



Открытое акционерное общество  
«Центральное конструкторское бюро автоматики»

*О перспективах использования*  
*методов и средств микроволновой фотоники*  
*в сверхширокополосной радиолокации*  
*и сверхширокополосной радиосвязи*

Авторы : Вольхин Ю.Н., Мандрик А.М., Носов Ю.И.  
Докладчик : Вольхин Ю.Н.

Омск - 2010

*[ru.wikipedia.org/wiki](http://ru.wikipedia.org/wiki)*

**Фотоника - это наука об использовании света в различных сферах применения, включающая в себя:**

- генерацию света,**
- обнаружение света,**
- управление светом.**

## *Продукция фотонной промышленности:*

- **твёрдотельные источники света:**
  - **полупроводниковые лазеры,**
  - **светоизлучающие диоды**
- **оптические шины данных,**
- **оптические носители информации:**
  - **CD, DVD, и т.д.,**
- **голографические среды,**
- **жидкокристаллические экраны,**
- **установки машинного зрения,**
- **компоненты оптоволоконных линий связи:**
  - **оптоволокно,**
  - **фотодиоды и т.д.**

# *Темпы развития фотоники*

**Оценка по 2003 год :**

- количество работ в Европе: 500 000;
- стоимость продукции: € 60 000 000 000;
- количество патентов: 15 000.

**Прогноз на 2010 год :**

- количество работ в Европе: 1 500 000;
- стоимость продукции: € 250 000 000 000.
- количество патентов: 45 000.

## *Расчёт затухания ЭМВ в эфире*

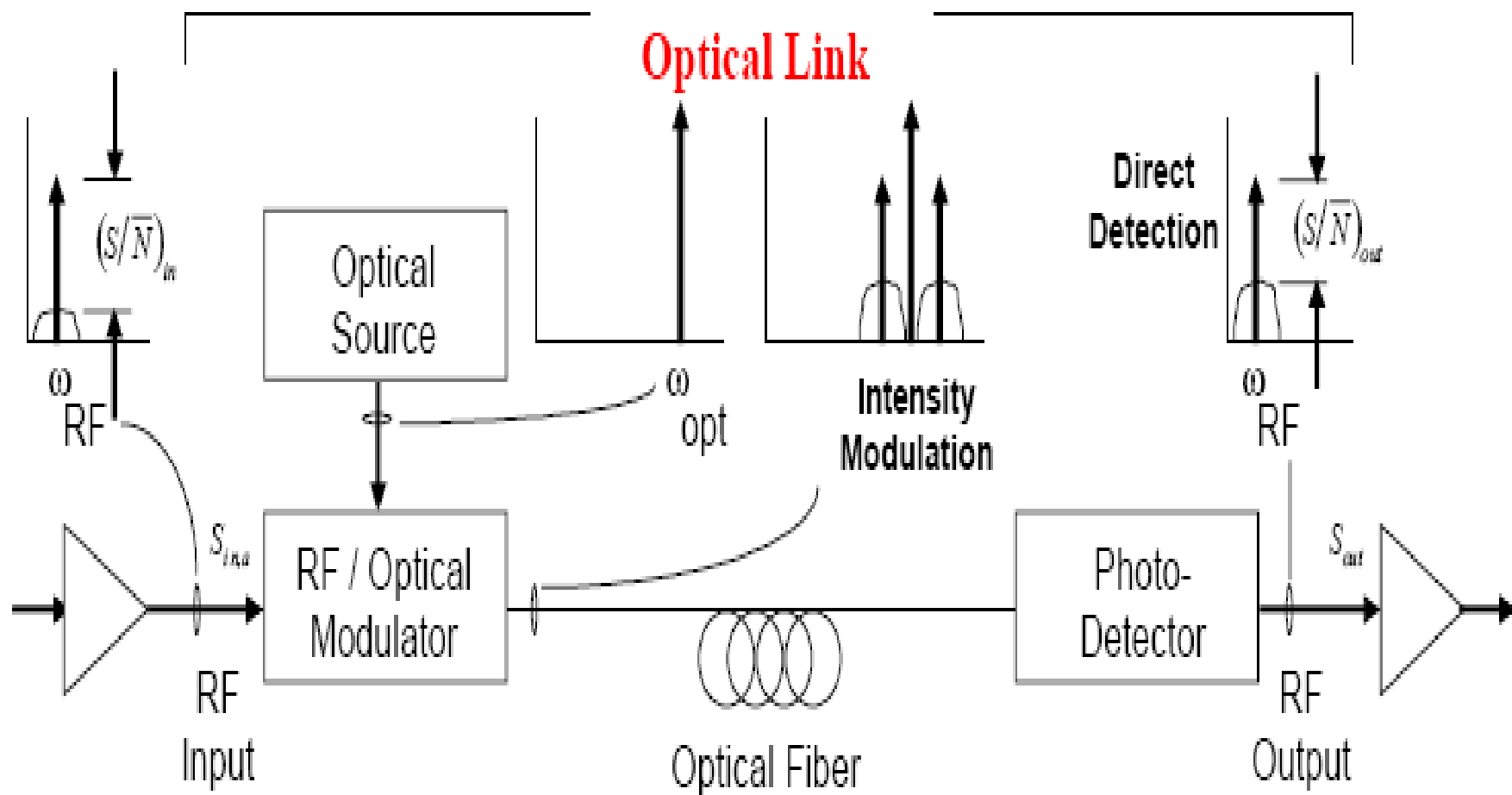
$$L = 10 \lg ( 4\pi r / \lambda )^2$$

*L – уровень затухания, дБ*

*$\lambda$  – длина волны, м*

*r – расстояние до антенны, м*

# *Волоконно-оптическая линия связи и процессы трансформаций сигнала в ней.*



# ***Определение микроволновой фотоники (MWP)***

***[ru.wikipedia.org/wiki](http://ru.wikipedia.org/wiki)***

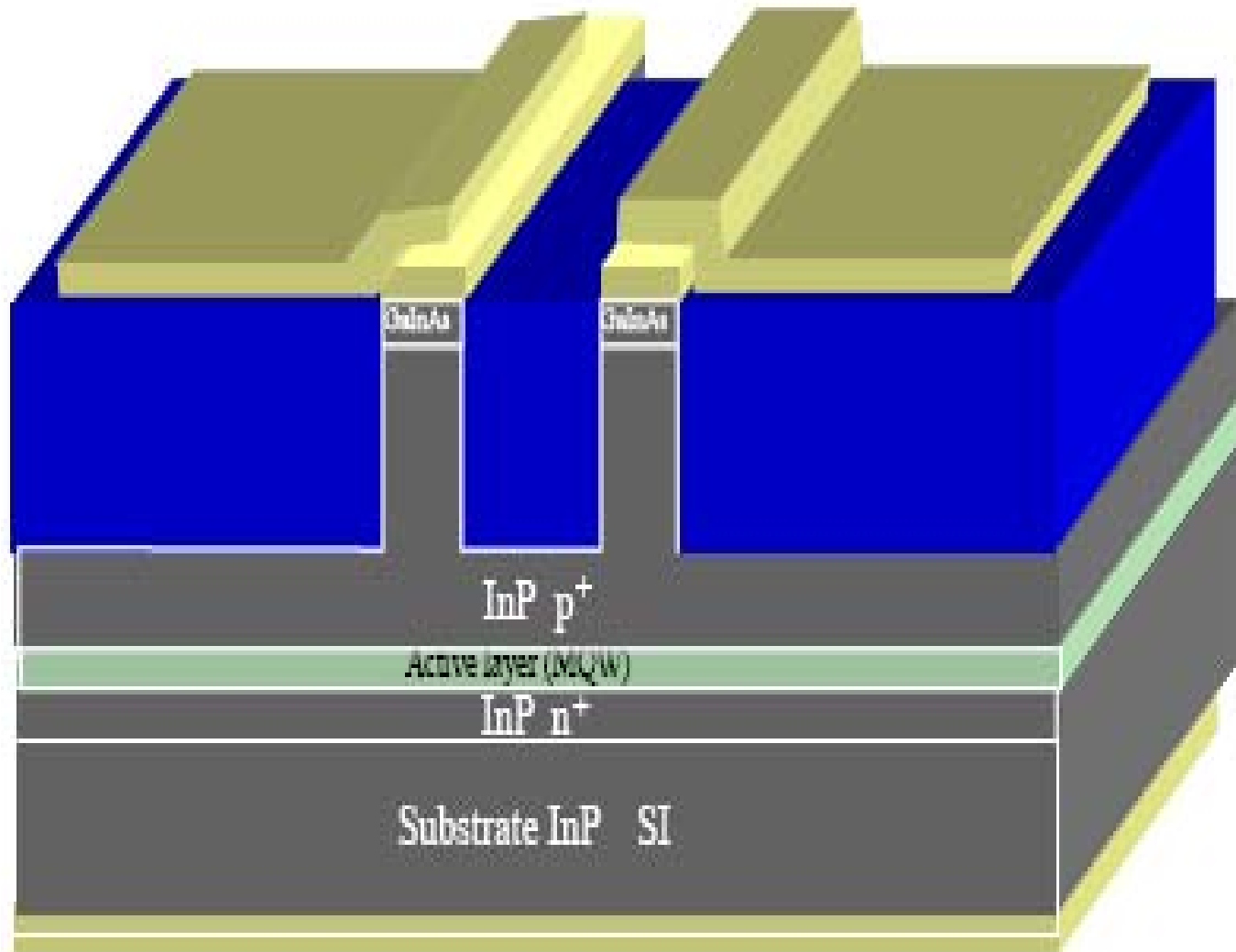
***Микроволновая фотоника изучает взаимодействие***

- между оптическим сигналом***
- и высокочастотным (больше 1 ГГц) электрическим сигналом.***

***Эта область включает***

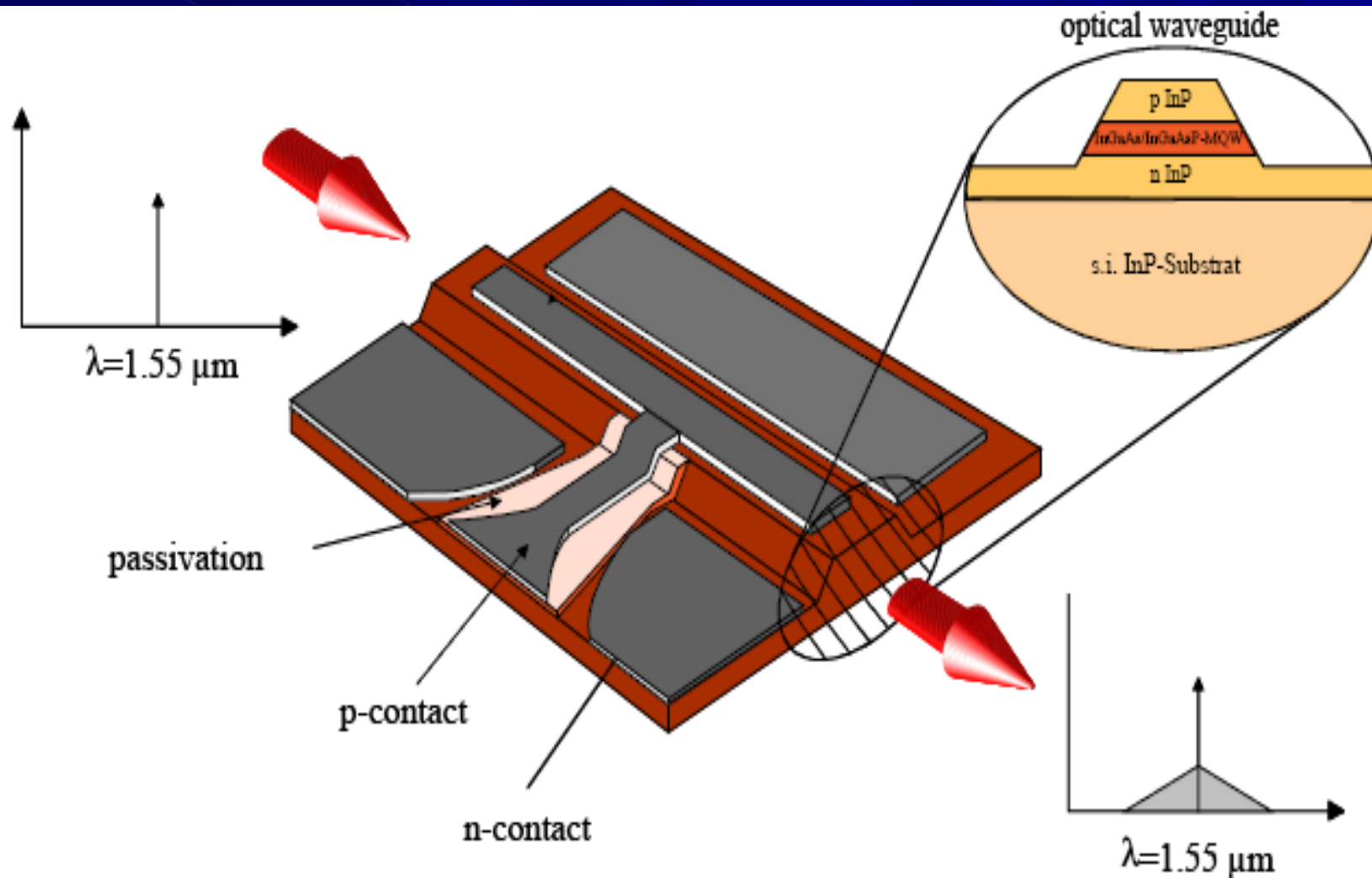
- основы оптико-микроволнового взаимодействия,***
- работу фотонных устройств на СВЧ,***
- фотонный контроль СВЧ устройств и линий высокочастотной передачи,***
- использование фотоники для выполнения различных функций в микроволновых схемах***

# Структура полупроводникового лазера

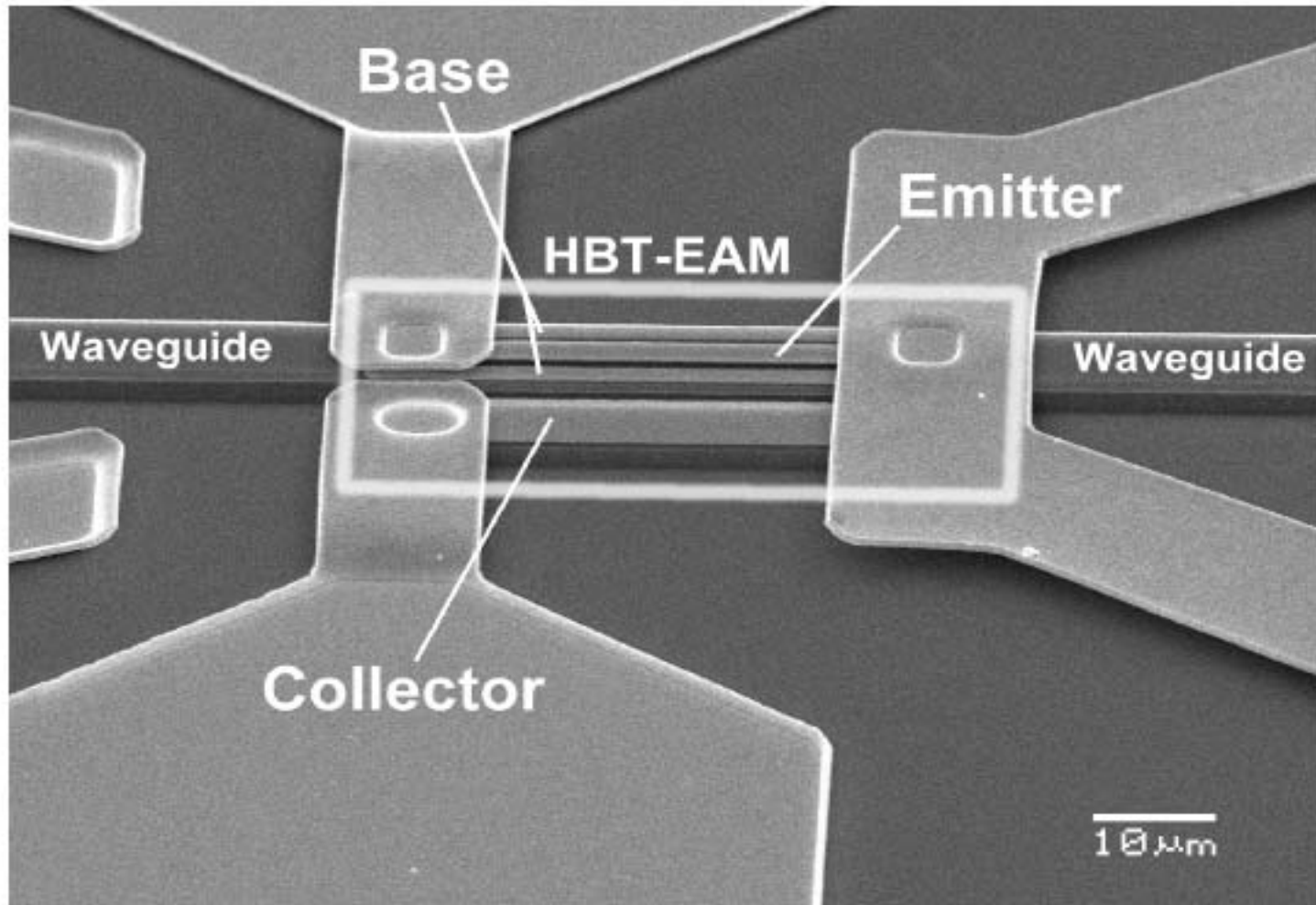




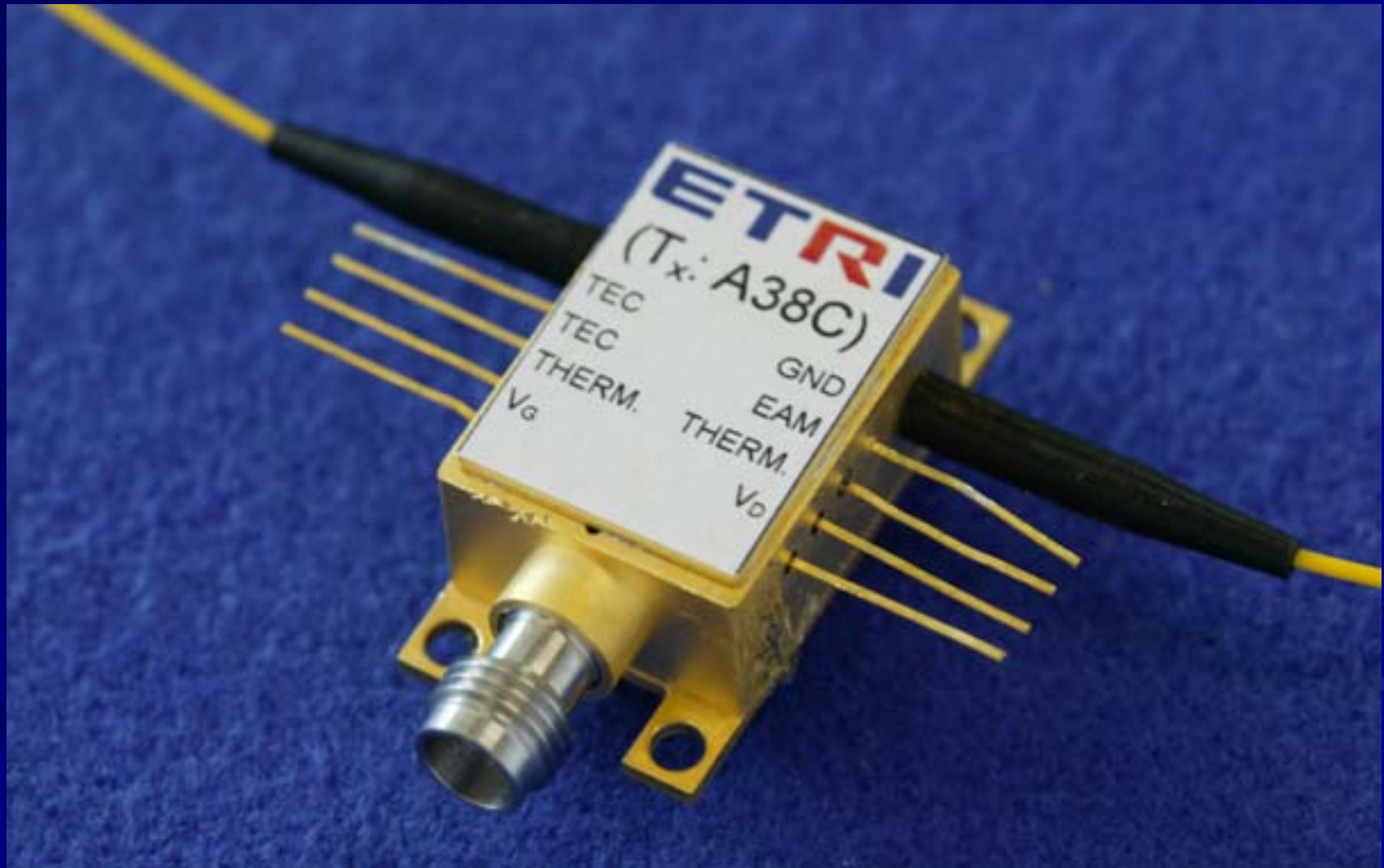
# Структура электро-поглощающего модулятора (*Electroabsorption modulator - EAM*) в планарном исполнении



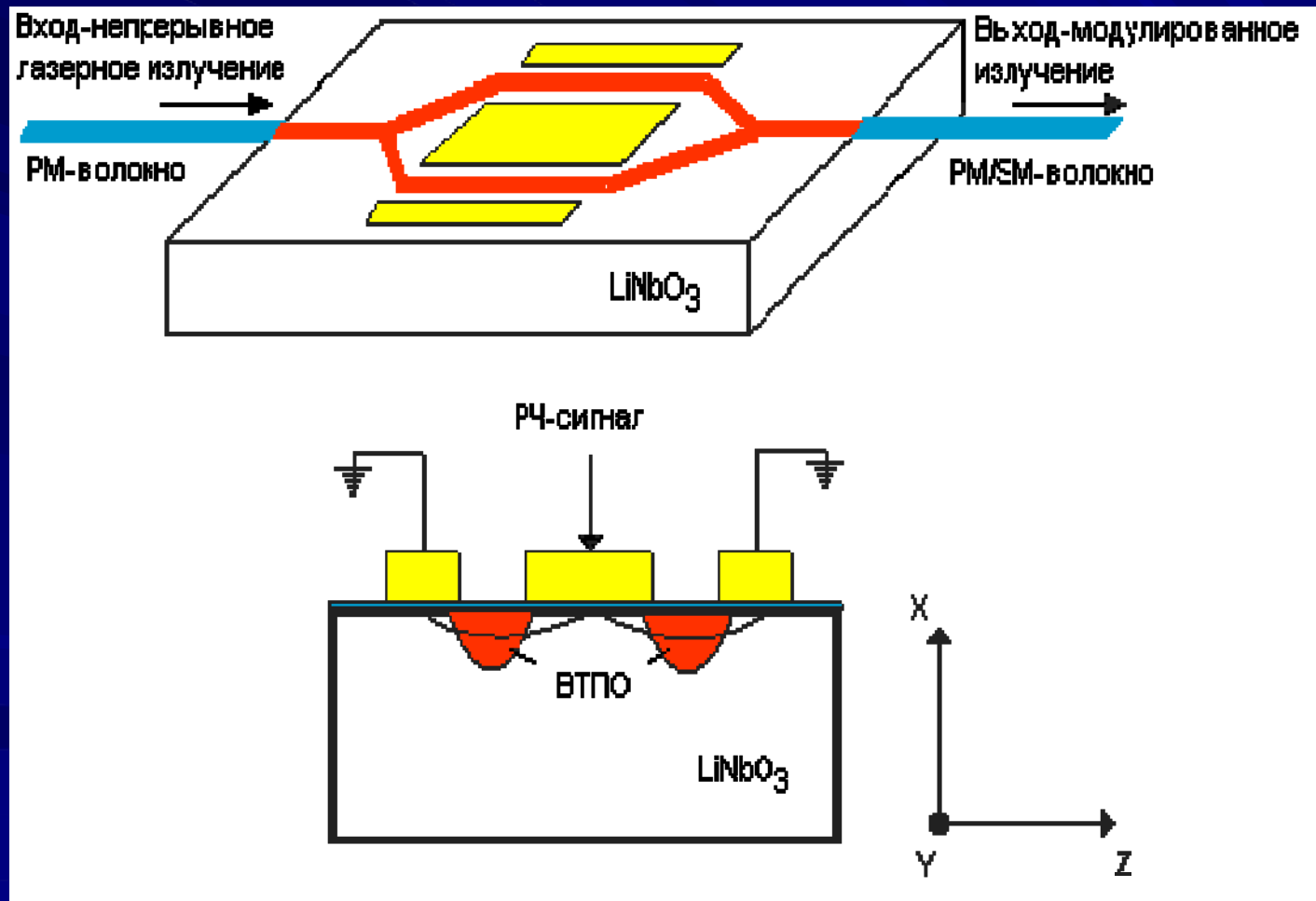
# *Топология полупроводникового ЕАМ ( технология НВТ )*



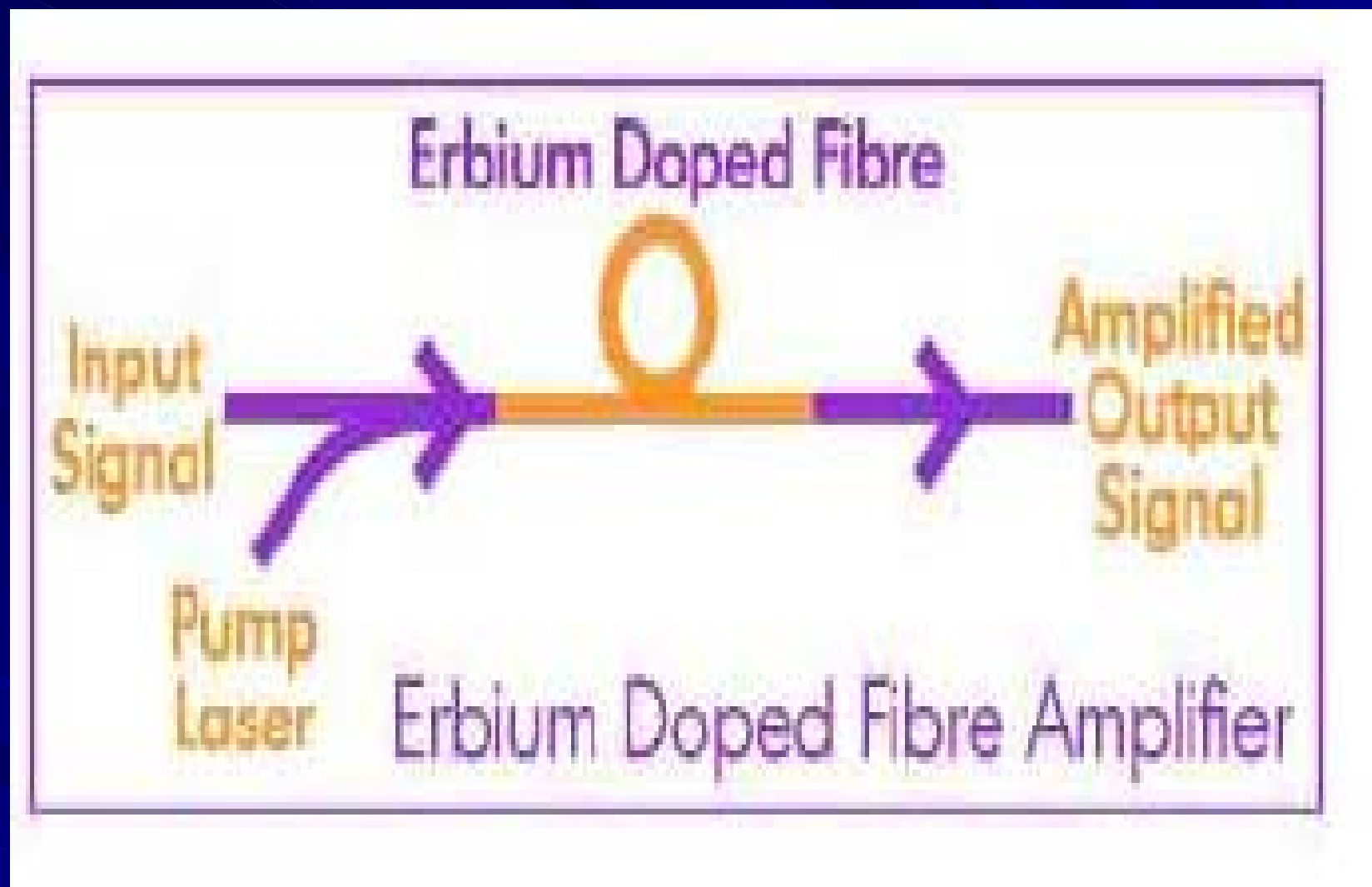
*Гибридная интегральная схема ЕАМ на 60 ГГц  
( технологии system-on-package - SoP )*



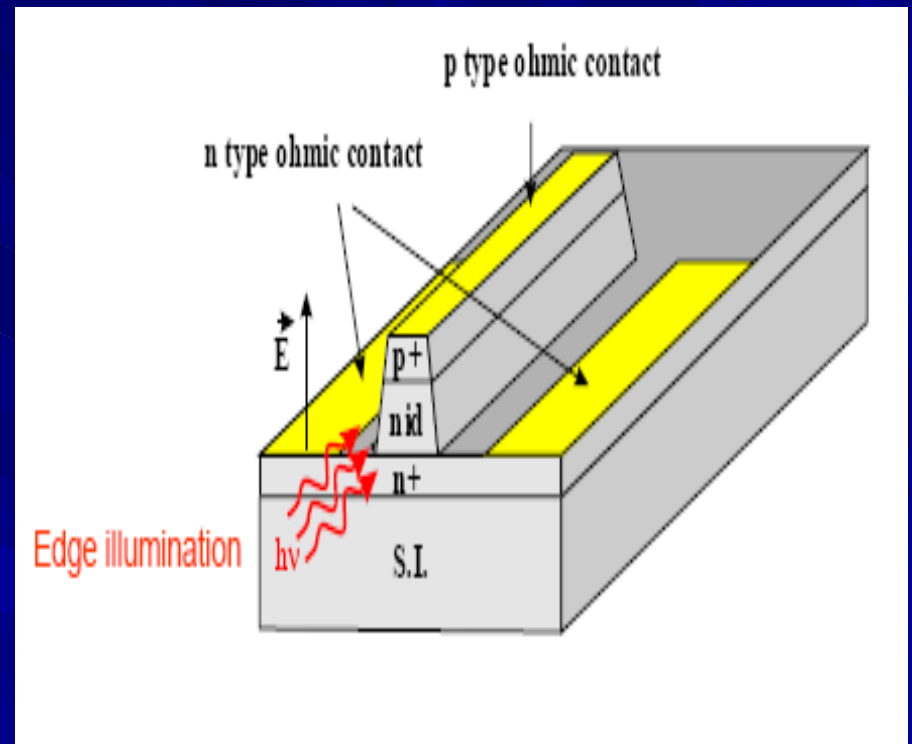
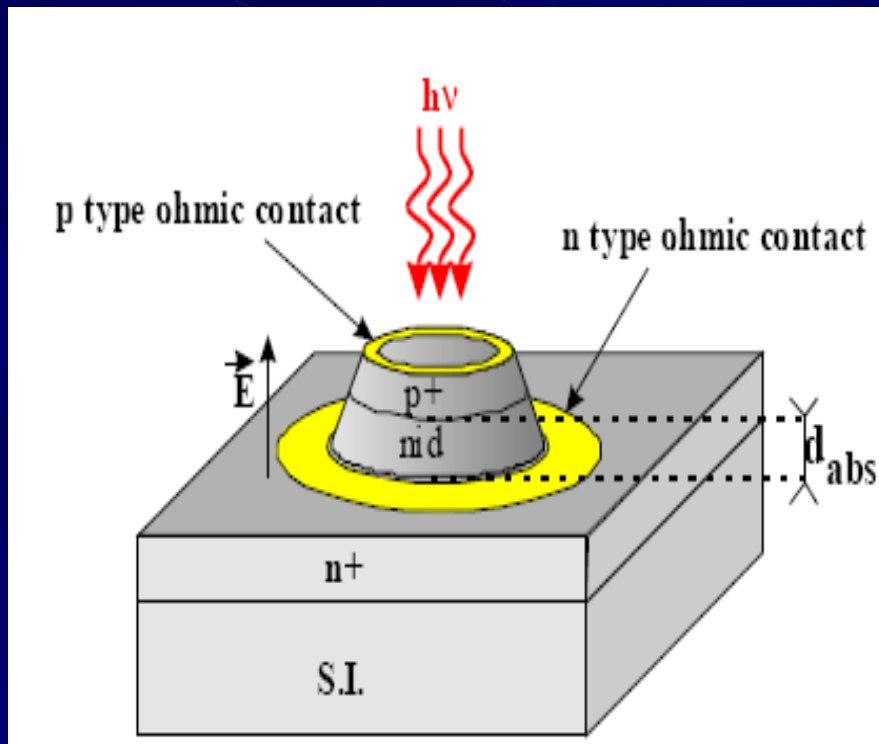
# Структура интерферометра Маха-Цандера (Mach Zehnder modulator - MZM) в планарном исполнении



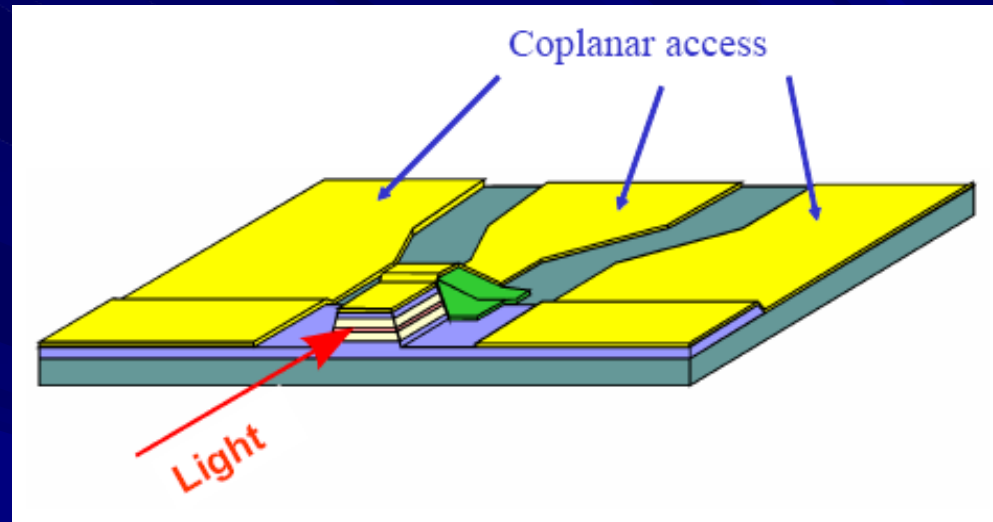
## *Волоконный эрбиевый усилитель*



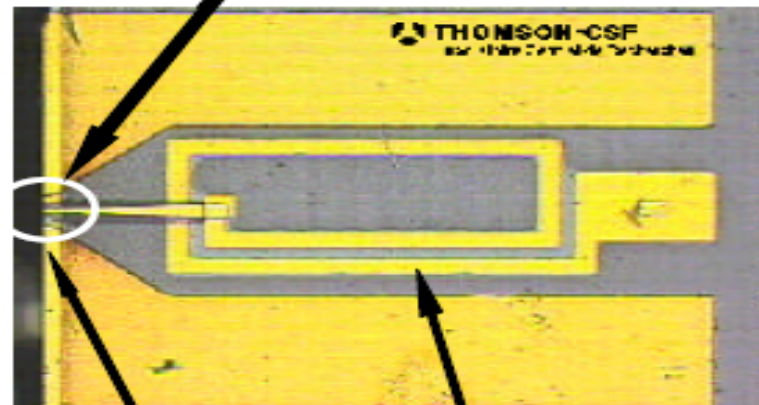
# Дискретные фотодиоды



# Планарные гибридные интегральные схемы фотодетекторов



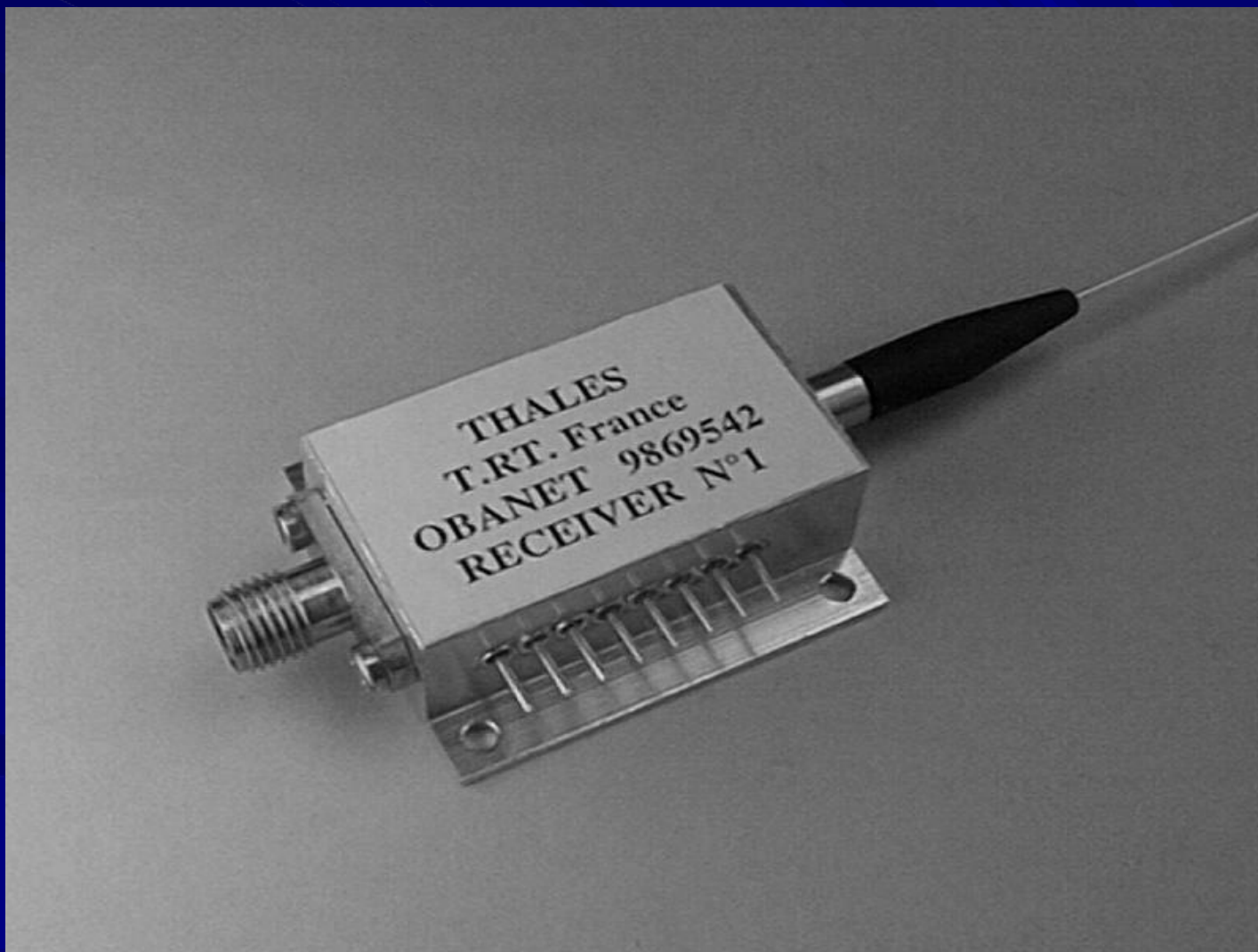
photodiode surface area:  $3 \mu\text{m} \times 15 \mu\text{m}$



40 fF photodiode capacitance

300 pH serial inductor

*Гибридная интегральная схема фотодетектора  
( технологии system-on-package - SoP )*





**2007 IEEE INTERNATIONAL TOPICAL MEETING ON**

# **MICROWAVE PHOTONICS**

*MWP 2007*

**October 3 – 5, 2007**

**Fairmont Empress Hotel**

**721 Government Street**

**Victoria, BC, Canada**

[www.mwp2007.org](http://www.mwp2007.org)

**Workshops: October 3, 2007**

**Technical program: October 3-5, 2007**

## Упрощенная схема оптоэлектронного генератора

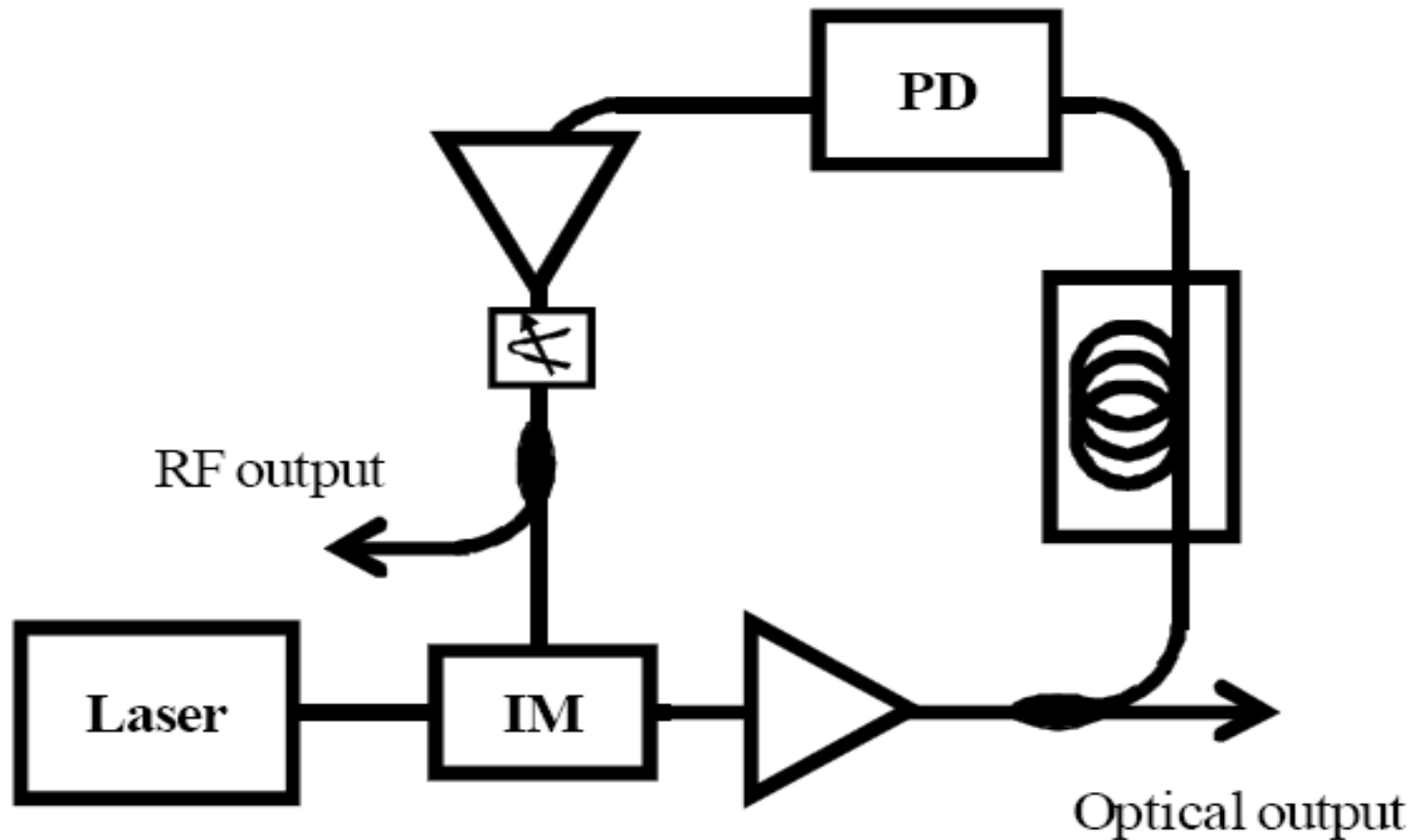


Fig. 1. Typical configuration of optoelectronic oscillators. IM: intensity modulator. PD: photo diode

# Опто-электронный генератор фирмы OEwaves



## Technical Objectives

### Miniature Opto-electronic Oscillator (MOEO)

#### OEO Assembly

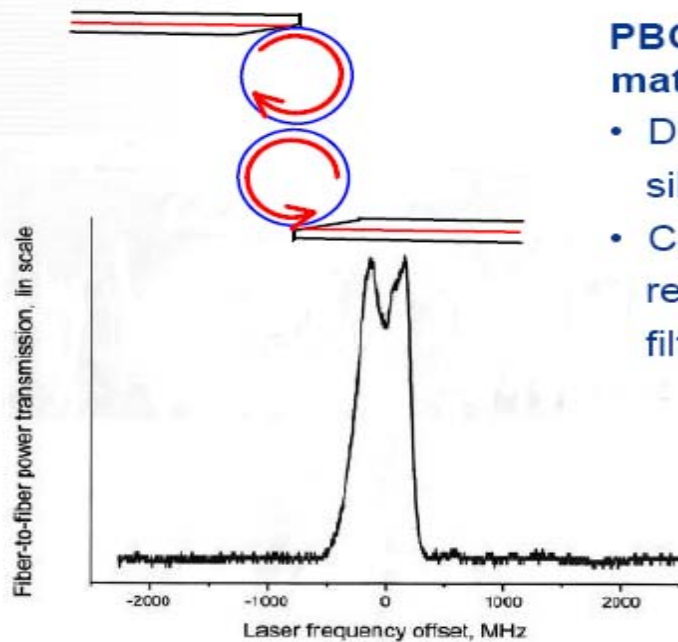
- **Fabricated devices will be assembled in the OEO configurations and tested for performance.**
- **Microresonators** will be integrated by OEwaves with the devices fabricated at USC.
- The **microwave segment** of the OEO circuit will be designed and implemented with discreet components for 40 GHz operation.
- The **coupling and the microwave circuit designs** will be optimized to achieve high spectral purity performance (-150dBc/Hz @ 10kHz, 10GHz carrier).



# Перестраиваемый ППФ на основе WGM-резонаторов фирмы OEwaves

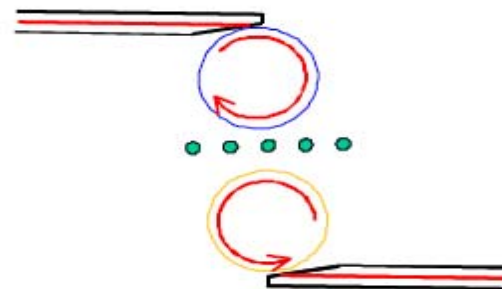


Synthesis of tunable high order filters  
and arbitrary waveguide and  
resonator coupling



**PBG as a generalized tool for quasi-phase matching of waveguides and resonators:**

- Direct coupling of arbitrary waveguide to high-Q silica and tunable LiNbO<sub>3</sub> resonators
- Coupling of different material WGM resonators for obtaining multipole/tunable filter functions



# Структурная схема фотонного АЦП

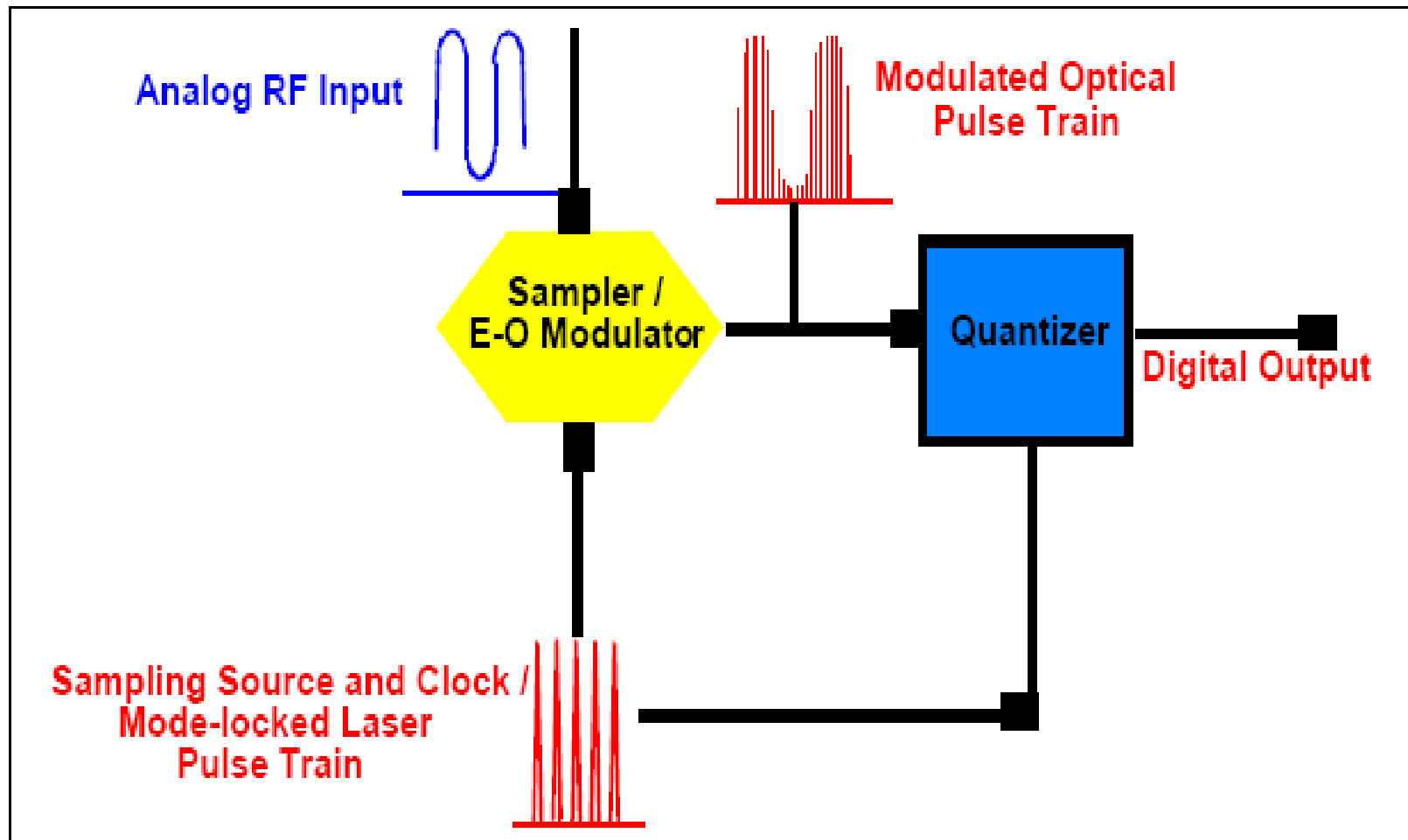


Figure 1-1. Photonic analog to digital converter block diagram.

# *Программы DARPA*

**DARPA** - Defense Advanced Research Projects Agency

( агентство по передовым оборонным исследованиям )

---

[www.thelivingmoon.com/45jack\\_files/03documents/Darpa\\_Fact\\_File.html](http://www.thelivingmoon.com/45jack_files/03documents/Darpa_Fact_File.html)

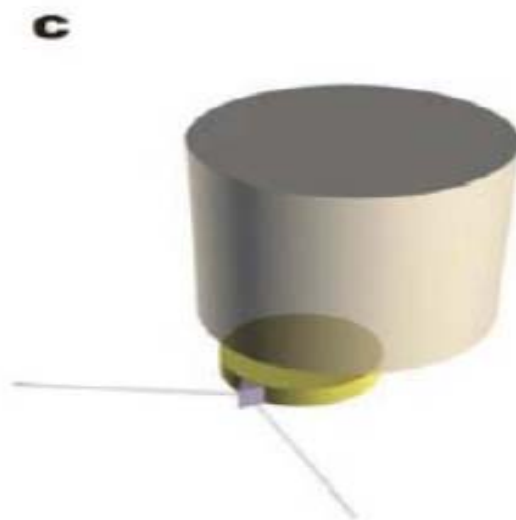
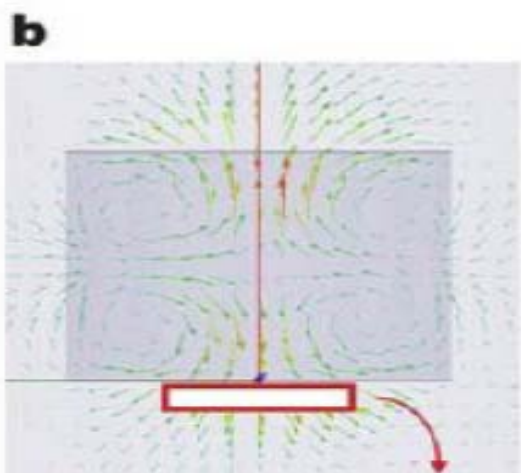
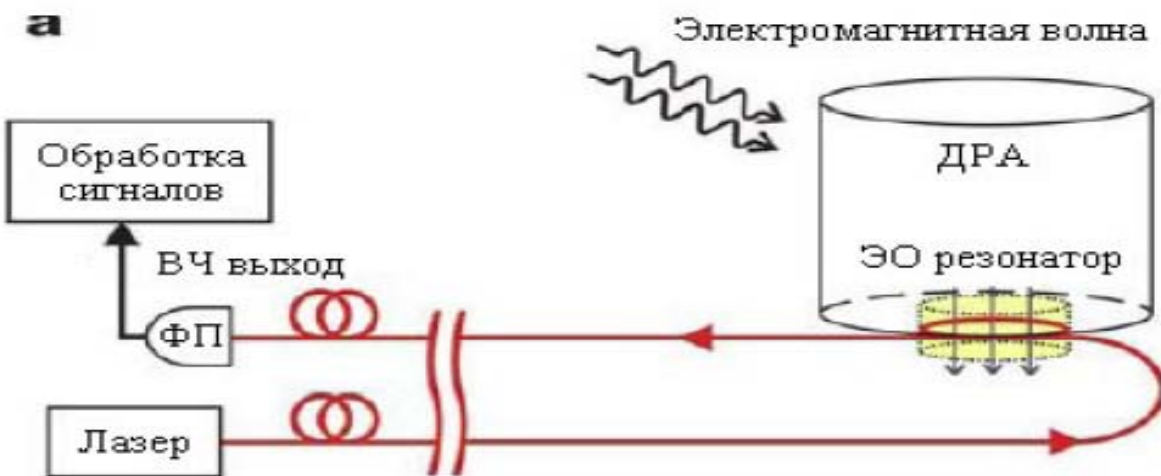
---

*Программы DARPA в области микроволновой фотоники:*

- *Radio-Frequency Lightwave Integrated Circuits*
- *Photonic Wavelength and Spatial Signal Processing*
- *VLSI Photonics*
- *Analog Optical Signal Processing*

- 
- *Оптическая элементная база микроволновой фотоники;*
  - *Аналоговая оптическая обработка сигналов, в том числе в ультрафиолетовом диапазоне;*
  - *Фотонный процессор на основе сверхбольших интегрально-оптических схем для новейших радаров с синтезированной апертурой;*
  - *Аналоговая оптическая обработка сигналов;*

# Структура фотоэлектрического полностью диэлектрического входного СВЧ каскада



# Патент корпорации «Lockheed Martin» на миниатюрный фотонный СВЧ-приёмник



US007724179B2

(12) **United States Patent**  
**Williams et al.**

(10) **Patent No.:** **US 7,724,179 B2**  
(45) **Date of Patent:** **May 25, 2010**

(54) **MINIATURIZED MICROWAVE-PHOTONIC RECEIVER**

(75) Inventors: **Brett A. Williams**, Iowa City, IA (US);  
**Mark A. Turner**, Arlington, TX (US)

(73) Assignee: **Lockheed Martin Corporation**,  
Bethesda, MD (US)

(\* ) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 71 days.

4,087,815 A \* 5/1978 Garrison et al. .... 342/112  
4,216,474 A \* 8/1980 Levine ..... 342/175  
4,258,363 A \* 3/1981 Bedner et al. .... 342/157  
4,329,686 A \* 5/1982 Mousou ..... 342/202  
4,620,193 A \* 10/1986 Hoeks ..... 342/200  
4,673,939 A \* 6/1987 Forrest ..... 342/174  
4,806,932 A \* 2/1989 Bechdel ..... 342/33  
4,885,589 A \* 12/1989 Edward et al. .... 342/175  
4,922,256 A \* 5/1990 Brandstetter ..... 342/132

(21) Appl. No.: **12/027,868**

(22) Filed: **Feb. 7, 2008**

(65) **Prior Publication Data**  
US 2009/0051582 A1 Feb. 26, 2009

(Continued)

**OTHER PUBLICATIONS**

Howerton et al., "Low-Biased Fiber-Optic Link for Microwave Downconversion" IEEE Photonics Technology Letters, 1998, vol. 8, No. 12, pp. 1692-1694.

**Related U.S. Application Data**

(60) Provisional application No. 60/899,869, filed on Feb. 7, 2007.

(Continued)

*Primary Examiner*—Bernard E Gregory  
(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Buchanan Ingersoll & Rooney PC

(51) **Int. Cl.**  
*G01S 7/02* (2006.01)  
*G01S 13/00* (2006.01)  
*F41G 7/00* (2006.01)

(52) **U.S. Cl.** ..... 342/54; 244/3.1; 244/3.15;  
244/3.19; 342/61; 342/62; 342/89; 342/175;  
342/195; 342/196; 342/368; 342/375; 342/376

(58) **Field of Classification Search** ..... 244/3.1-3.3;  
342/52-55, 82, 89-103, 175, 192-197, 25 R-25 F,  
342/33, 118, 120, 157, 159-164, 165, 167,  
342/173, 174, 200-204, 368, 375, 376, 61-65,  
342/104-115, 128-147; 89/1.11  
See application file for complete search history.

**ABSTRACT**

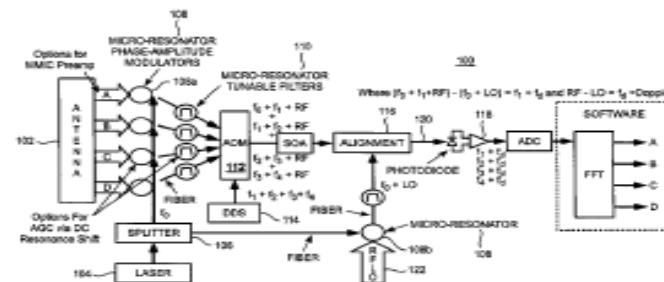
(57) A receiver, such as a miniaturized microwave-photonic coherent receiver (MMPR) is disclosed. The receiver includes an antenna to output an electrical RF signal received on a section of the antenna, a laser to produce an optical signal, a photonic modulator to receive the optical signal and the electrical RF signal and produce an EO-RF signal and to receive the optical signal and an electrical LO signal and produce an EO-LO signal, a signal combiner to provide a combined EO-RF and EO-LO signal and a photodiode to receive the combined signal and produce an IF signal. A method of detecting an object using the MMPR includes receiving an electrical RF signal corresponding to the object, outputting the electrical RF signal to a photonic modulator, modulating the electrical RF signal onto an optical carrier, demodulating the electrical RF signal to produce an IF signal and processing the IF signal.

(56) **References Cited**

**U.S. PATENT DOCUMENTS**

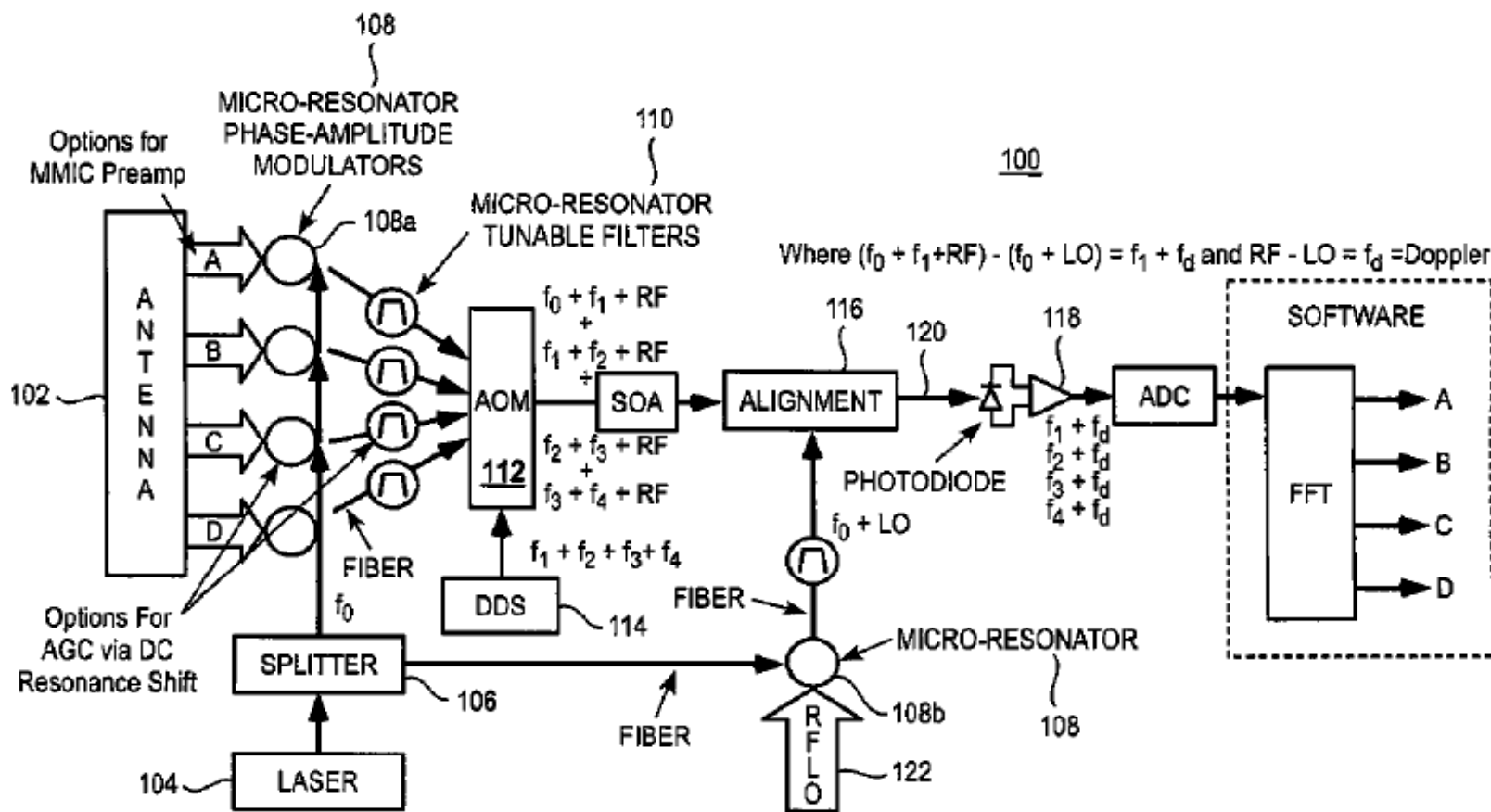
3,991,417 A \* 11/1976 Levine ..... 342/160

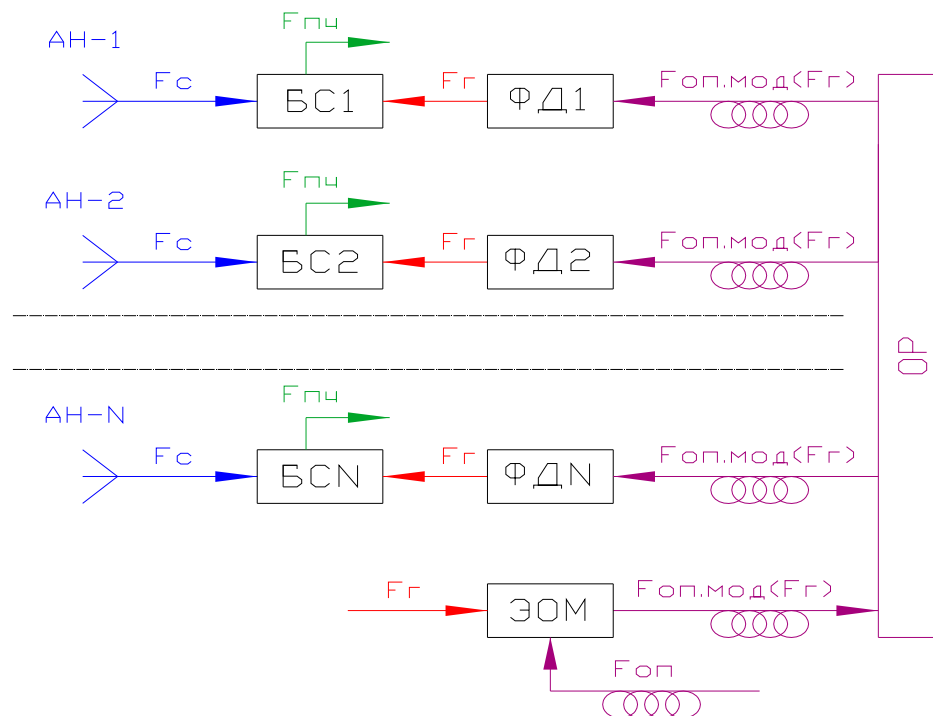
**19 Claims, 3 Drawing Sheets**





# Структурная схема доплеровского локатора корпорации «Lockheed Martin» на основе фотонных элементов





Структурная схема

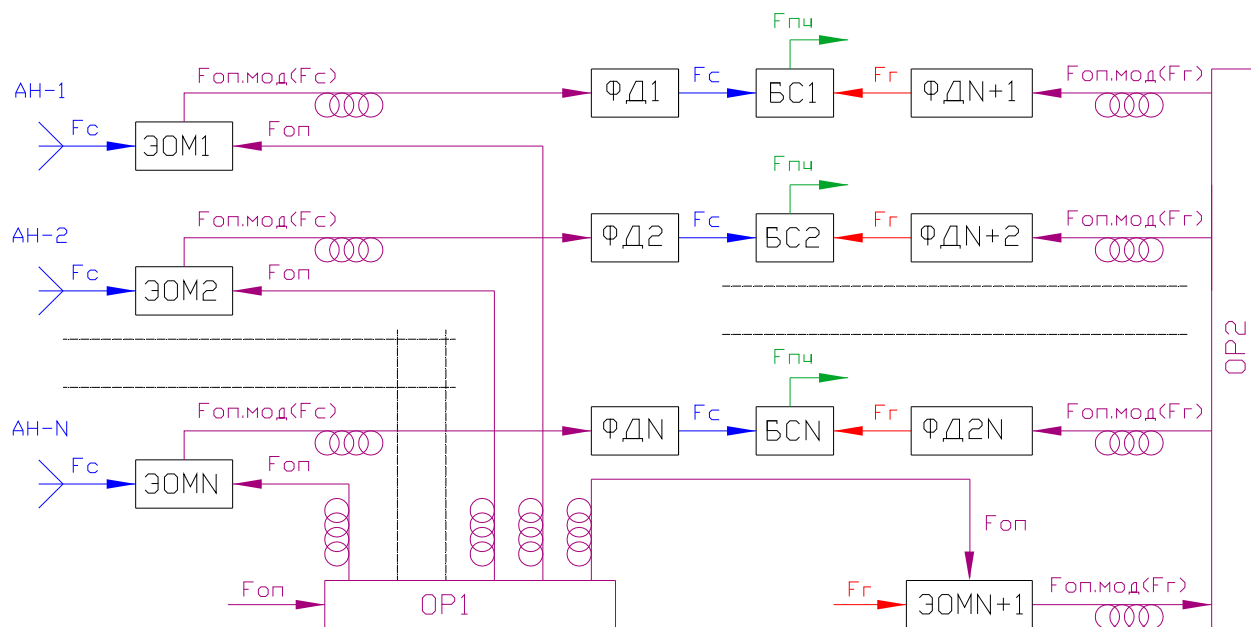
N-канального супергетеродинного приемника с оптической разводкой сигнала гетеродина и с выделением ПЧ в балансном смесителе

БС – балансный смеситель

ОР – оптический разветвитель

Ф.Д – фотодетектор

ЗОМ – электро-оптический модулятор



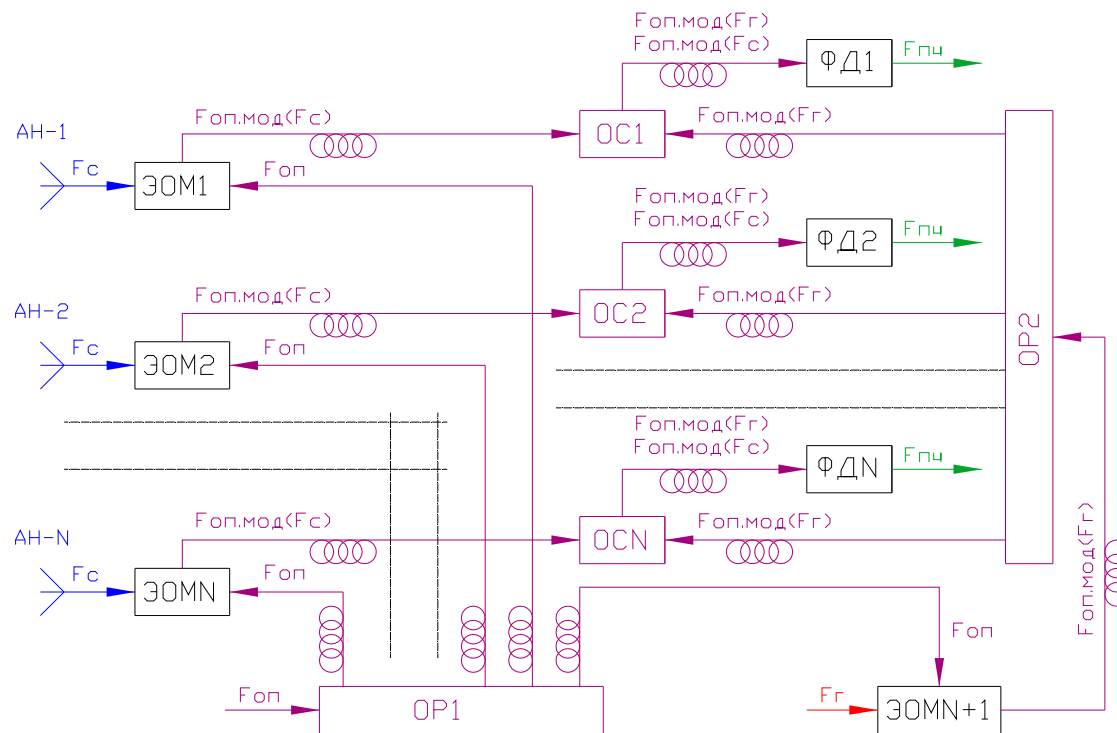
Структурная схема  
 N-канального супергетеродинного приемника  
 с оптической разводкой  
 входного сигнала и сигнала гетеродина  
 и с выделением ПЧ в балансном смесителе

БС - балансный смеситель

ОР - оптический разветвитель

ФД - фотодетектор

ЭОМ - электро-оптический модулятор



Структурная схема  
 N-канального супергетеродинного приемника  
 с оптической разводкой  
 входного сигнала и сигнала гетеродина  
 и с выделением ПЧ в фотодетекторе

- ФД - фотодетектор
- ОР - оптический разветвитель
- ОС - оптический сумматор
- ЭОМ - электро-оптический модулятор