



**Открытое акционерное общество
«Центральное конструкторское бюро автоматики»**

**Перспективы реализации АЦП
с использованием методов
микроволновой фотоники**

Докладчик : Вольхин Ю.Н.

Омск - 2011

Определение микроволновой фотоники (MWP)

ru.wikipedia.org/wiki

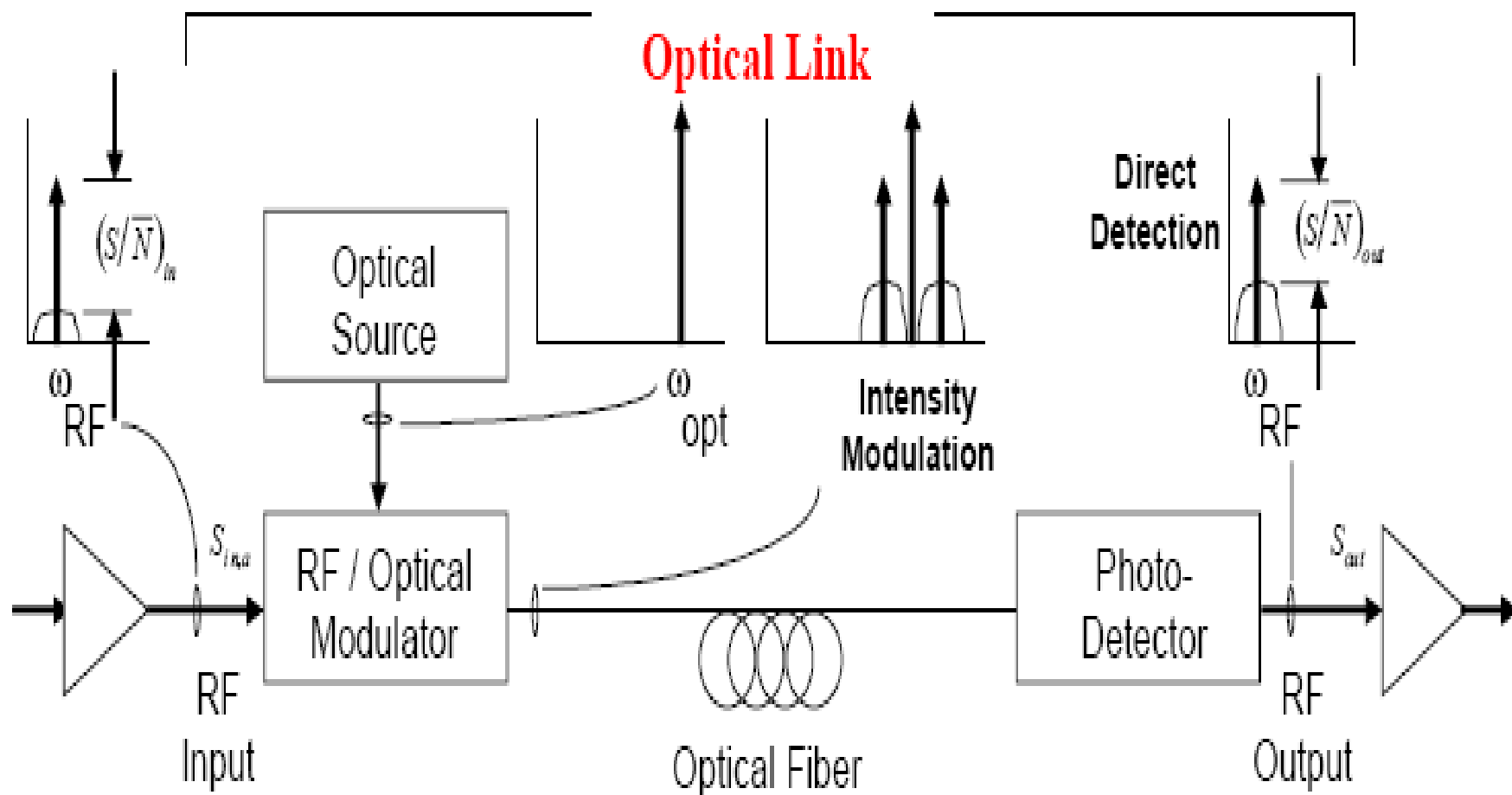
Микроволновая фотоника изучает взаимодействие

- 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**

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



Опто-электронный генератор фирмы OEwaves



Technical Objectives

Miniature Opto-electronic Oscillator (MOEO)

OEO Assembly

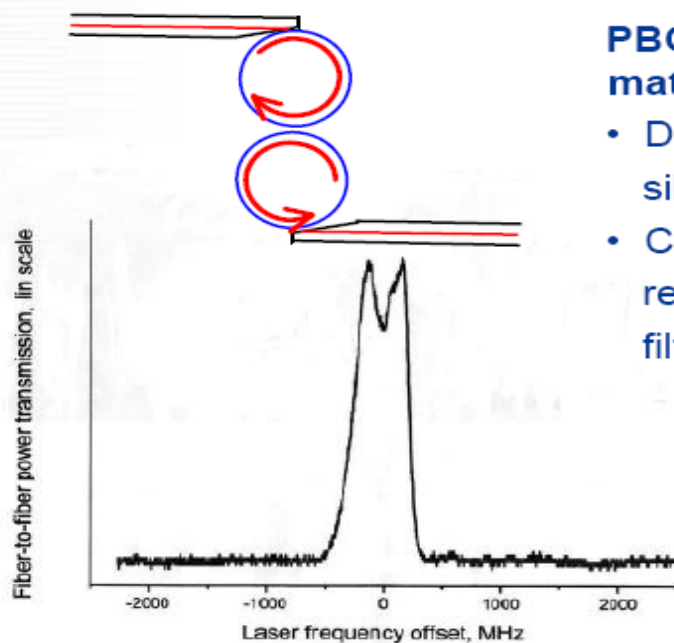
- **Fabricated devices will be assembled in the OEO configurations and tested for performance.**
- **Microresonators** will be integrated by OEwaves with the devices fabricated at USC.
- The **microwave segment** of the OEO circuit will be designed and implemented with discreet components for 40 GHz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

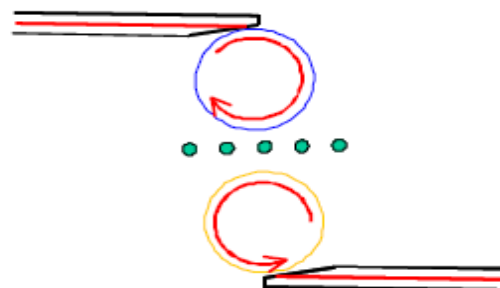


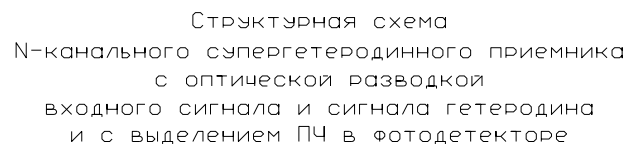
Synthesis of tunable high order filters
and arbitrary waveguide and
resonator coupling



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





ОР – оптический разветвитель

ОС – оптический сумматор

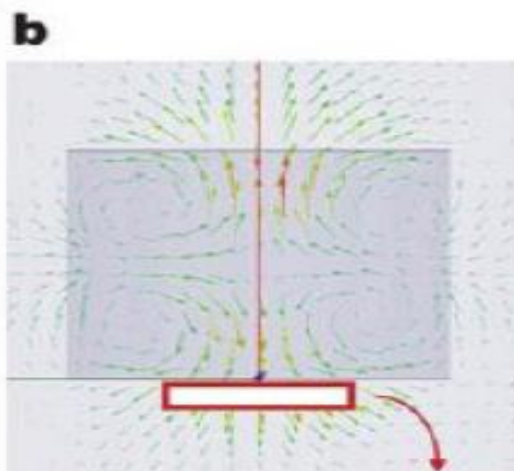
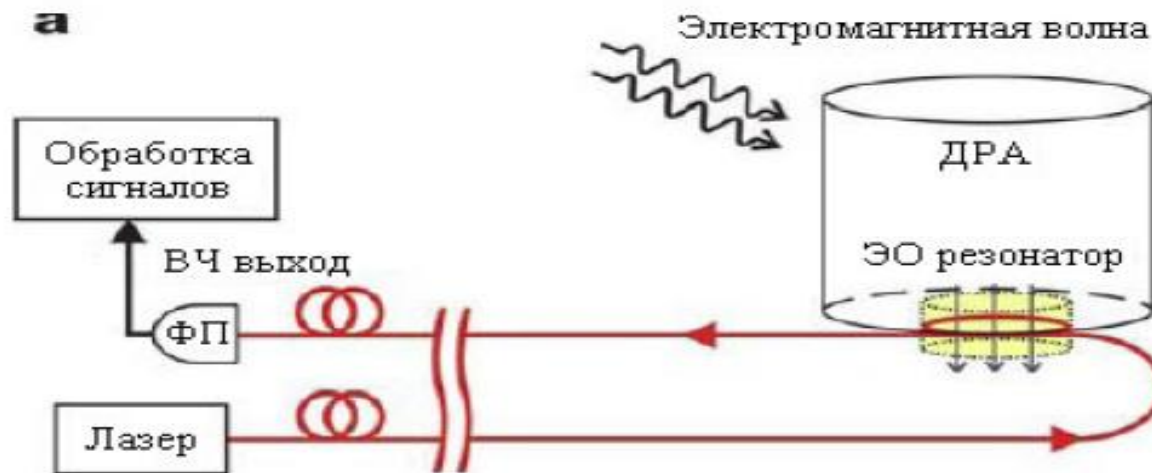
ЭОМ – электро-оптический модулятор

Технология НРМ (*high-power microwave*)

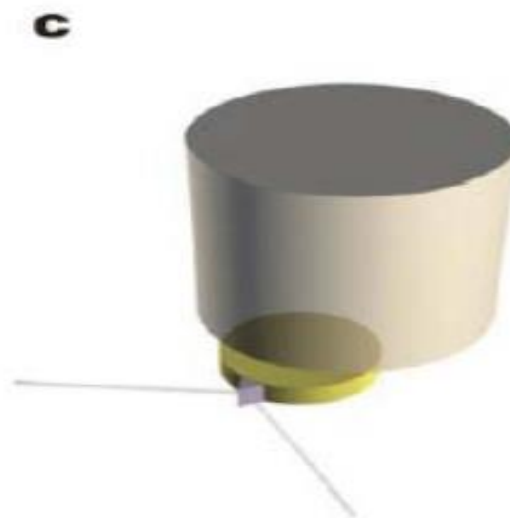
**Малогобаритные сверхмощные источники
СВЧ – сигналов**

до 100 МВт / дм²

Структура фотоэлектрического полностью диэлектрического входного СВЧ каскада



Электрооптический резонатор

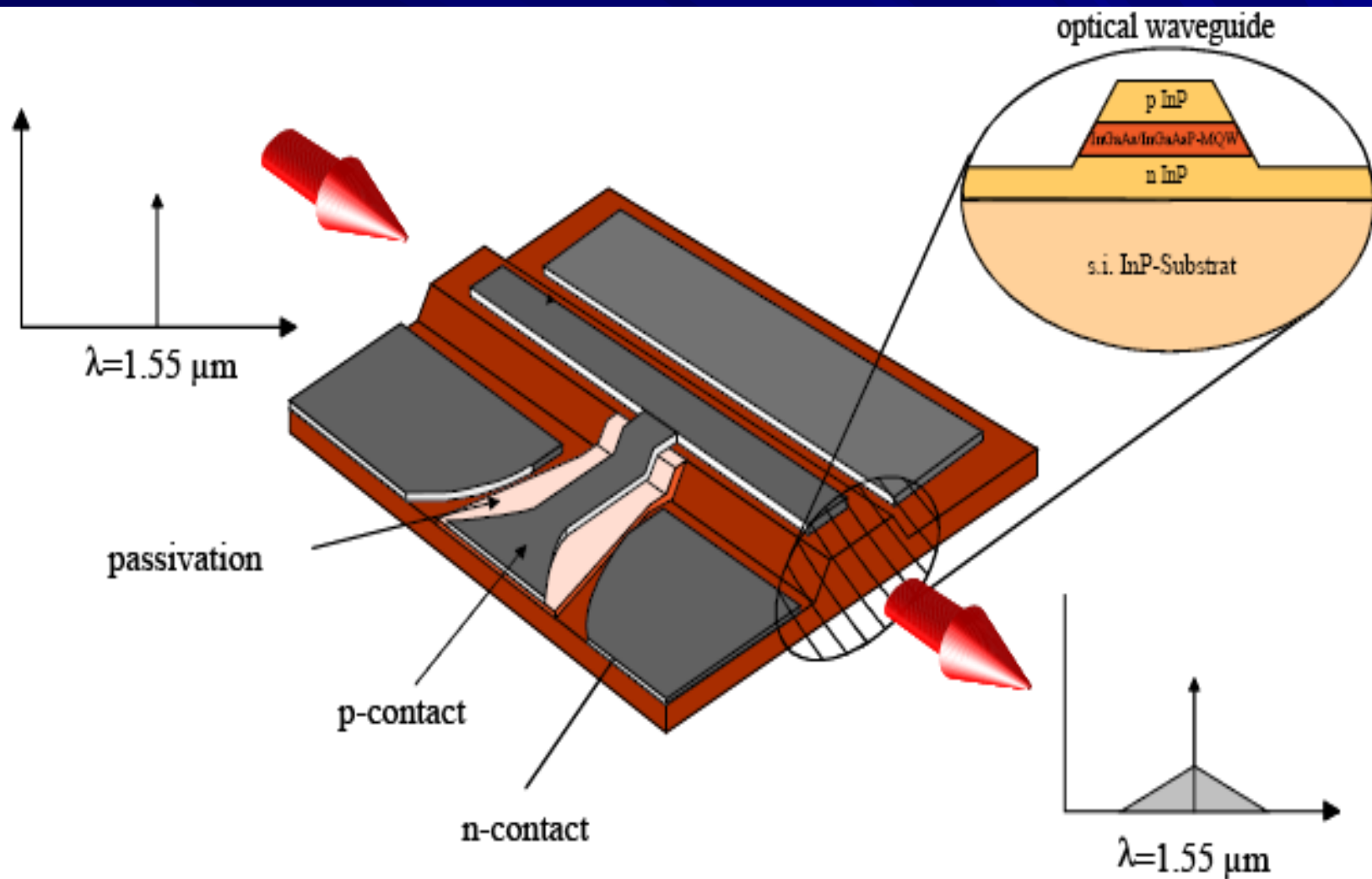


D A R P A

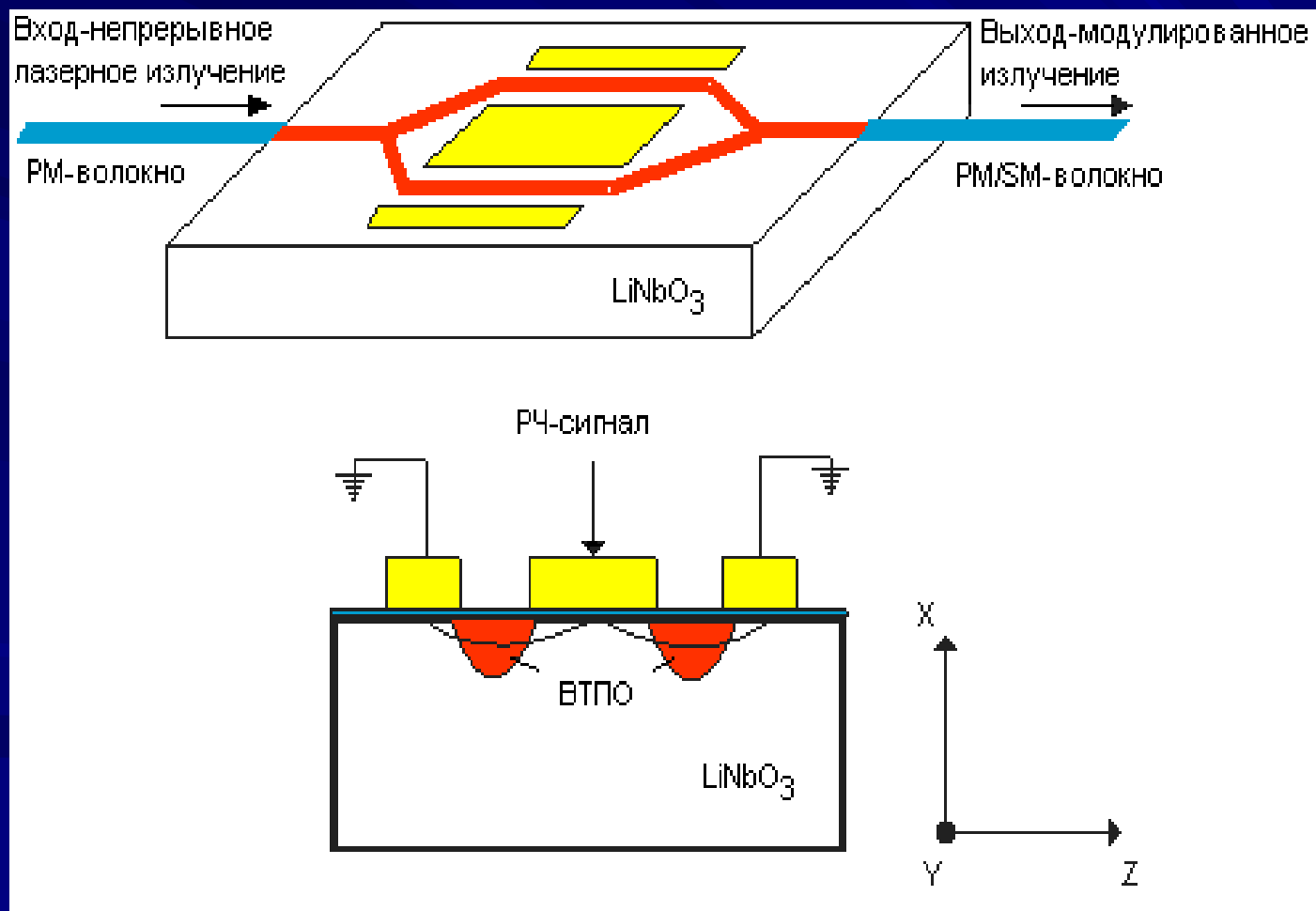
Defense Advanced Research Projects Agency

**[www.thelivingmoon.com/
45jack_files/
03documents/
Darpa_Fact_File.html](http://www.thelivingmoon.com/45jack_files/03documents/Darpa_Fact_File.html)**

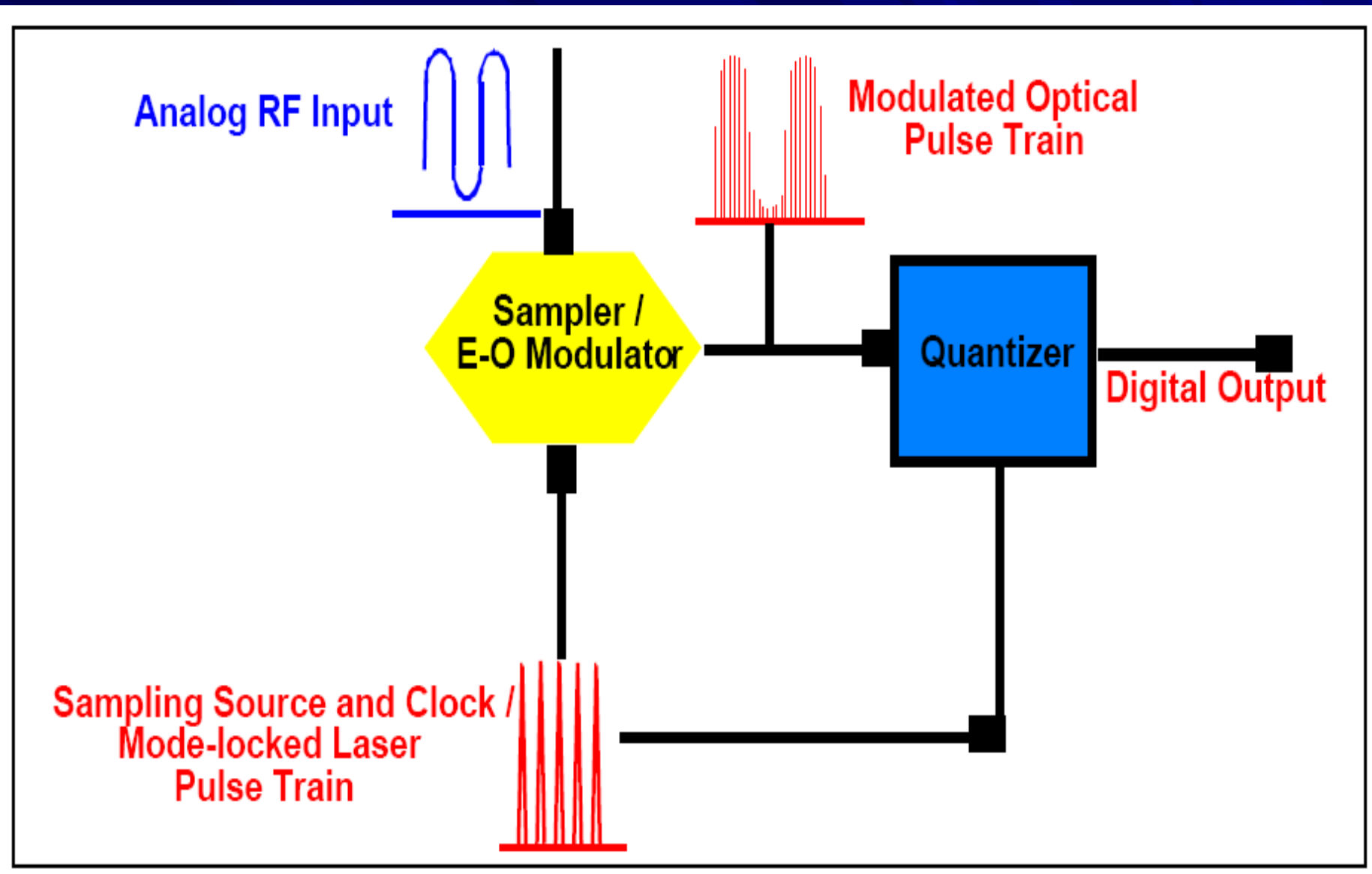
Структура электро-поглощающего модулятора (*Electroabsorption modulator - EAM*) в планарном исполнении



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



Архитектура фотонного АЦП



D A R P A

Defense Advanced Research Projects Agency

Программа PACT

Photonic A/D Converter Technology

Основная цель программы :

скорость : 10 гигавыборок / сек,

полоса : 5 ГГц,

разрешение : 12 – 14 бит.

Дополнительная цель программы :

скорость : 100 гигавыборок / сек,

полоса : 50 ГГц,

разрешение : 4 бита.

Принцип неопределённости Гейзенберга

$$\Delta x \times \Delta p \geq \hbar / 2$$

$$\Delta E \times \Delta t > \hbar / 2\pi,$$

где ΔE - это энергия наименее различимого сигнала;

Δt - половина периода выборки;

\hbar - постоянная Планка.

Потенциальные возможности АЦП:

скорость : 840 гигавыборок / сек

разрешение : 12 бит,

Патент США на фотонный АЦП



US006326910B1

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

(10) **Patent No.:** **US 6,326,910 B1**
(45) **Date of Patent:** **Dec. 4, 2001**

(54) **PHOTONIC ANALOG-TO-DIGITAL
CONVERSION USING LIGHT ABSORBERS**

6,118,396 * 9/2000 Song 341/137
6,188,342 * 2/2001 Gallo 341/137

(75) Inventors: **Michael J. Hayduk**, Clinton; **Rebecca J. Bussjager**, Utica; **Mark A. Getbehead**, Rome; **Paul M. Payson**, Lee Center, all of NY (US); **James P. Thelmer**, Beaver Creek, OH (US)

* cited by examiner

Primary Examiner—Patrick Wamsley

(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Harold L. Burstyn; Joseph A. Mancini

(73) Assignee: **The United States of America as represented by the Secretary of the Air Force**, Washington, DC (US)

(57) **ABSTRACT**

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

Apparatus and method for high-speed analog-to-digital conversion employs photonic circuits with variable light-absorption. A coherent light source is clocked to produce a stream of coherent light pulses onto which is modulated an analog signal to be converted to digital form. An optical splitter divides the stream of pulses into a number of streams that is proportional to the resolution sought. A passive photonic quantizer absorbs, to a predetermined degree, the light energy of the incident pulse streams. The output of a fully absorbed pulse does not trigger a comparator. Pulse streams of sufficient intensity pass through the light absorbers, and their output does trigger the comparator. The output state of the comparators may be read into a digital memory to form a digital word that represents the analog signal during any discrete clock interval. Most of the elements of the apparatus can be fabricated on a substrate of photonic semiconducting material.

(21) Appl. No.: **09/707,155**

(22) Filed: **Nov. 6, 2000**

(51) Int. Cl.⁷ **H03M 1/00; H03M 1/12**

(52) U.S. Cl. **341/137; 341/155**

(58) Field of Search 341/137, 155,
341/131; 369/47.33; 359/237, 115, 168

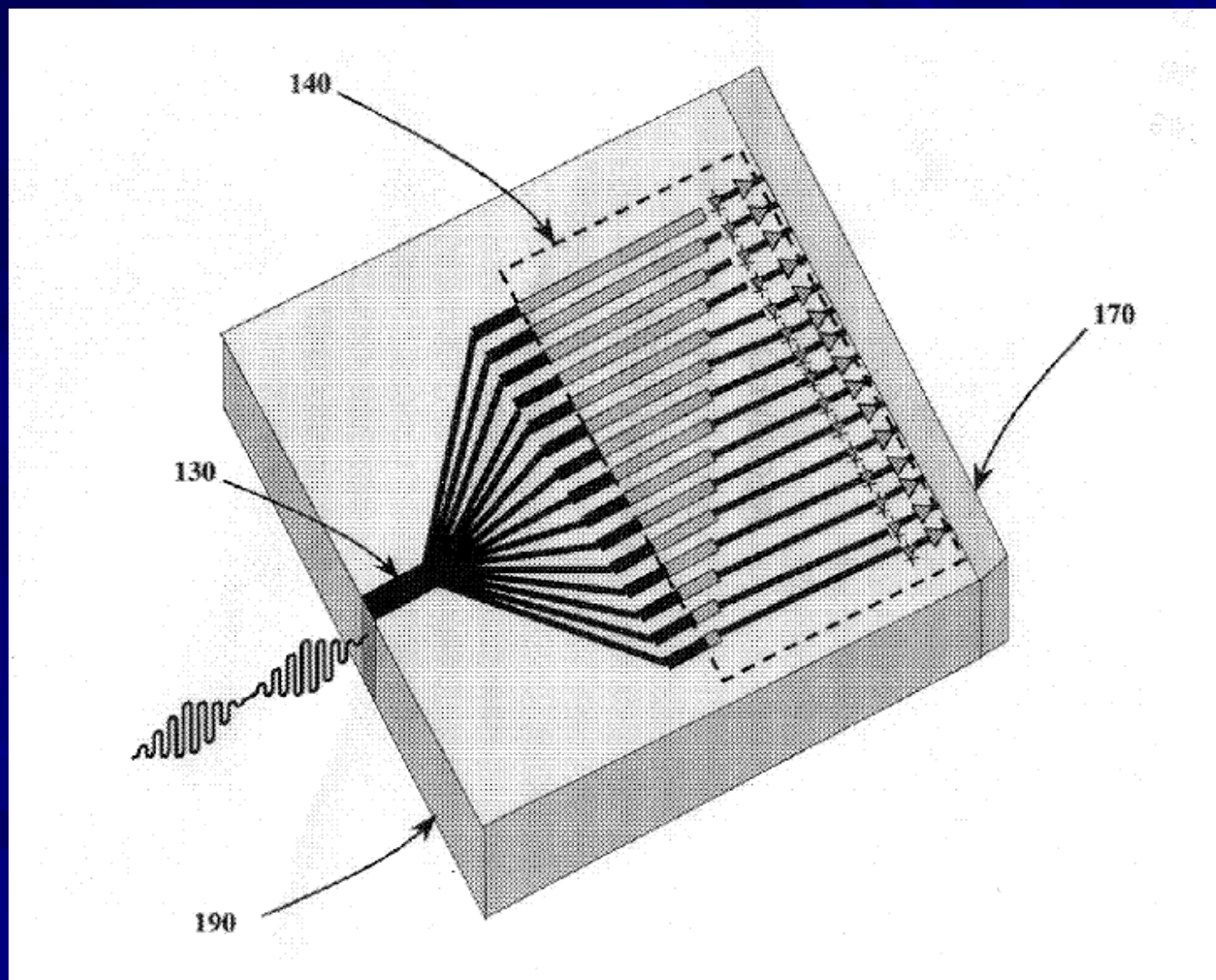
(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

6,100,831 * 8/2000 Frankel 341/137

20 Claims, 6 Drawing Sheets

Фрагмент планарной структуры фотонного АЦП





Программа AFRL / SNDR

Разработка АЦП для ВВС с габаритами 2 × 2 дюйма

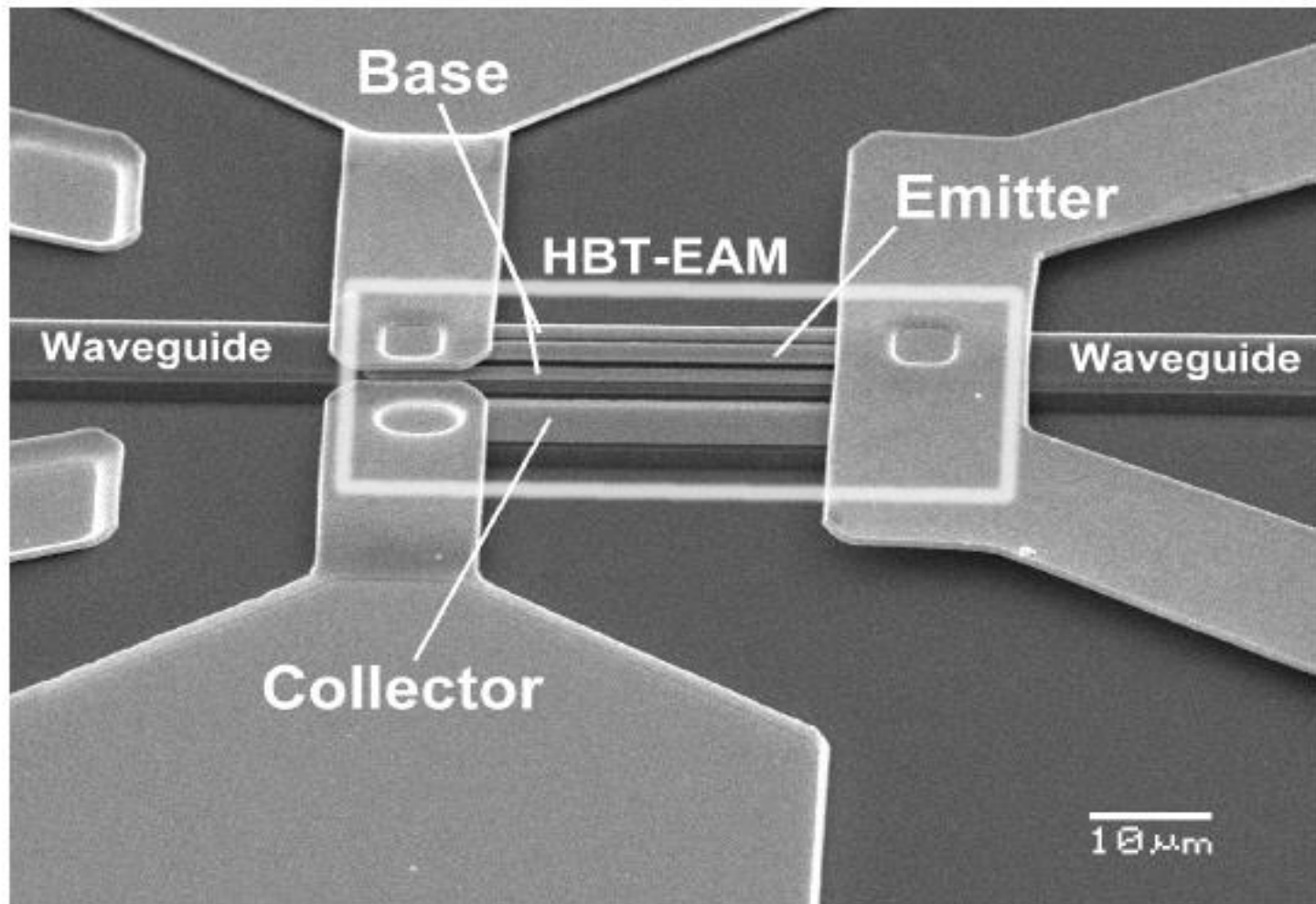
Участники программы AFRL / SNDP

Из промышленности : Sarnoff Corp,
Discoveri Semiconductors.

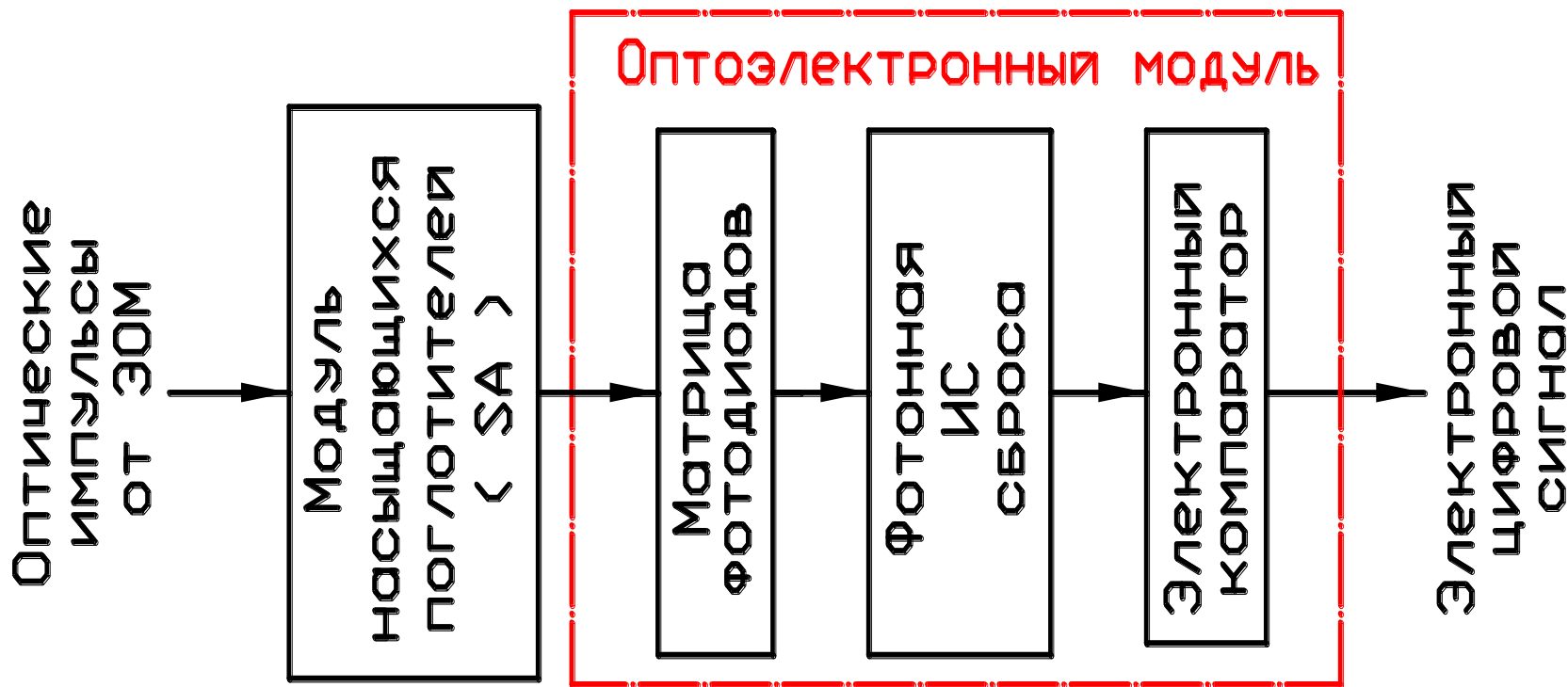
Из университетов : *Массачусетский*
технологический,
университет Рочестера,

Независимые эксперты : *некоммерческая группа*
SPPDG
из MAYO Foundation

Топология полупроводникового ЕАМ (технология НВТ)



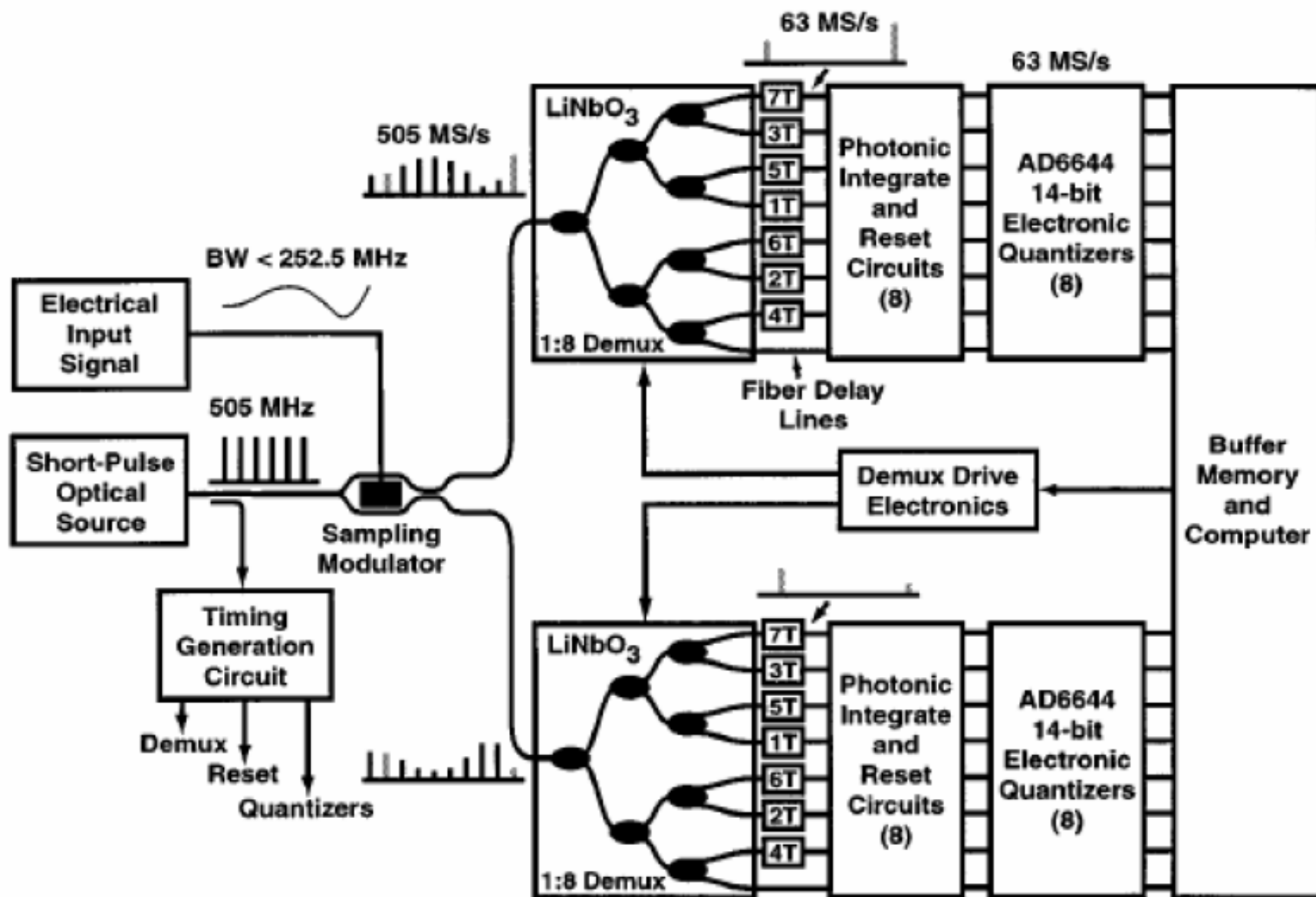
Архитектура квантователя



*Отчёт
по итогам выполнения программы AFRL / SNDP*

*Development
of high Performance Electronics
and
optical-to-Electrical Advanced Circuitry
for
Photonic Analog-to-Digital Converters”*

Архитектура АЦП MIT / LL



Результаты программы Hughes Research Laboratories по фотонному АЦП

Электронный АЦП :

*скорость : 10 гигавыборок / сек,
разрешение : 4 бита.*

Фотонные АЦП :

*Версия 1 скорость : 40 гигавыборок / сек,
 полоса : 20 ГГц,
 разрешение : 4 бита.*

*Версия 2 скорость : 80 гигавыборок / сек,
 полоса : 40 ГГц,
 разрешение : 3 бита.*