



Открытое акционерное общество
«Центральное конструкторское бюро автоматики»

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

Докладчик : Вольхин Ю.Н.

Омск - 2010

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

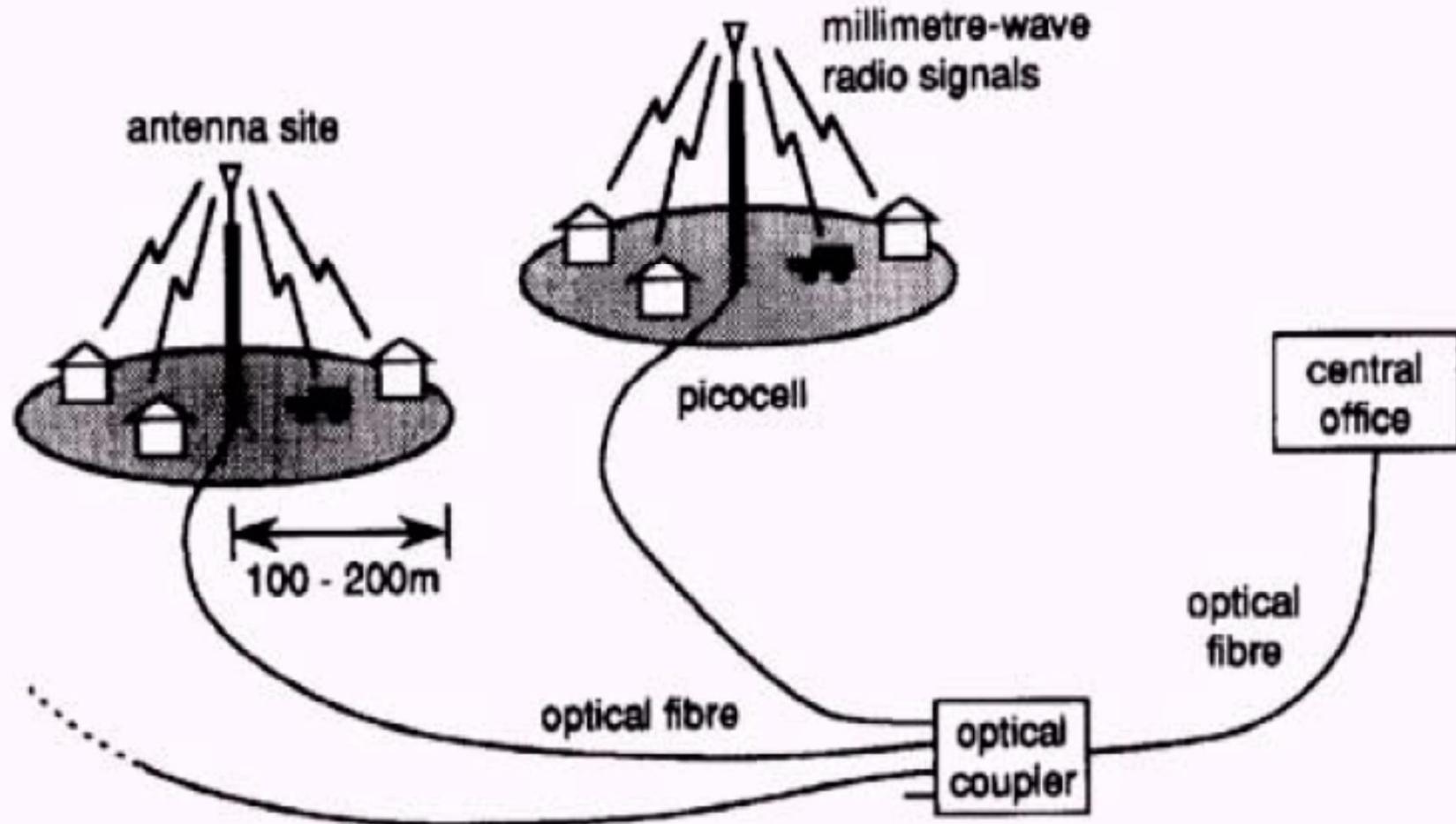
$$L = 10 \lg (4\pi r / \lambda)^2,$$

L – уровень затухания, дБ;

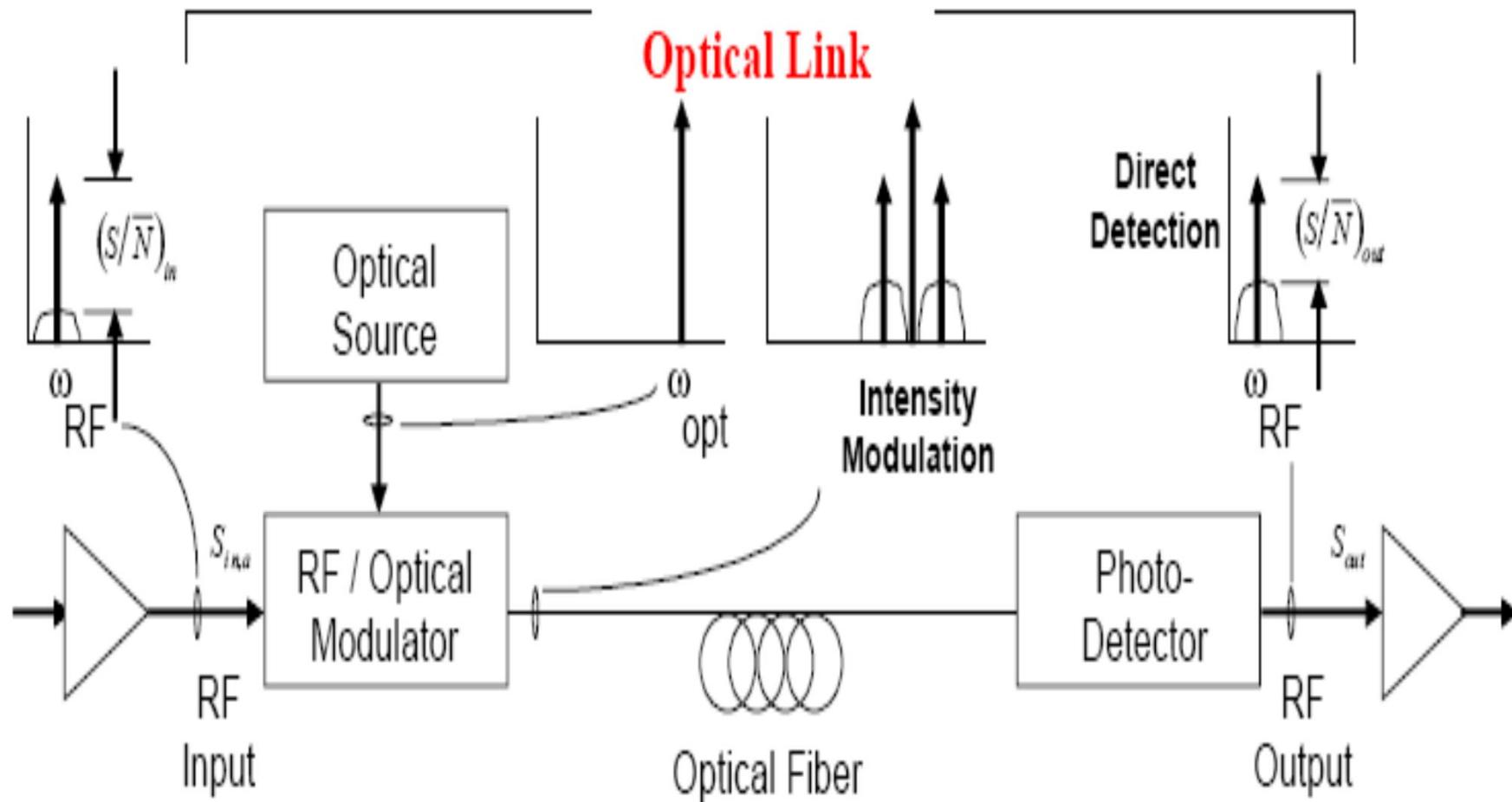
λ – длина волны, м;

r – расстояние до антенны, м.

Структура сети волоконно-оптической радиосвязи (ROF - Radio - over - Fiber)



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



Определение микроволновой фотоники (MWP)

ru.wikipedia.org/wiki

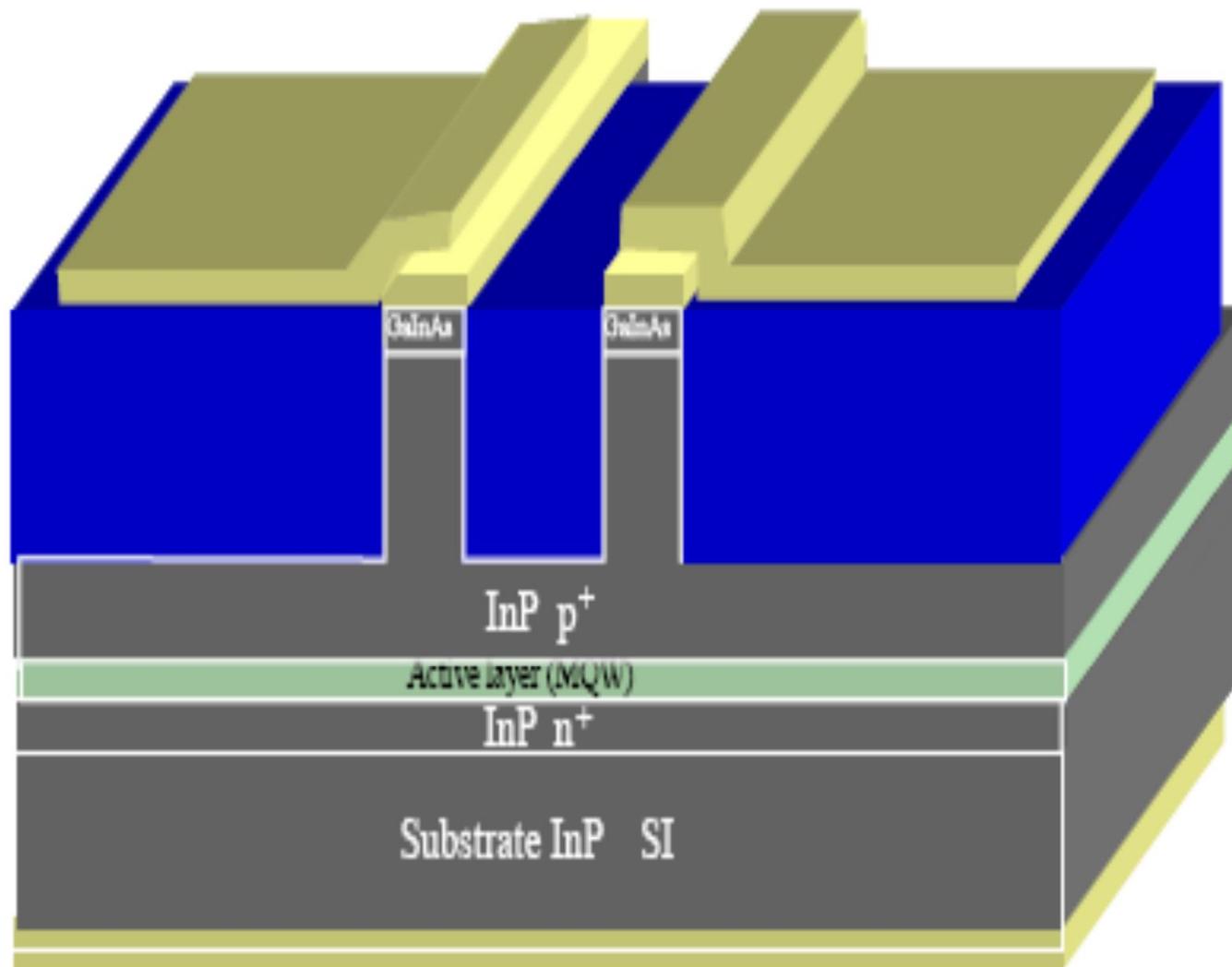
Микроволновая фотоника изучает взаимодействие

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

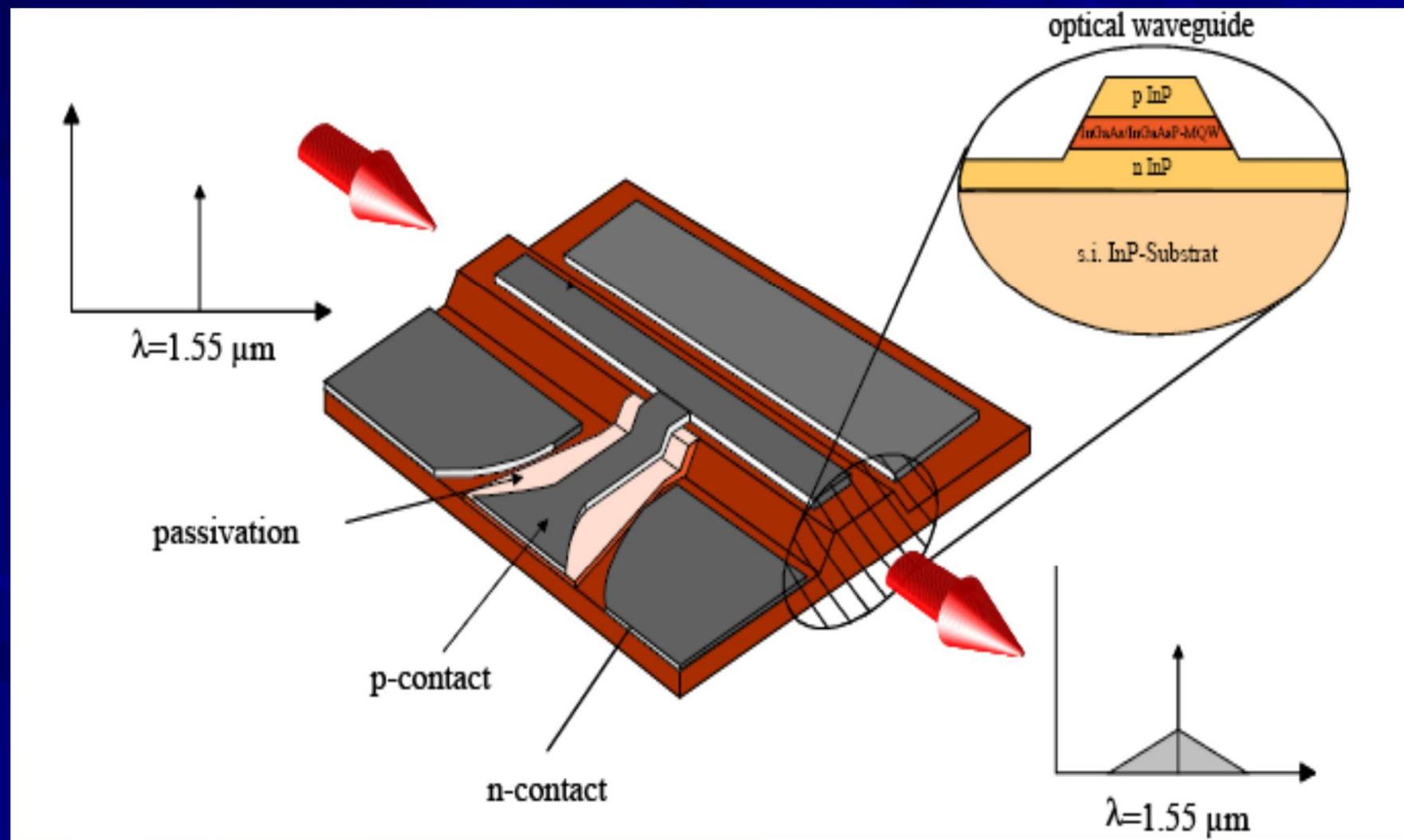
Эта область включает

- 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***

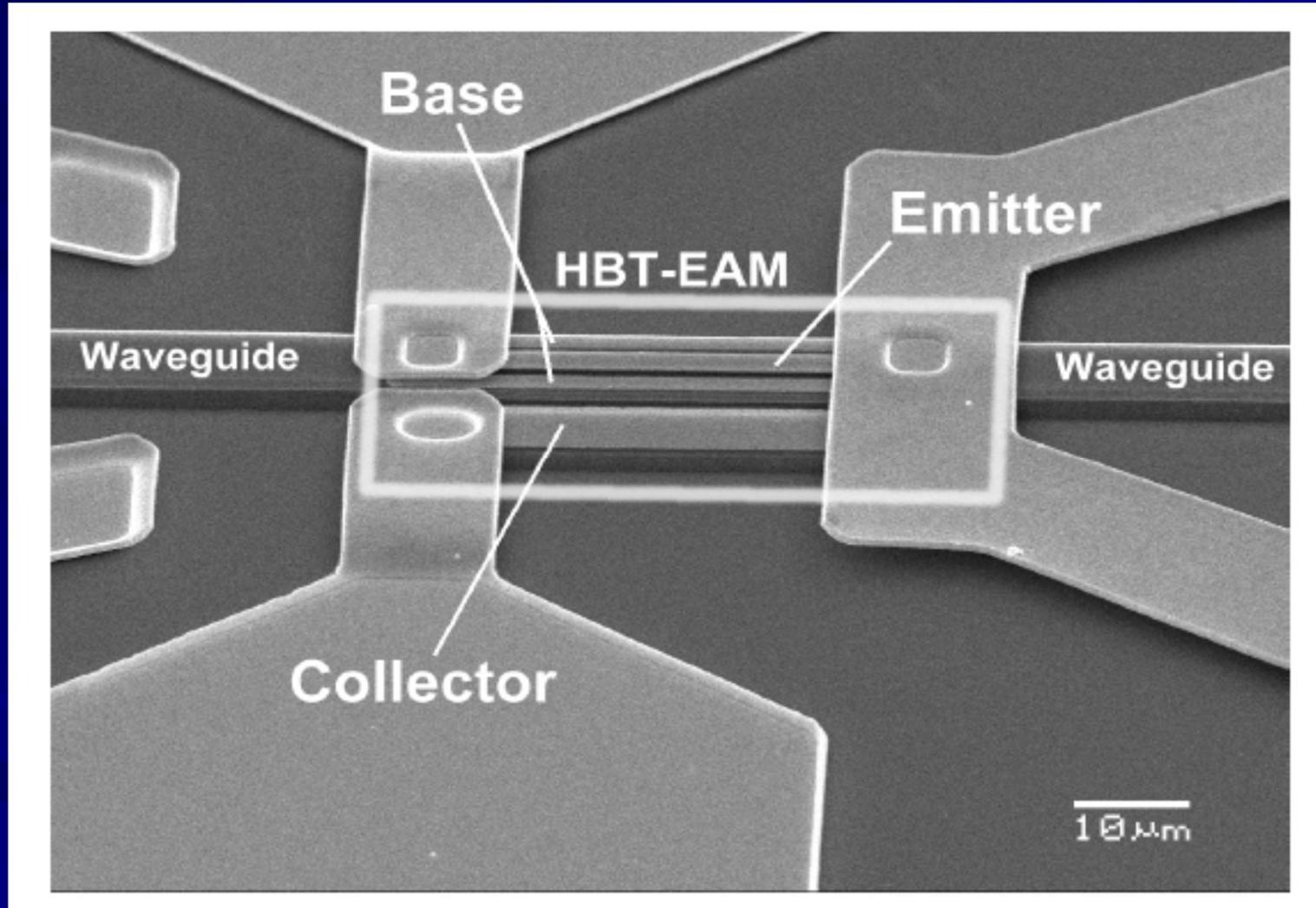
Структура полупроводникового лазера



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



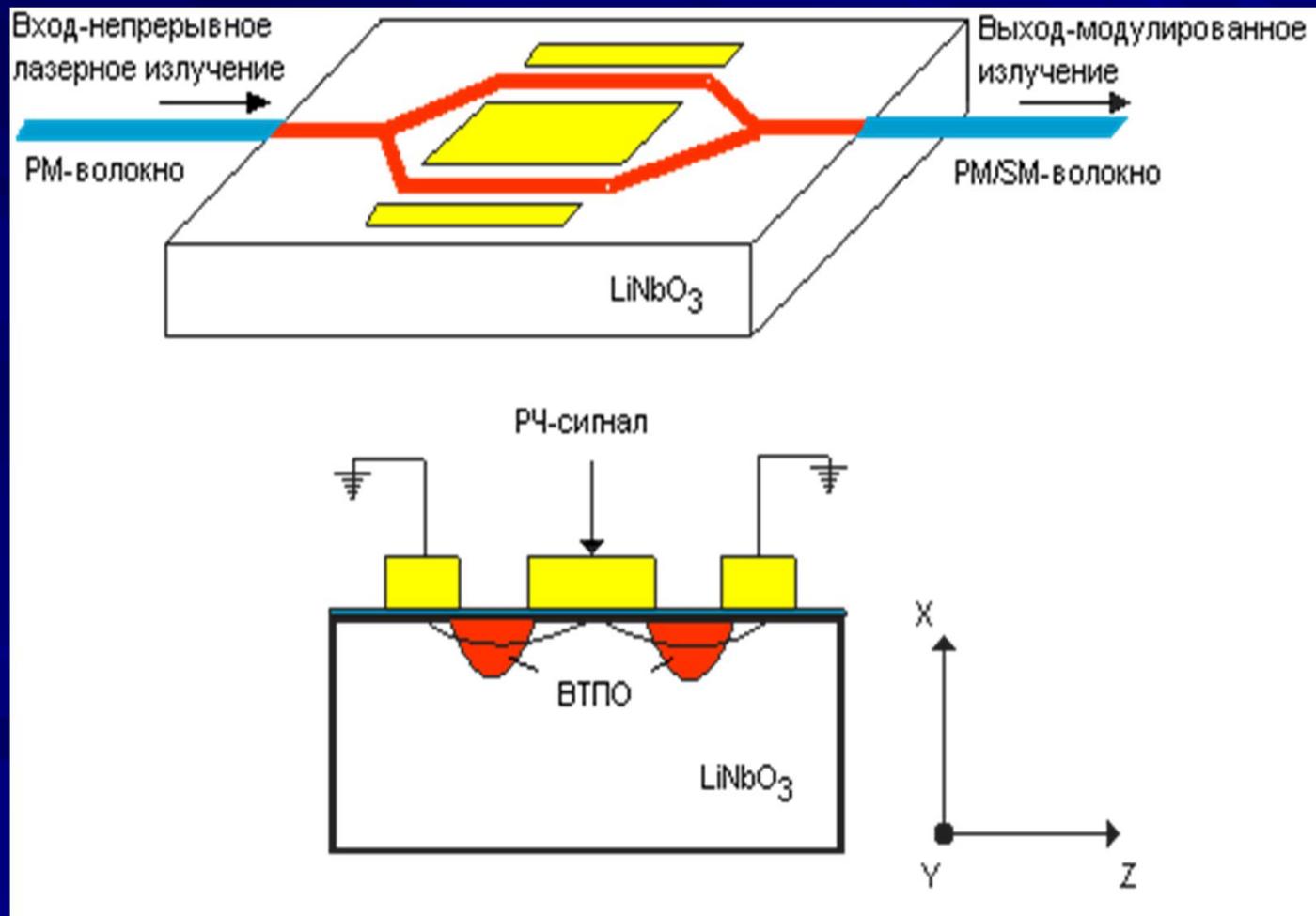
Топология полупроводникового ЕАМ (технология НВТ)



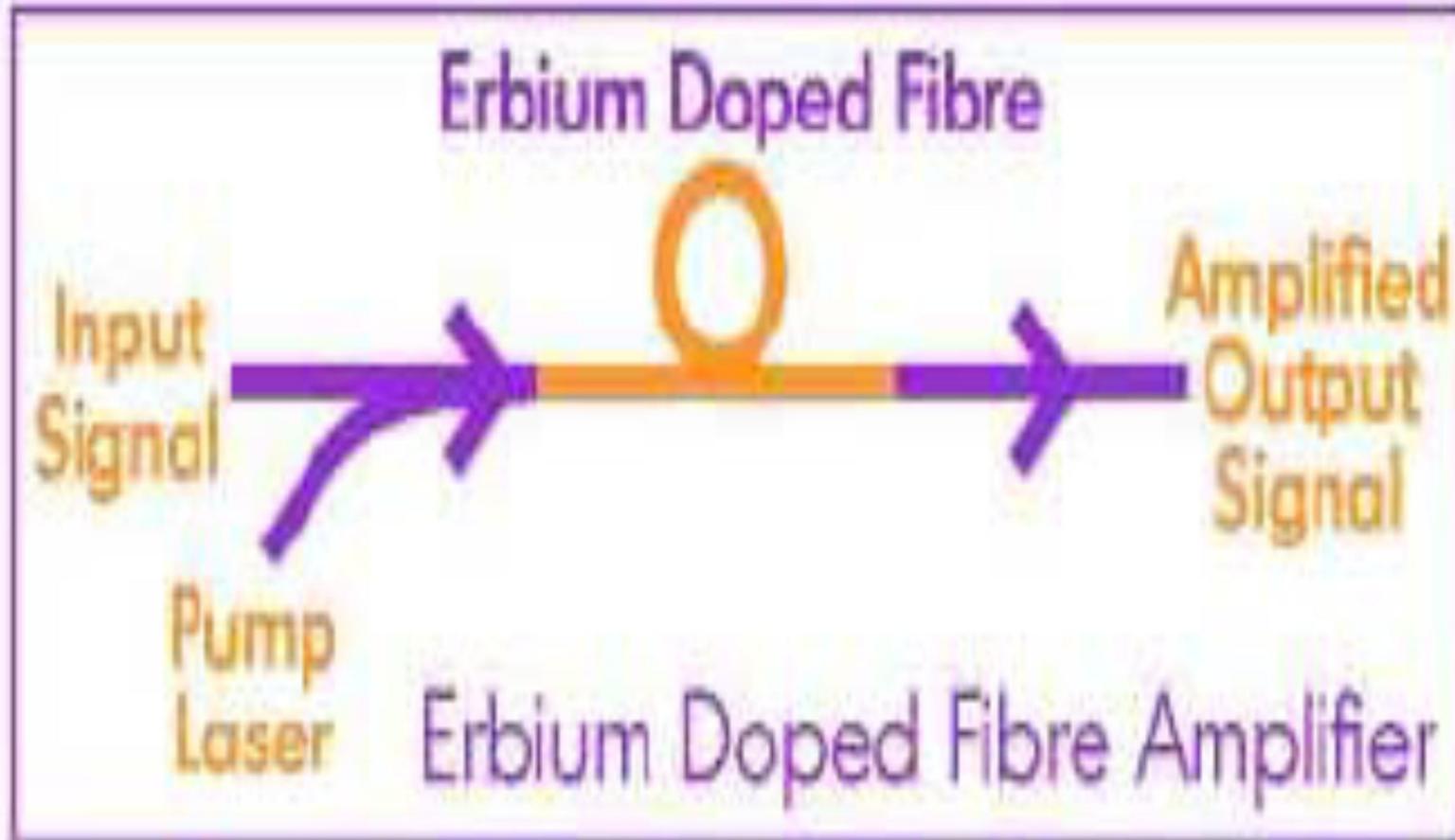
*Гибридная интегральная схема ЕАМ на 60 ГГц
(технологии system-on-package - SoP)*



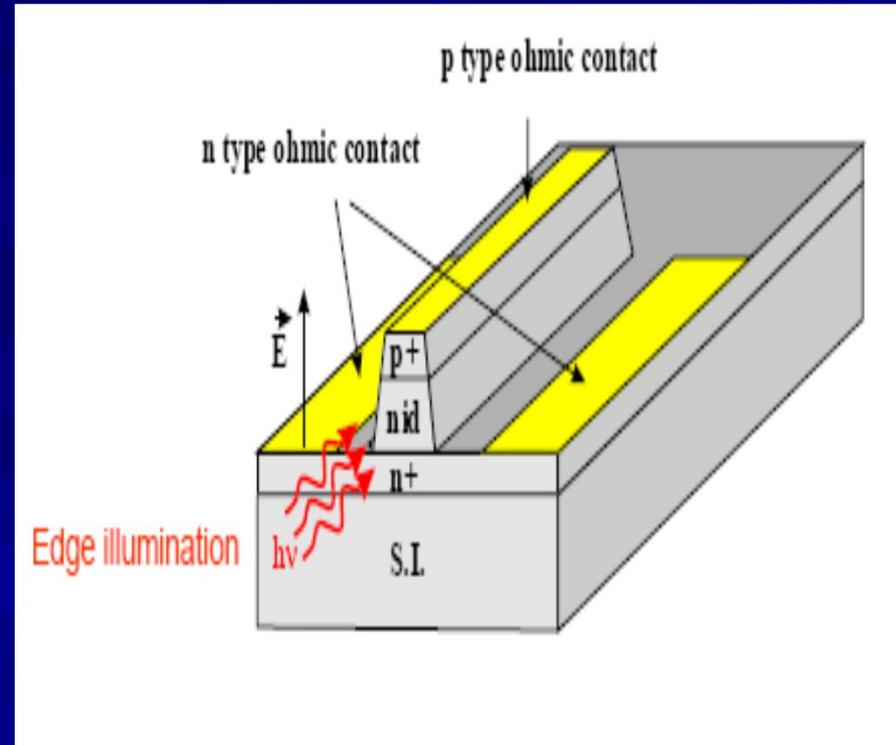
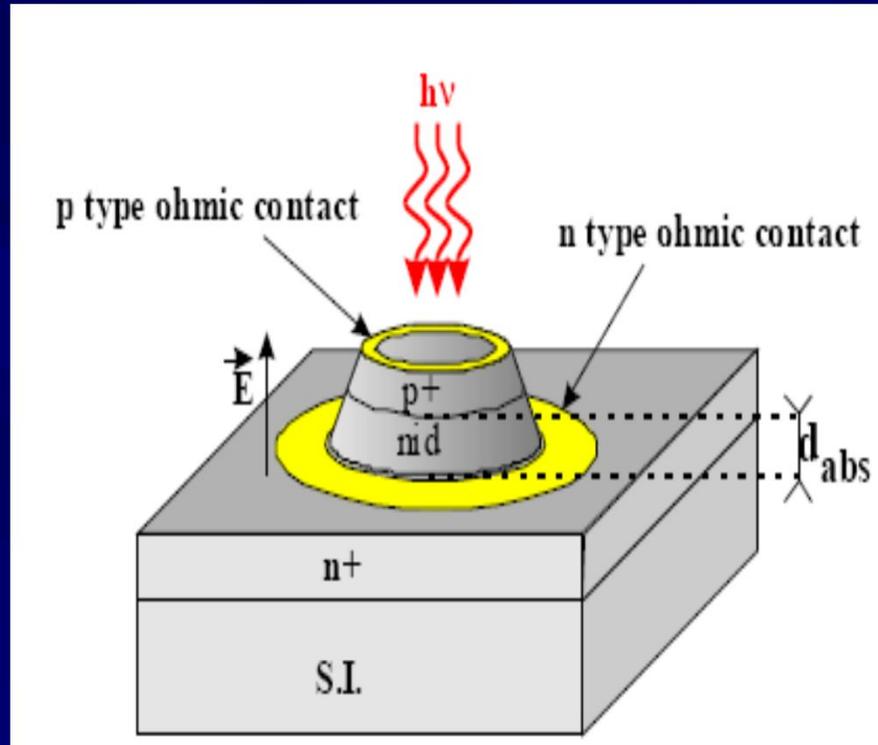
Структура интерферометра Маха-Цандера (Mach Zehnder modulator - MZM) в планарном исполнении



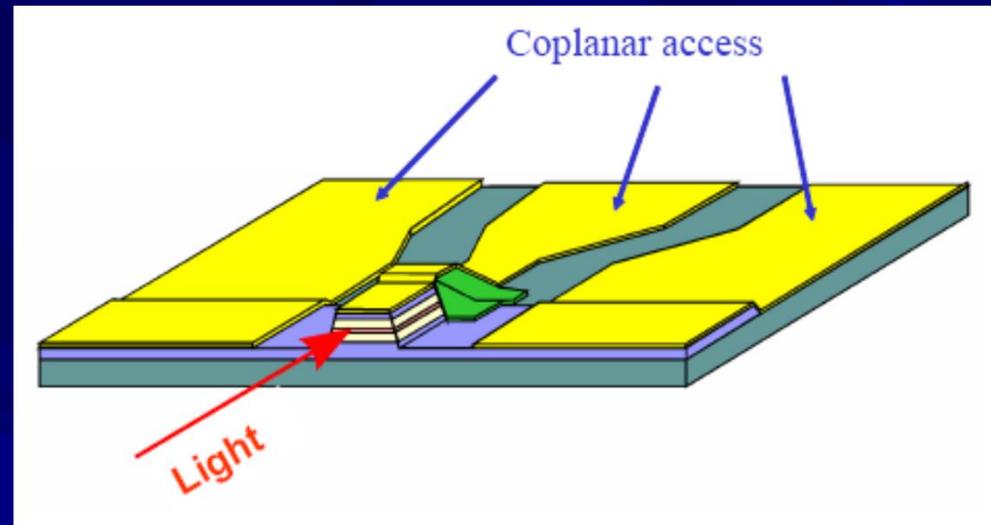
Волоконный эрбиевый усилитель



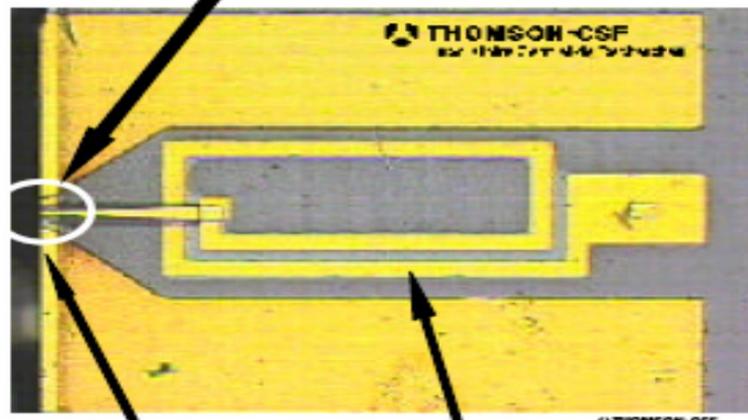
Дискретные фотодиоды



Планарные гибридные интегральные схемы фотодетекторов



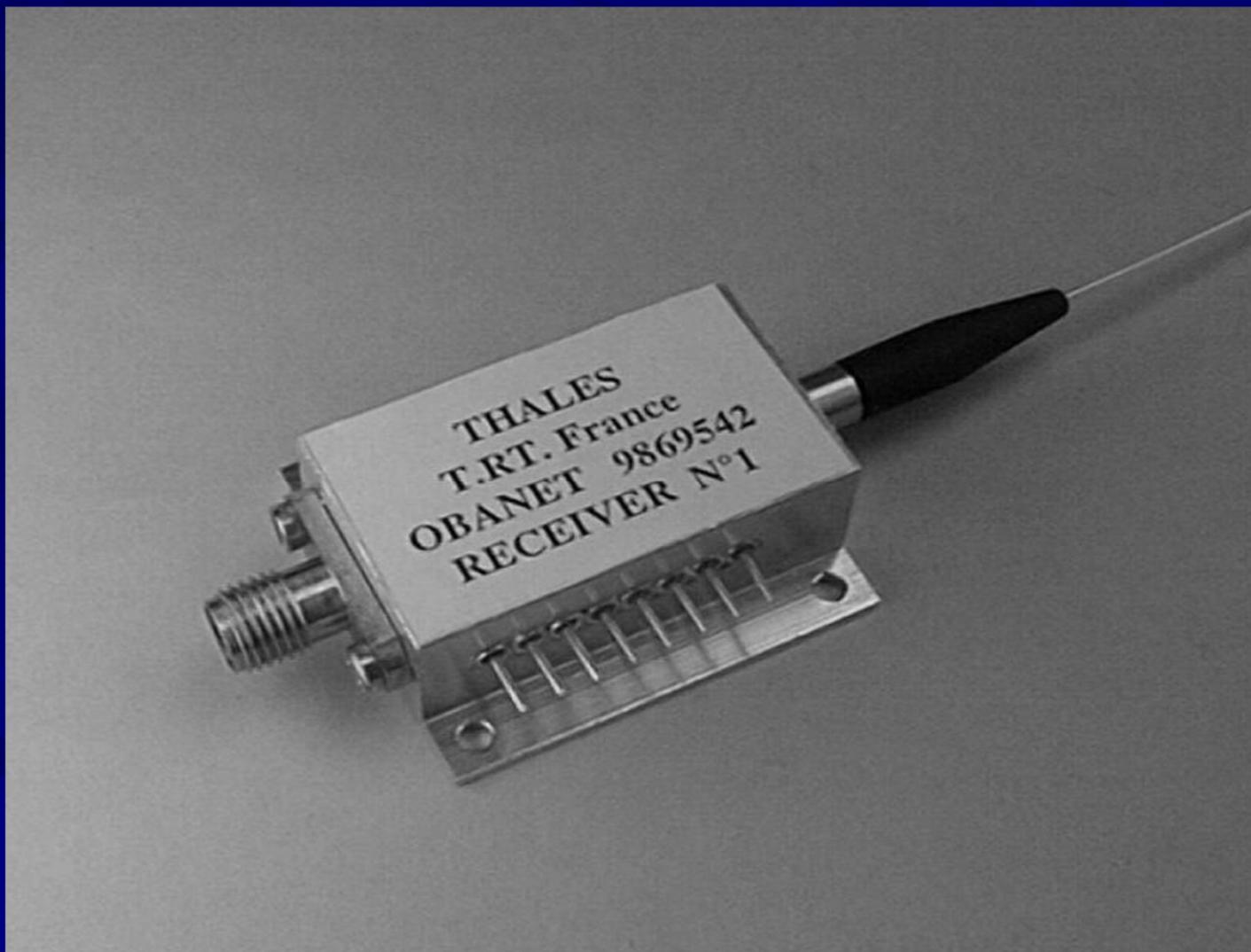
photodiode surface area: $3\ \mu\text{m} \times 15\ \mu\text{m}$



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

Workshops: October 3, 2007

Technical program: October 3-5, 2007

Упрощенная схема оптоэлектронного генератора

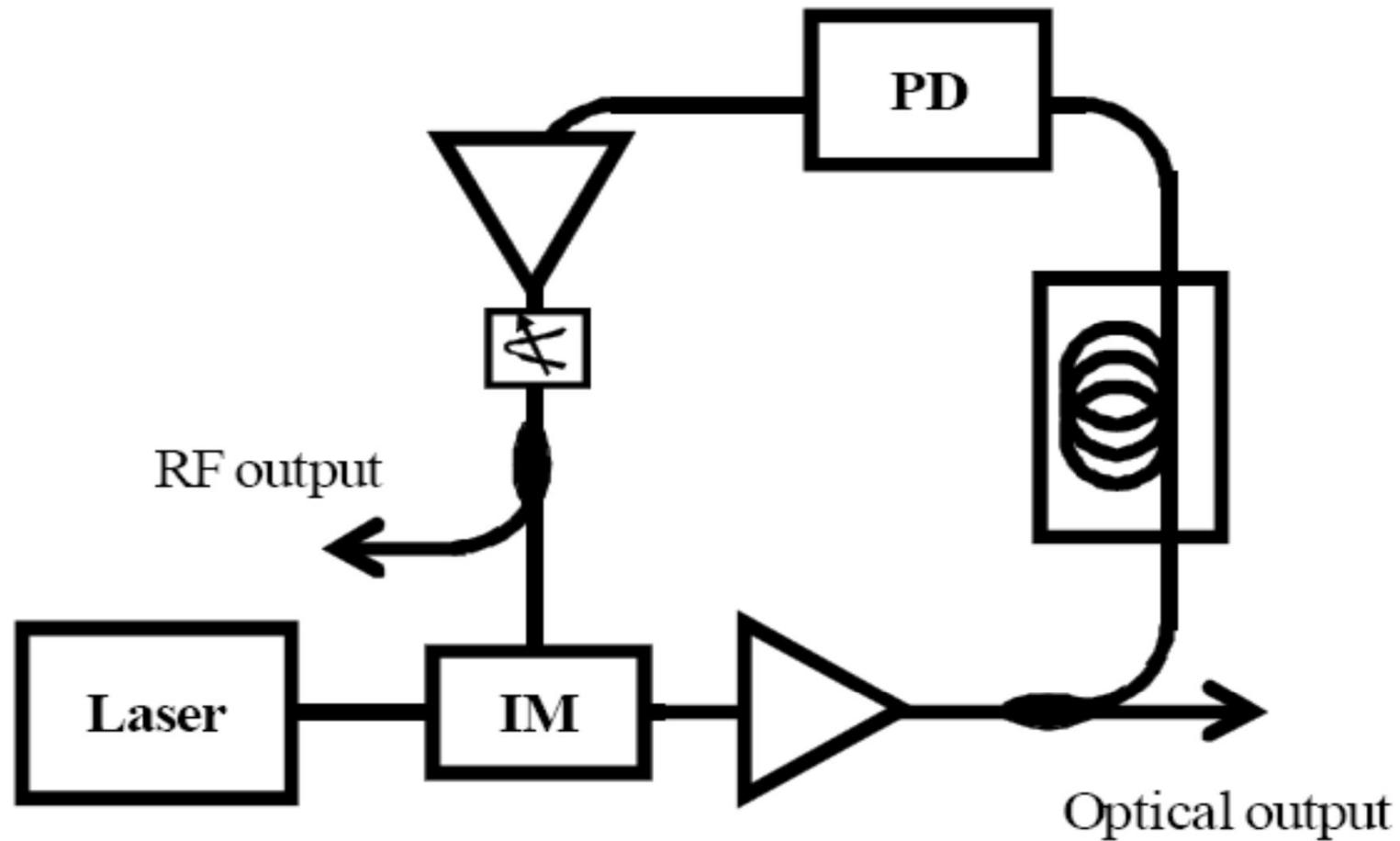


Fig. 1. Typical configuration of optoelectronic oscillators. IM: intensity modulator. PD: photo diode

Опто-электронный генератор фирмы OEwaves



Technical Objectives

Miniature Opto-electronic Oscillator (MOEO)

OEO Assembly

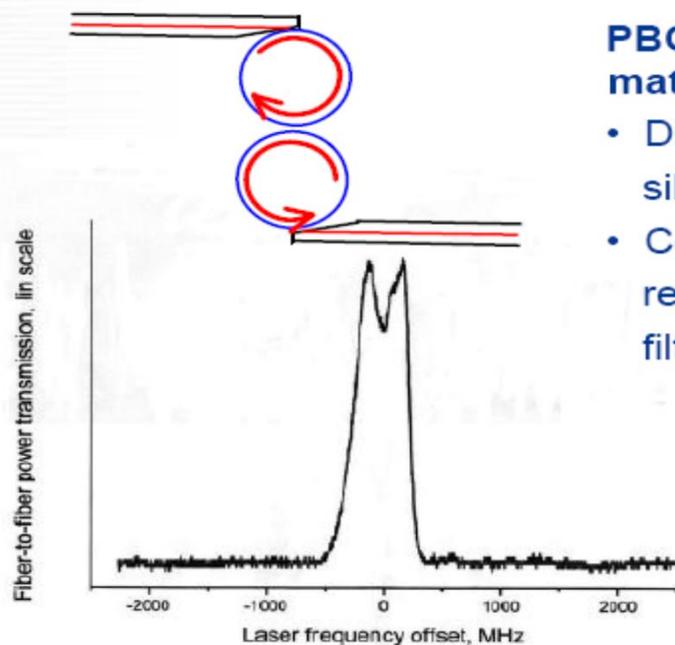
- **Fabricated devices will be assembled in the OEO configurations and tested for performance.**
- **Microresonators** will be integrated by OEwaves with the devices fabricated at USC.
- The **microwave segment** of the OEO circuit will be designed and implemented with discrete components for 40 GHz 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

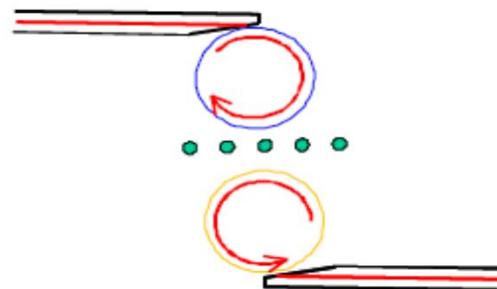


Synthesis of tunable high order filters
and arbitrary waveguide and
resonator coupling



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_3 resonators
- Coupling of different material WGM resonators for obtaining multipole/tunable filter functions



Структурная схема фотонного АЦП

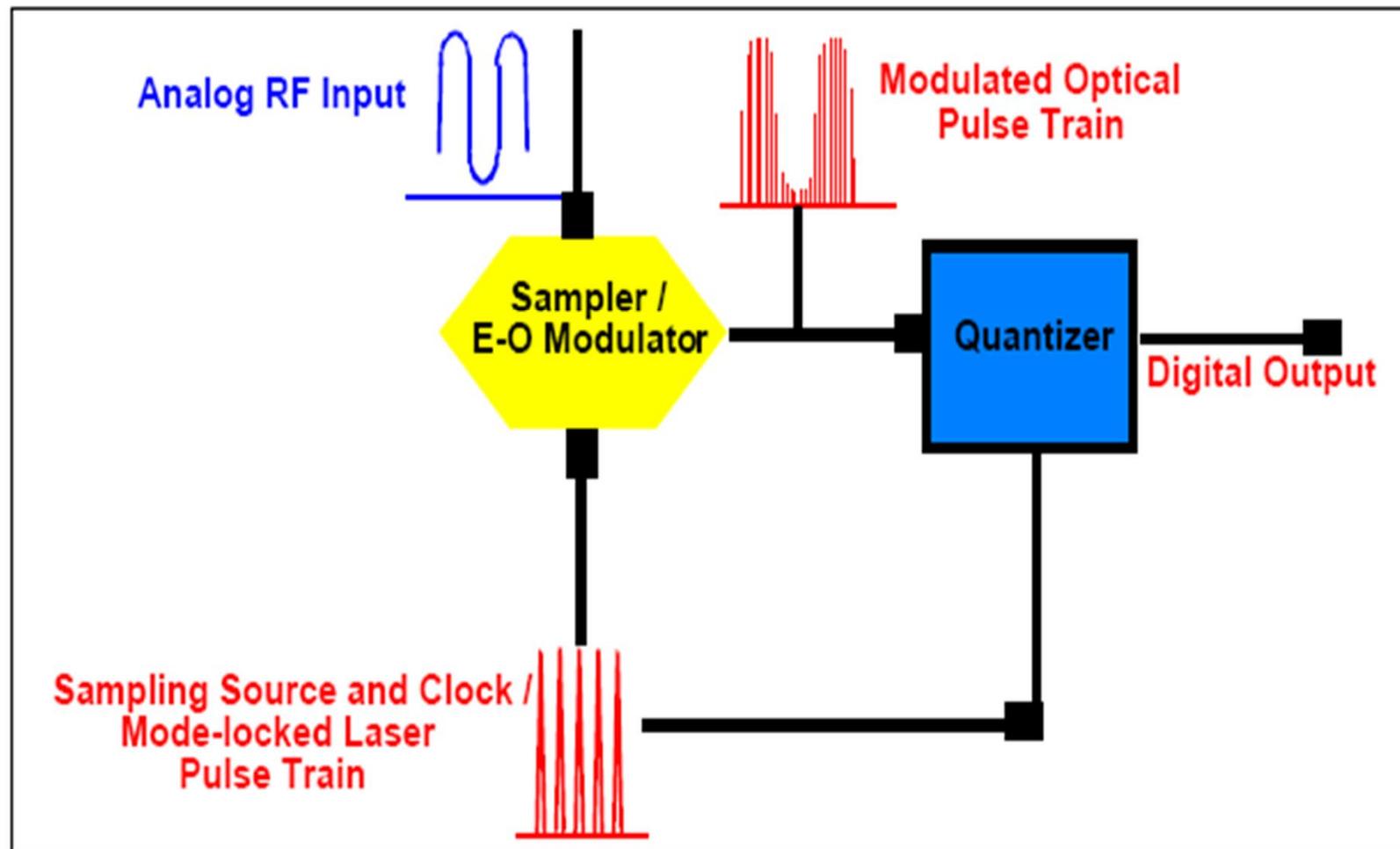


Figure 1-1. Photonic analog to digital converter block diagram.

Программы DARPA

DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency

(агентство по передовым оборонным исследованиям)

www.thelivingmoon.com/45jack_files/03documents/Darpa_Fact_File.html

Программы DARPA в области микроволновой фотоники:

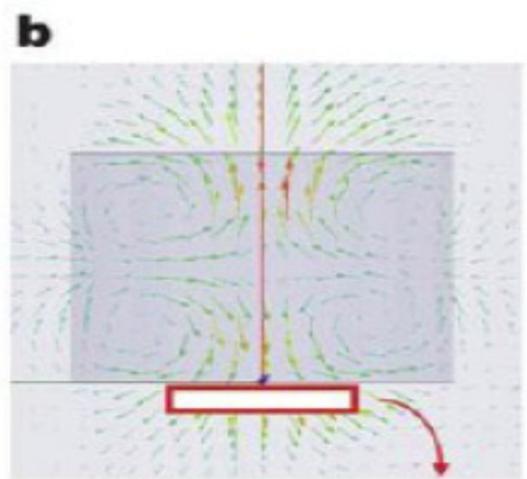
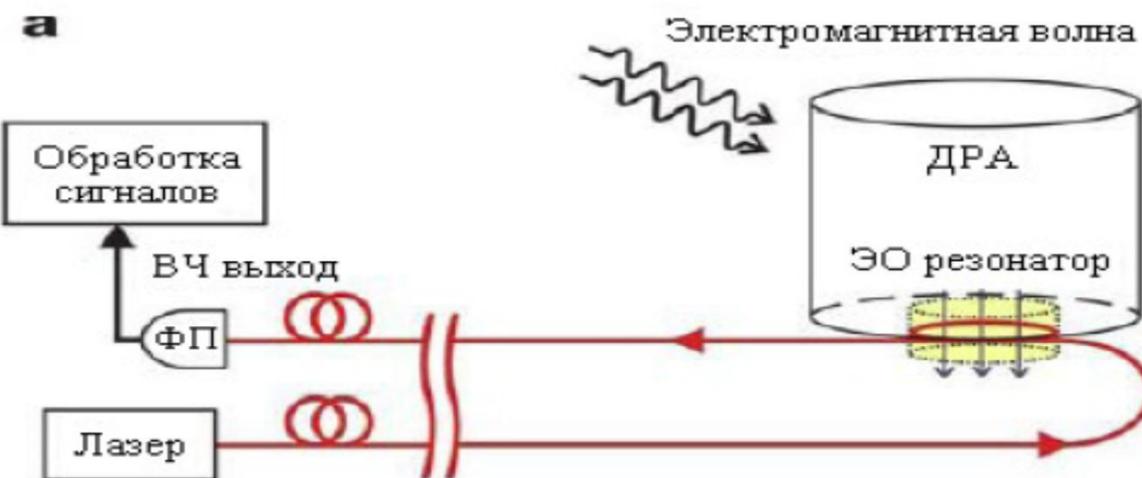
- ***Radio-Frequency Lightwave Integrated Circuits***
- ***Photonic Wavelength and Spatial Signal Processing***
- ***VLSI Photonics***
- ***Analog Optical Signal Processing***

-
- ***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;***

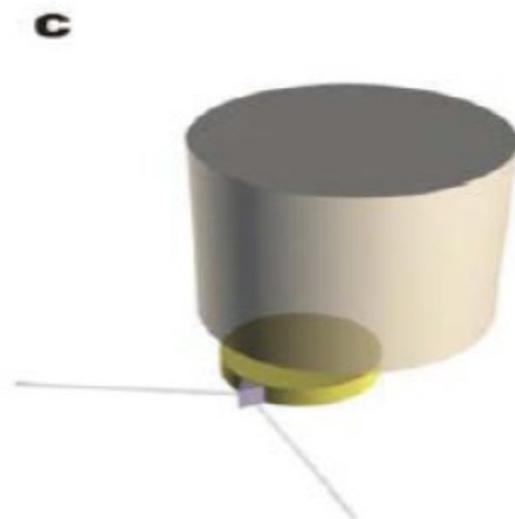
Источник информации по МВР

www.military.com

Структура фотоэлектрического полностью диэлектрического входного СВЧ каскада



Электрооптический резонатор



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



(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.

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

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

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

Related U.S. Application Data
(60) Provisional application No. 60/899,869, filed on Feb. 7, 2007.

(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.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

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

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 Bodmer et al. 342/157
4,329,686 A * 5/1982 Shoucri 342/202
4,620,193 A * 10/1986 Heska 342/200
4,673,939 A * 6/1987 Forrest 342/134
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 Brandsteter 342/132

(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.

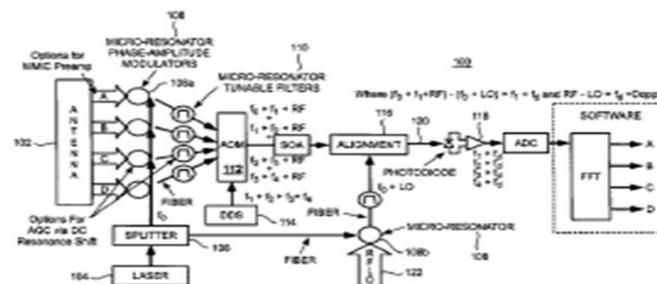
(Continued)

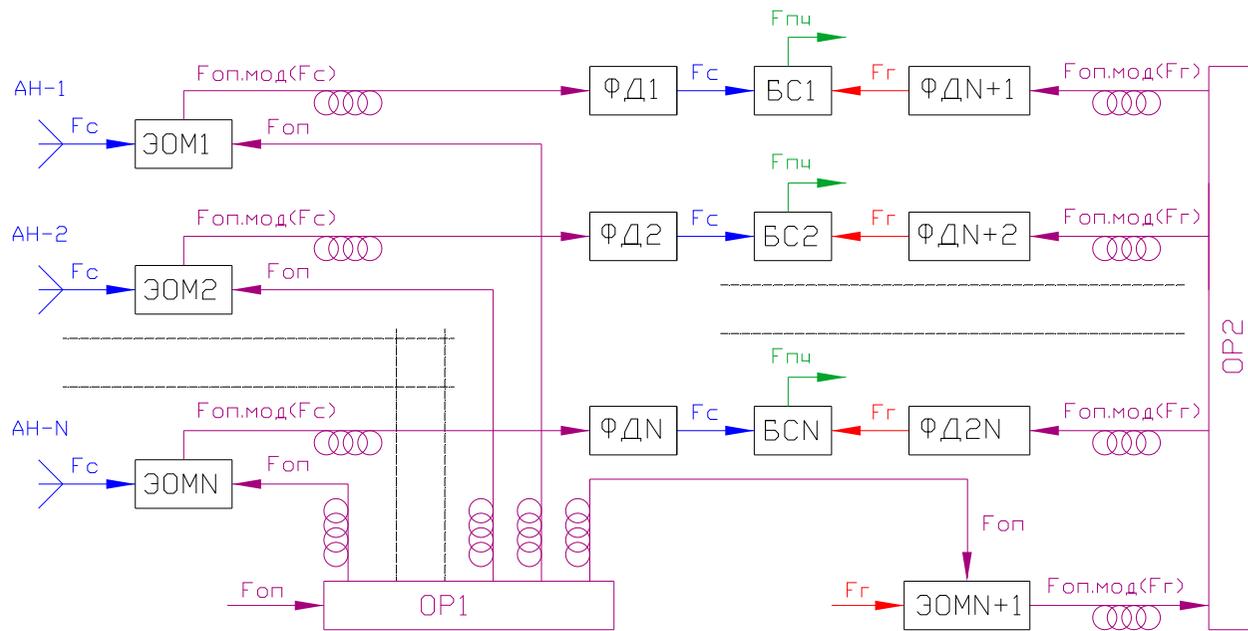
Primary Examiner—Bernard E Gregory
(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Buchanan Ingersoll & Rooney PC

(57) **ABSTRACT**

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.

19 Claims, 3 Drawing Sheets





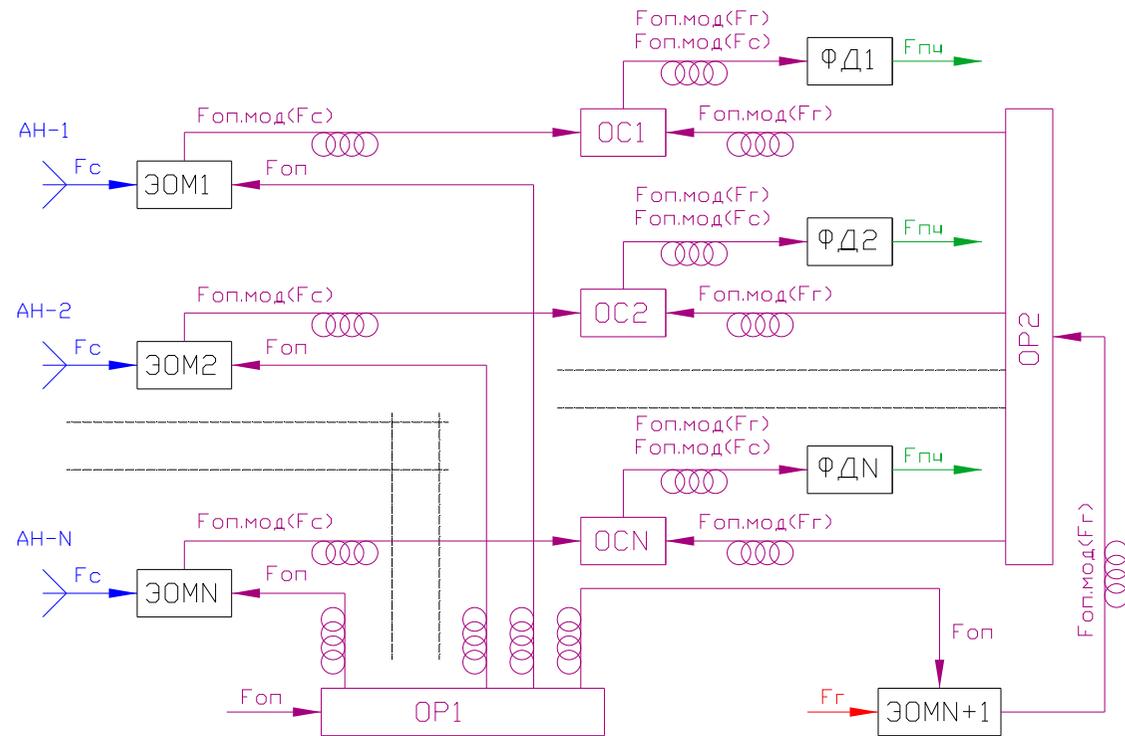
Структурная схема
 N-канального супергетеродинного приемника
 с оптической разводкой
 входного сигнала и сигнала гетеродина
 и с выделением ПЧ в балансном смесителе

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