

# Волноводы для интегрально- оптических устройств

Александр Ворожцов  
ОАО «ЦКБА»

# Ключевые понятия

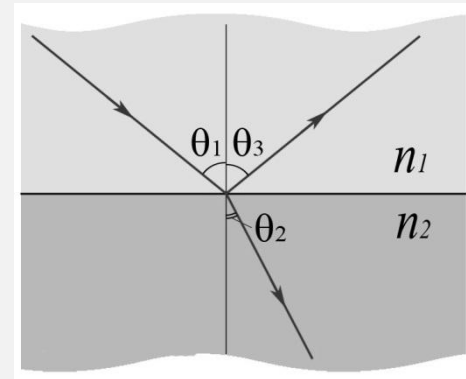
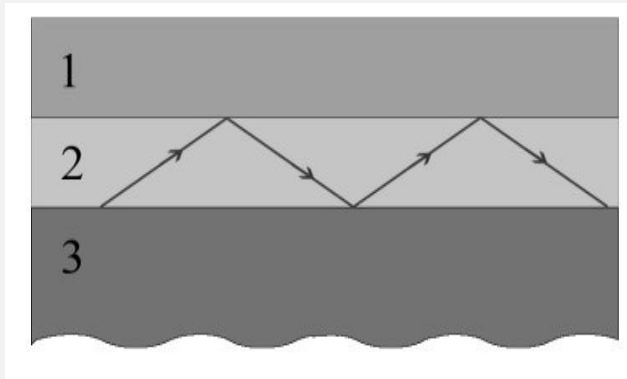
Интегральная фотоника - направление техники, связанное с изготовлением на общей планарной подложке нескольких фотонных устройств, которые работают, как с оптическими, так и электрическими сигналами

Оптический волновод – обладает определенной геометрией и показателем преломления и окружен средой с более низкими показателями преломления.

Основным свойством оптического волновода является способность канализовать электромагнитную энергию оптического диапазона

# Основные оптические эффекты

Волновод на рисунке представляет собой трехслойную структуру из материалов (1...3) с разными оптическими свойствами. В случае каналирования луч распространяется по центральному слою 2,



такое распространение луча возможно при условии его отражения от границ между средами

## Граничные условия:

- $\theta_3 = \theta_1$  (Угол падения равен углу отражения)
- $\sin \theta_2 / \sin \theta_1 = n_1 / n_2$  (Закон Снеллиуса)
- Законы Френеля

# Классификация оптических ВОЛНОВОДОВ

К **регулярным** относятся волноводы, имеющие равномерную и гладкую границу между ядром волновода и окружающей средой, а также волноводы, в которых отсутствует модуляция показателя преломления в продольном направлении

- Полосковые
- Планарные
- Цилиндрические

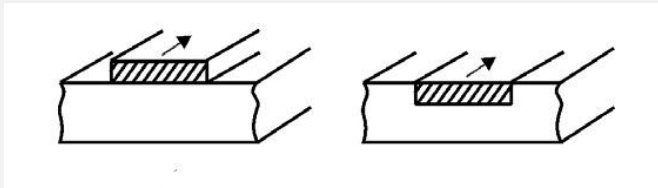
**Нерегулярные** волноводы имеют либо пространственно-периодическую модуляцию геометрических параметров, либо показателя преломления

- Брегговские
- Фонокристаллические

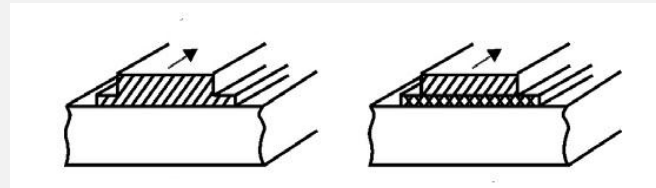
# Классификация оптических ВОЛНОВОДОВ

## Основные параметры:

Геометрия волновода в поперечном сечении (планарные, полосковые и цилиндрические (оптоволокно))

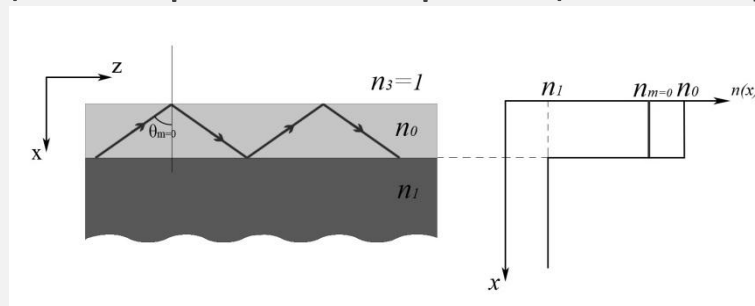


Приподнятый Внедренный

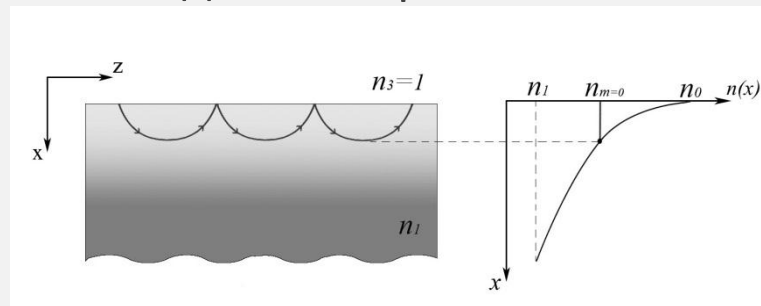


Гребенчатый Нагруженный

Пространственный профиль показателя преломления (или диэлектрической проницаемости) волновода в поперечном сечении.



Ступенчатый профиль



Градиентный профиль

# Классификация оптических волноводов

## По конфигурации

- Прямолинейные
- Х-образные
- У-образные
- Изогнутые
- Разветвленные

## По характеру дисперсии

- С ненулевой дисперсией
- С нулевой дисперсией
- Со смещенной дисперсией

**Плазмонные**

**Волноводы с усилением**

## По материалу

- Диэлектрические
- Полупроводниковые

## По поляризационным характеристикам

- С сохранением поляризации
- Без сохранения поляризации

## По числу мод

- Одномодовые
- Многомодовые

# Базовые блоки интегрально-оптических устройств

## Функциональные возможности

**Активные** оптические элементы выполняющих функции оптического усиления и лазерной генерации.

- Интегральный оптический усилитель,
- интегральный лазер.

Интегральные оптические устройства использующие **нелинейность** определенных материалов для

- удвоения частоты,
- Оптического параметрического усиления

В отличии от активных оптических элементов, генерируются новые частоты путем нелинейного оптического процесса

# Базовые блоки интегрально-оптических устройств

## Функциональные возможности

**Пассивные** оптические элементы устанавливают входные/выходные характеристики, определяемые при изготовлении фотонного элемента.

- делитель мощности,
- волноводный отражатель,
- направленный ответвитель,
- поляризатор и поляризационный делитель пучка.

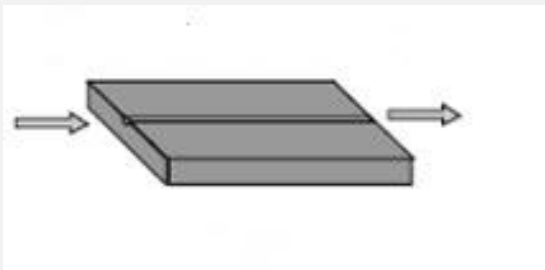
Оптические элементы управляемые с помощью внешних полей (например, электрическими, акустическими или тепловыми).

- фазовый модулятор,
- модулятор интенсивности,
- конвертер частоты
- электрооптический конвертер

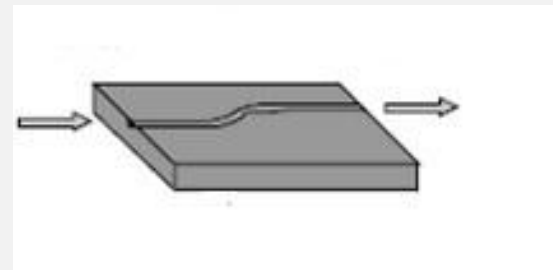


# Базовые элементы волноводов

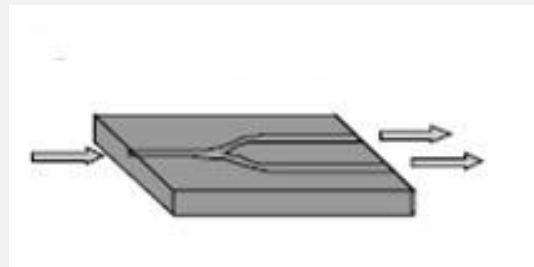
Прямой волновод



Изогнутый волновод



Y-образный волновод



# Технологии изготовления оптических волноводов

## Вакуумное нанесение

- Резистивное
- Электронно-лучевое
- магнетронное

## Фотолитография

- Прямая
- Обратная («взрывная»)
- «Смешанная»

## Эпитаксия

## Золь-гель технологии

## Лазерная запись

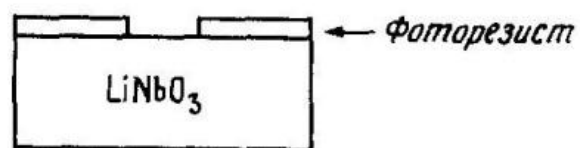
## Ионный обмен

## Термодиффузия

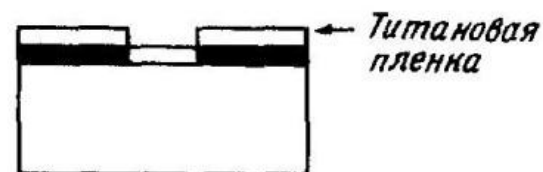
# Изготовление волноводов на подложках из ниобата лития

## 1. Диффузия титана

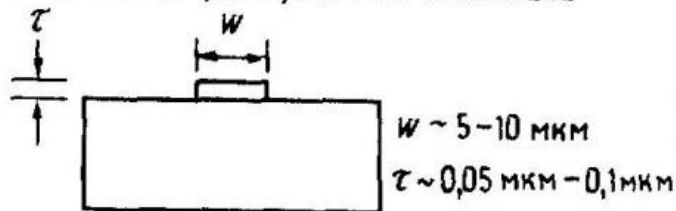
### 1. Экспонирование рисунка



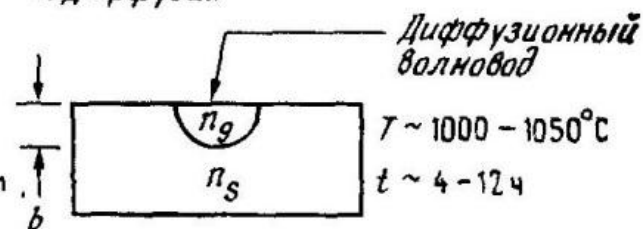
### 2. Нанесение титановой пленки



### 3. Удаление фоторезиста и титана



### 4. Диффузия



$$n_g - n_s \cong f(\tau, T, t) \sim 0,005 - 0,01$$

## 2. Протонный обмен

- Формирование металлической маски на поверхности
- Нагрев расплава раствора бензойной кислоты в окнах
- Удаление маски

# Литература:

1. Волноводная оптоэлектроника. / под ред. Т. Тамира, М. «МИР» 1991
2. Волноводная фотоника / Н.В. Никаноров, С.М. Шандаров, ИТМО 2008
3. Материалы и технологии интегральной оптики / А.И. Сидоров, Н.В.Никаноров, ИТМО, 2009
4. Основные направления и компоненты интегральной фотоники / А.Б. Андросик, С.А. Воробьев, С.Д. Мировицкая  
<http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/834-2012-01-27-08-21-32>

**Спасибо за внимание!**