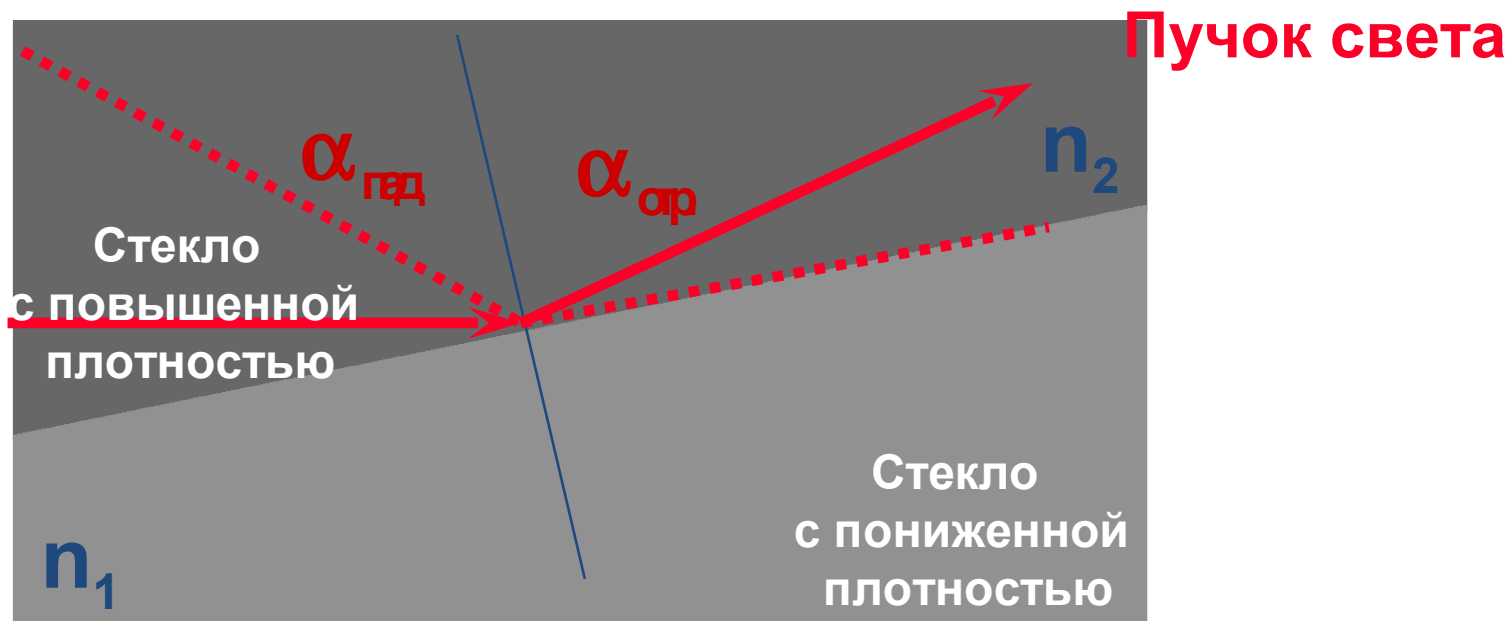
$$\sin \alpha_2 / \sin \alpha_1 = n_1 / n_2$$

Полное преломление, критический угол



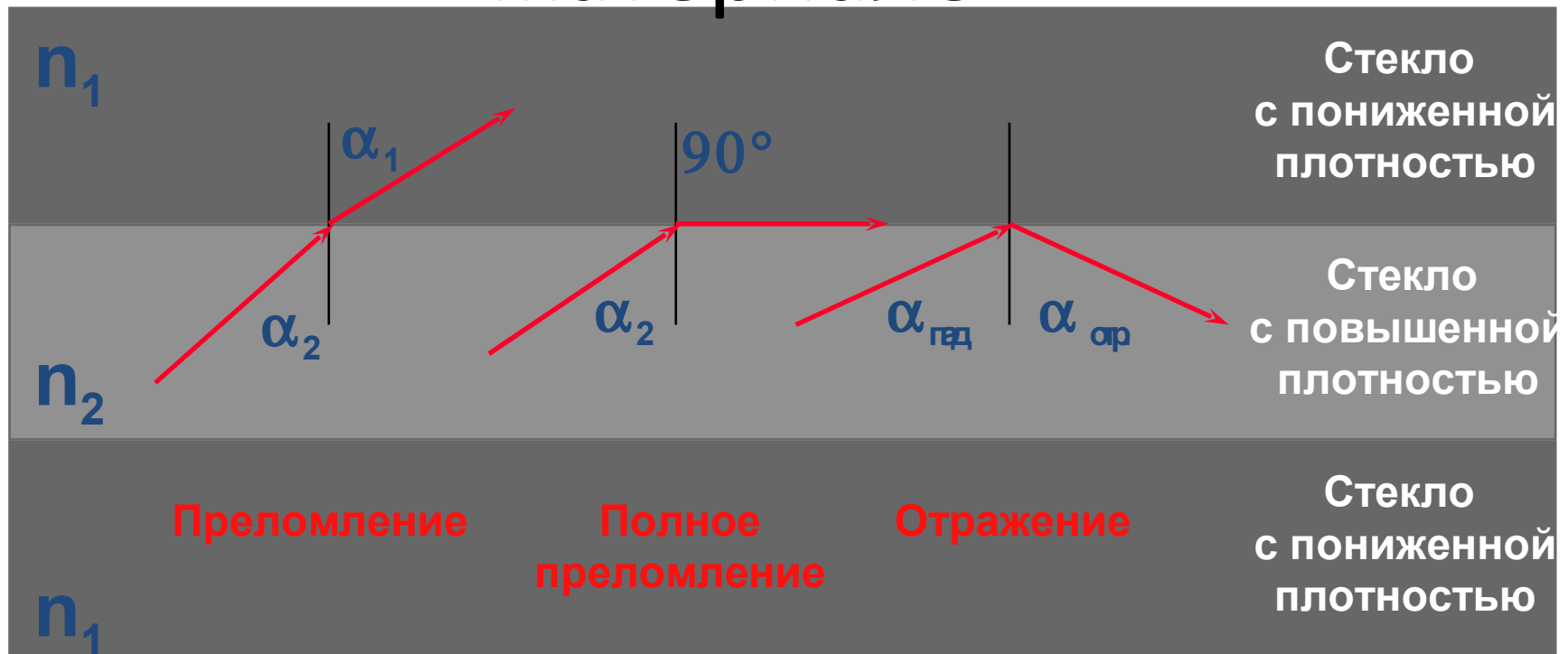
Примечание: $n_1 < n_2$ и $\alpha_2 = \alpha_L$ $\sin \alpha_1 = 1 \longrightarrow \sin \alpha_L = n_1 / n_2$

Полное внутреннее отражение

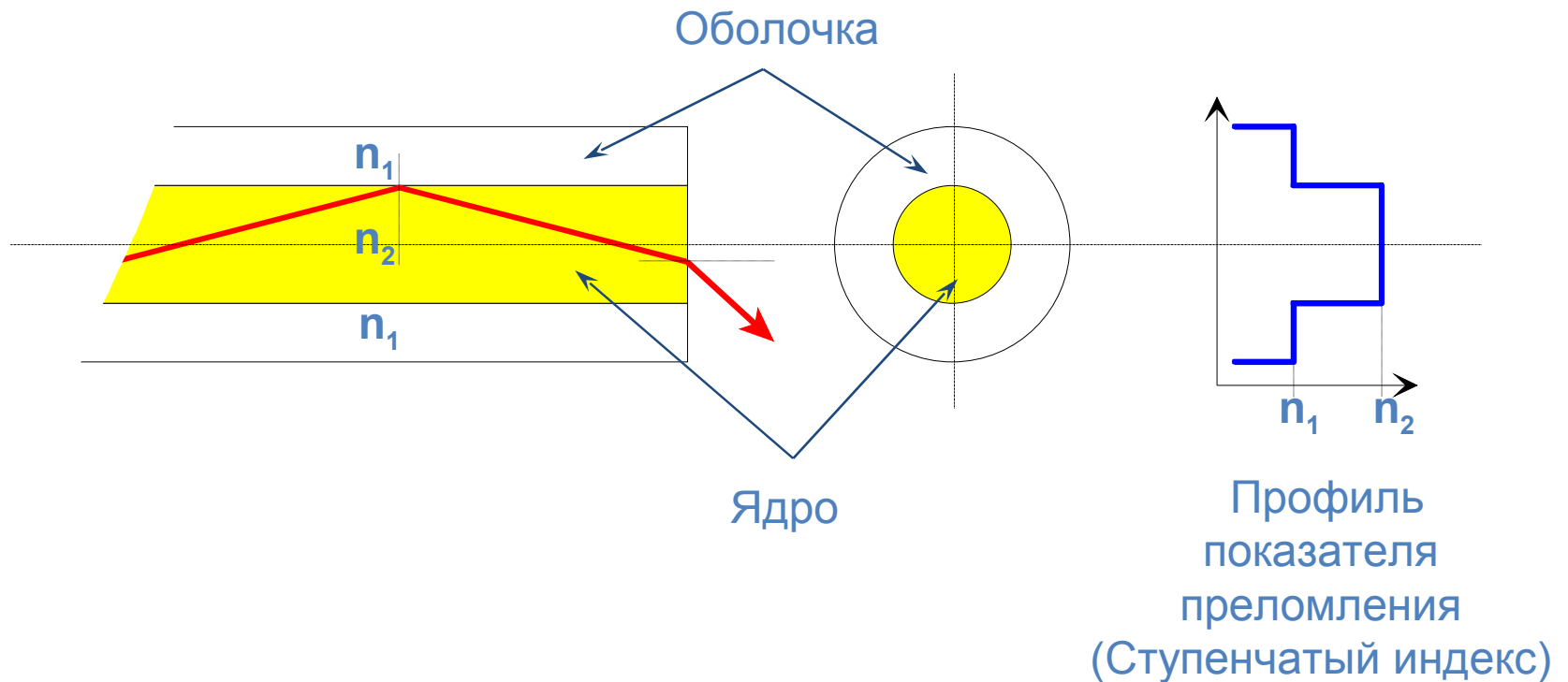


Примечание: $n_1 < n_2$ и $\alpha_{\text{прел}} = \alpha_{\text{отр}}$

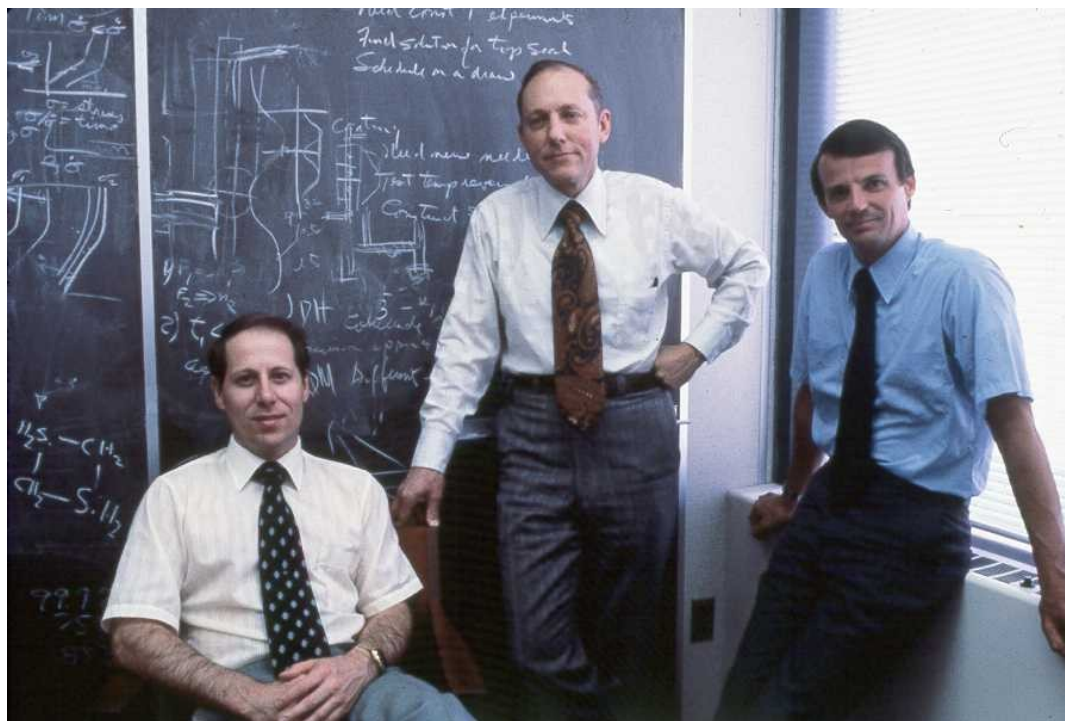
Изменение направления света в материале



Волоконно-оптический СВЕТОВОД



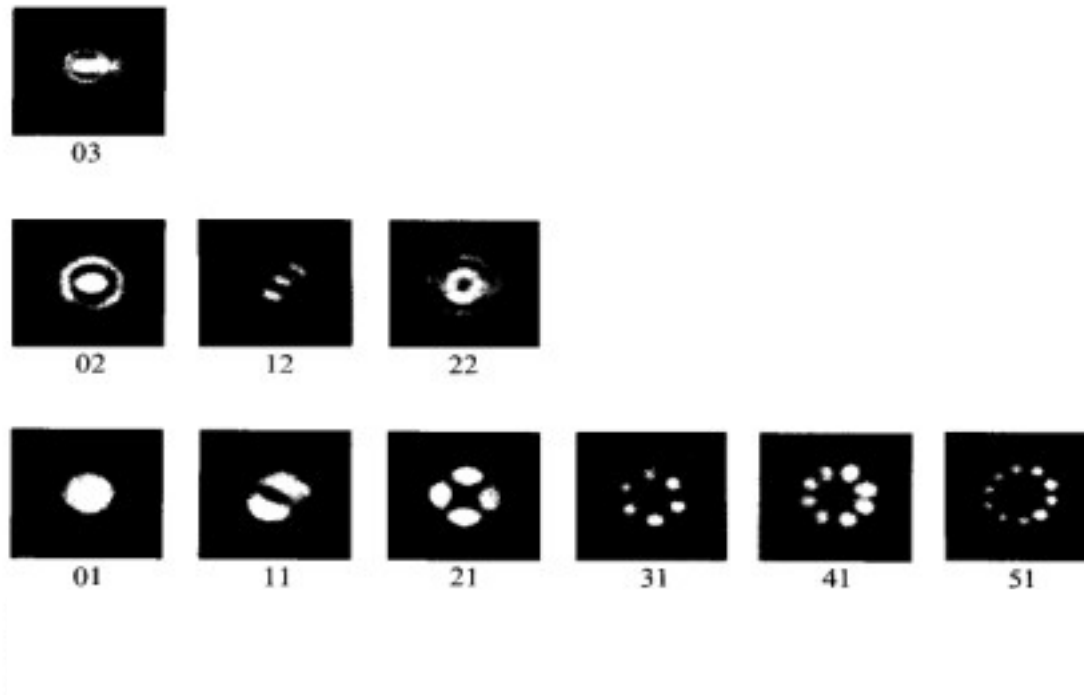
- Где все начиналось



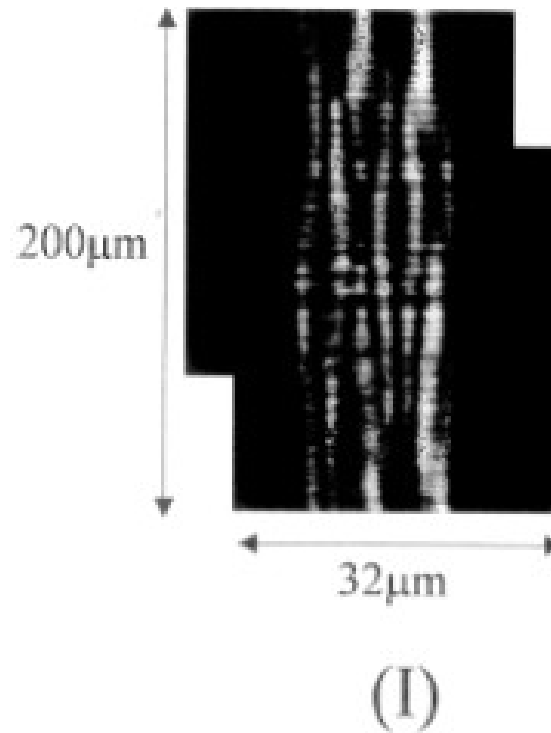
Три ученых лаборатории Corning (слева направо) Дональд Кек, Роберт Мауэр и Питер Шульц в 1970 году впервые в мире создали оптическое волокно, которое было возможно использовать в коммерческих целях.

Свет в волокне распространяется только дискретными путями

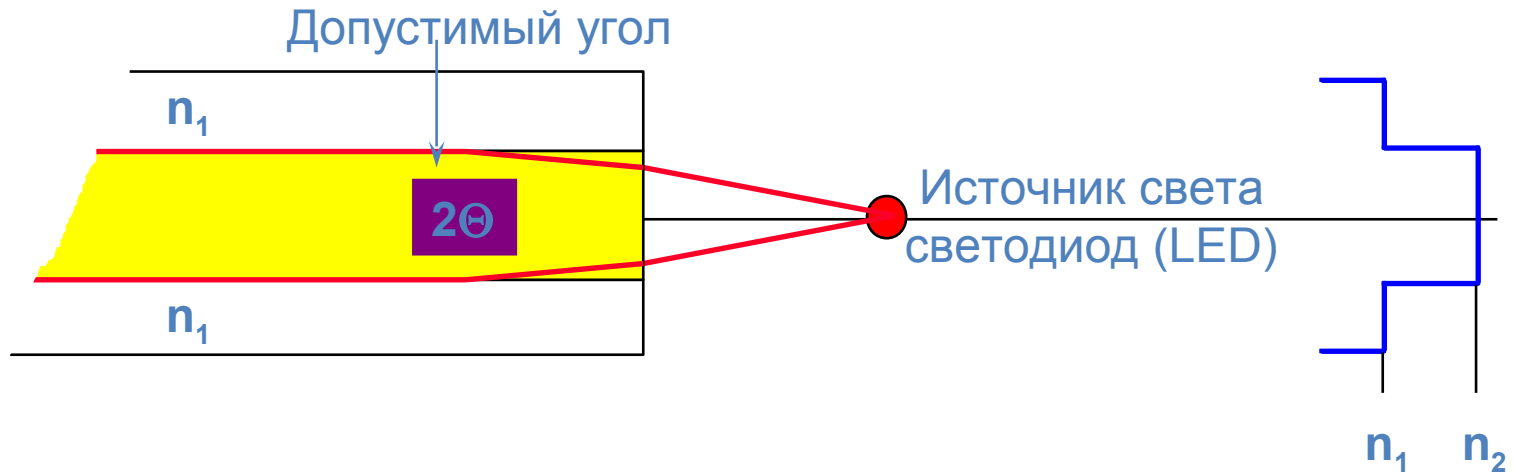
- Эти дискретные пути называются модами.



- Моды выглядят как разные пути (продольный срез)



Численная апертура



Численная Апертура $NA = \sin \Theta = (n_2^2 - n_1^2)^{0.5}$

Примечание: $NA = 0.3$ типичный показатель для ступенчатого индекса волокна

→ $\Theta \sim 17.5^\circ$

Профиль показателя преломления (Ступенчатый индекс)

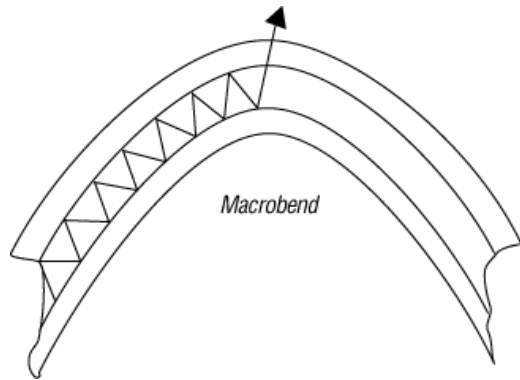
Численная апертура и характеристики передачи

- ✓ Большое значение **NA** означает Большое значение Θ , при этом больше **Световой энергии** будет сконцентрировано в волокне
- ✓ Большое значение **NA** означает сохранение большего к-ва **Мод** в волокне (большая модовая дисперсия)
- ✓ Чем больше значение **NA**, тем меньше затухание вызываемое изгибом волокна
- ✓ Чем больше **Мод**, тем уже полоса пропускания

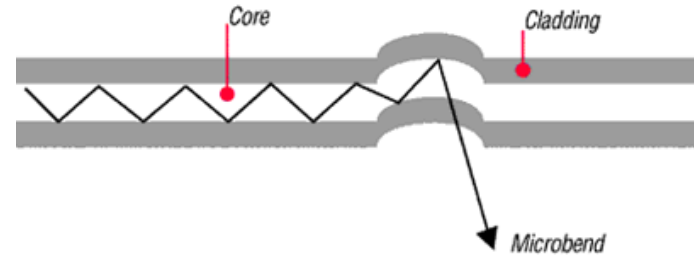
Примечание:

Два волокна с $NA = 0.2$ и 0.4 Волокно с $NA = 0.2$ в 8 раз большее затухание при изгибе чем $NA = 0.4$ Fibre

Причины затуханий в волокне



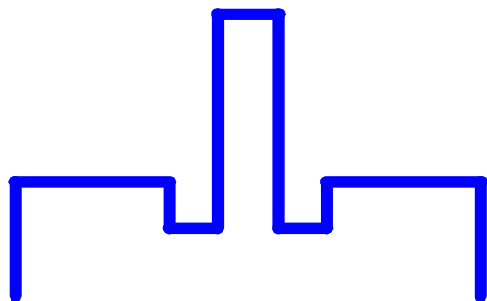
- Макроизгибы



Микроизгибы

Типы профилей коэффициента преломления

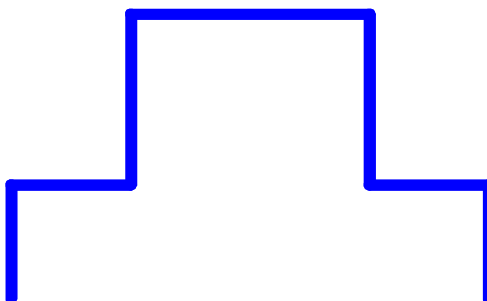
Ступенчатый индекс



Для одномодовой
передачи

Размер ядра ~9 мкм

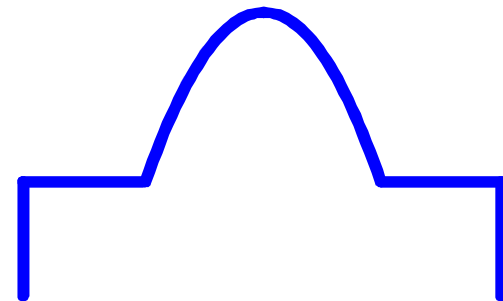
Ступенчатый индекс



Для многомодовой
передачи

Размер ядра 50мкм

Сглаженный индекс



Для многомодовой
передачи

Размер ядра 50 или 62.5мкм

Типы профилей коэффициента преломления

