

Проект гетеродинного спектрометра среднего инфракрасного диапазона на квантово-каскадном лазере

А.В.Родин, М.С.Никитин, А.И.Игнатов, А.Ю.Климчук, О.В.Бендеров, А.Е.Зыкова

Апатиты, 16-18 апреля 2013

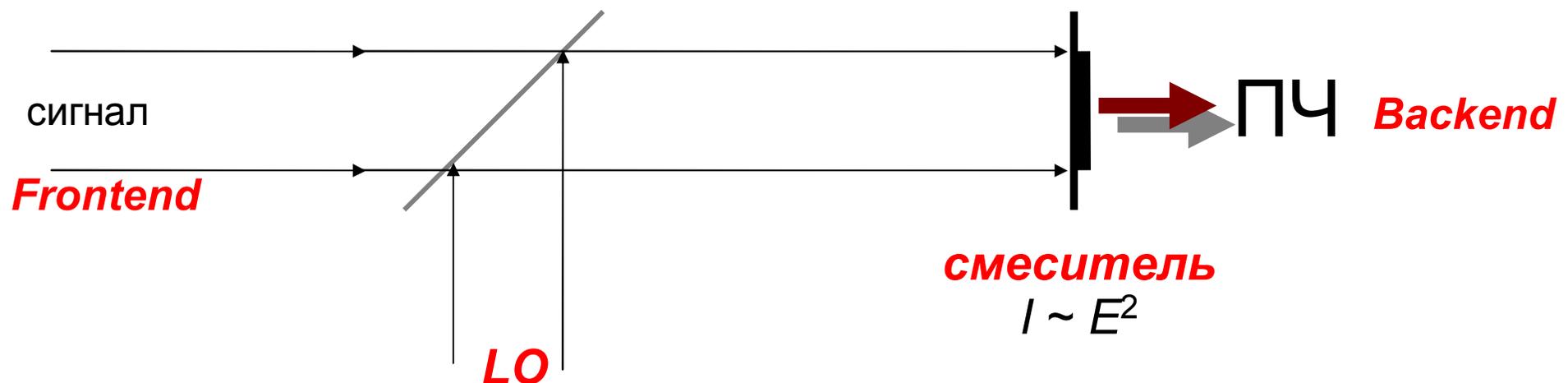
Зачем

нужно высокое разрешение?

- Анализ атмосферных примесей с малыми концентрациями
- Изотопный анализ
- Вертикальные профили давления (и, следовательно, температуры) по контуру линии
- Доплеровские измерения поля скоростей ветра

Почему именно гетеродин?

- Уровень сигнала снижается пропорционально сужению спектрального канала
- Уровень шумов детектора не зависит от ширины канала
- Гетеродинирование – единственный способ получить приемлемое отношение сигнал/шум при астрономических наблюдениях с разрешением порядка 10^6 и выше



R. A. FESSENDEN.
WIRELESS SIGNALING.
(Application filed Sept. 29, 1901)

(No Model.)

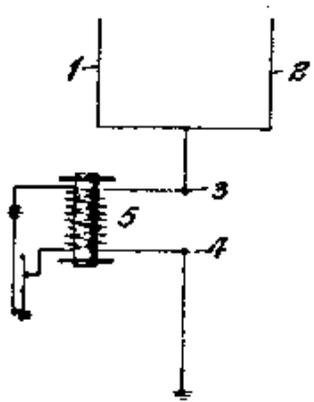


FIG. 1.

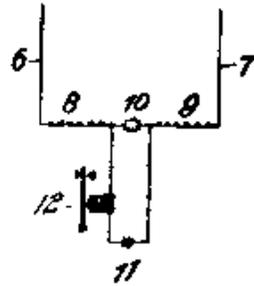


FIG. 2.

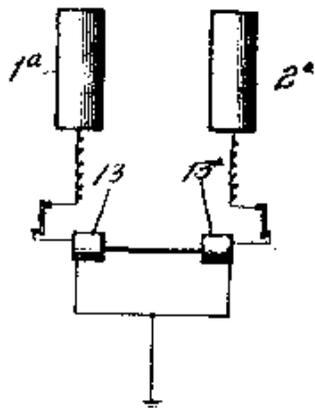
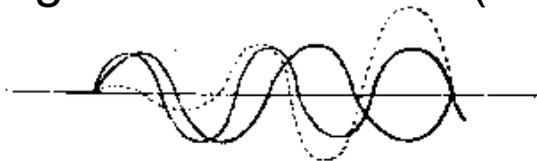


FIG. 3.

Reginald Fessenden (1901)



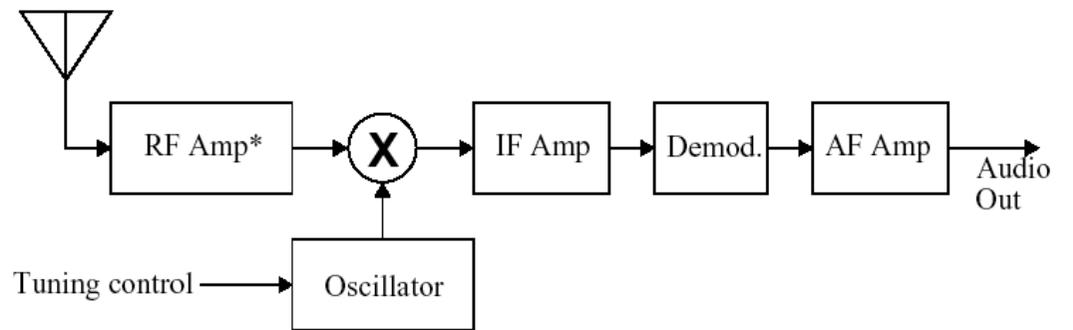
ATTORNEYS
Robert M. Ladd
F. E. Gaicher

INVENTOR
Reginald A. Fessenden
by *Darius S. Wolcott* ATTORNEY



Cap. Edwin Howard Armstrong (1917)

Superheterodyne Receiver Block Diagram



*optional

1956 г. Июль

Т. LIX, вып. 3

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

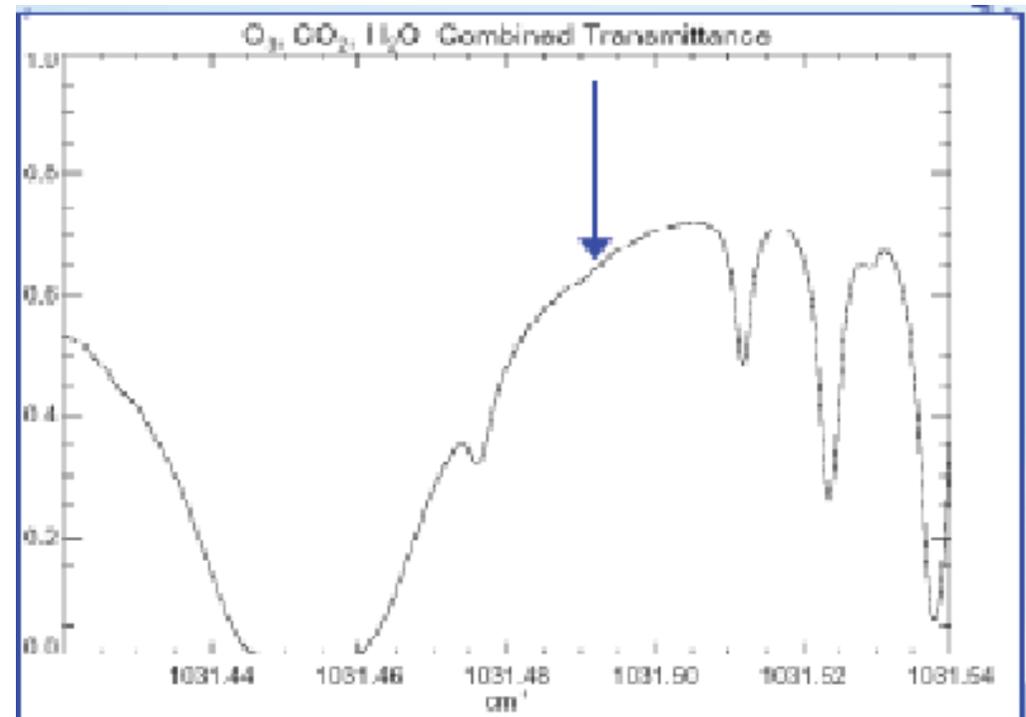
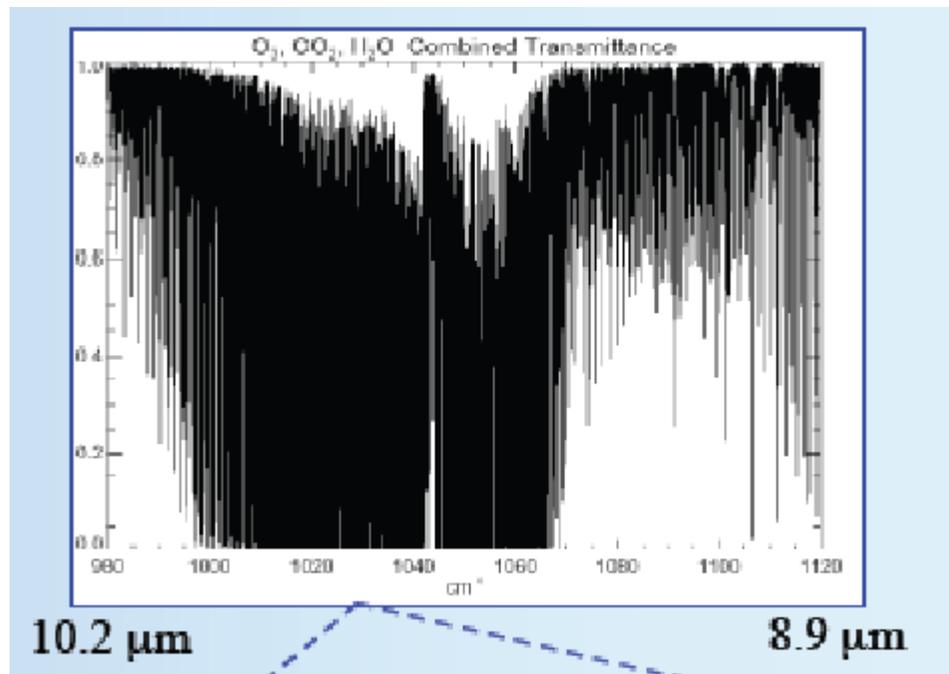
ГЕТЕРОДИНИРОВАНИЕ СВЕТА

С. И. Боровицкий и Г. С. Горелик

Недавно появилась статья Форрестера, Гудмундсена и Джонсона¹ с описанием опытов, в которых им удалось получить одно из явлений, которые могут быть описаны как интерференция двух некогерентных световых излучений. Американским исследователям удалось осуществить с помощью специально разработанного для этой цели фотозлектрического преобразователя гетеродинирование, или, как они выражаются, смешения (mixing) двух оптических спектральных линий, разностная частота которых принадлежит к области сверхвысоких радиочастот.

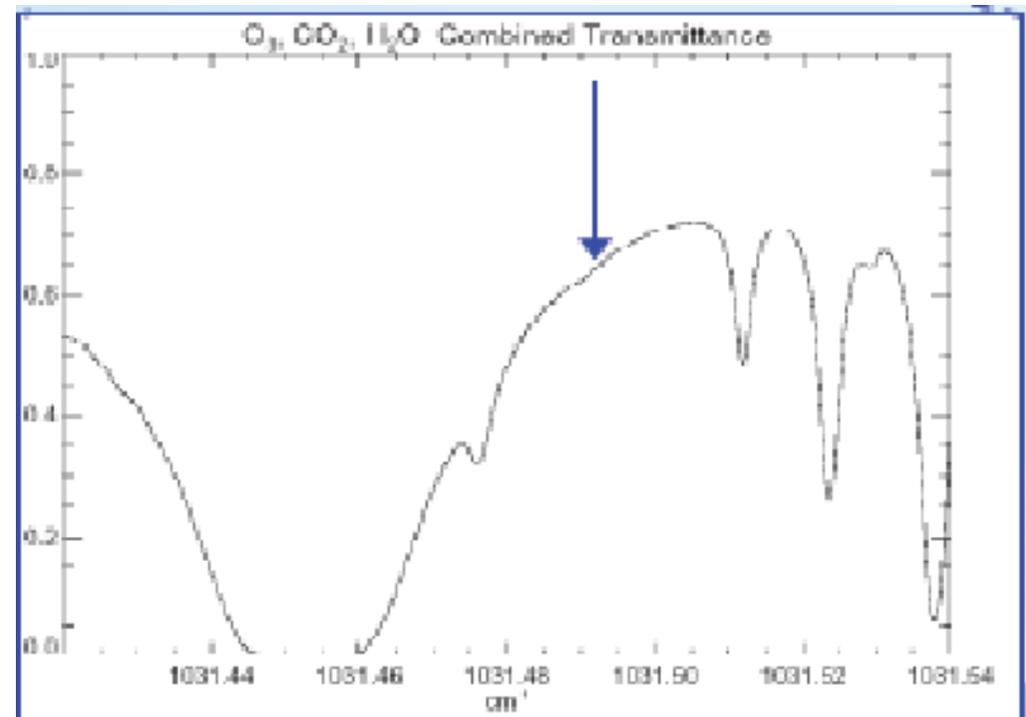
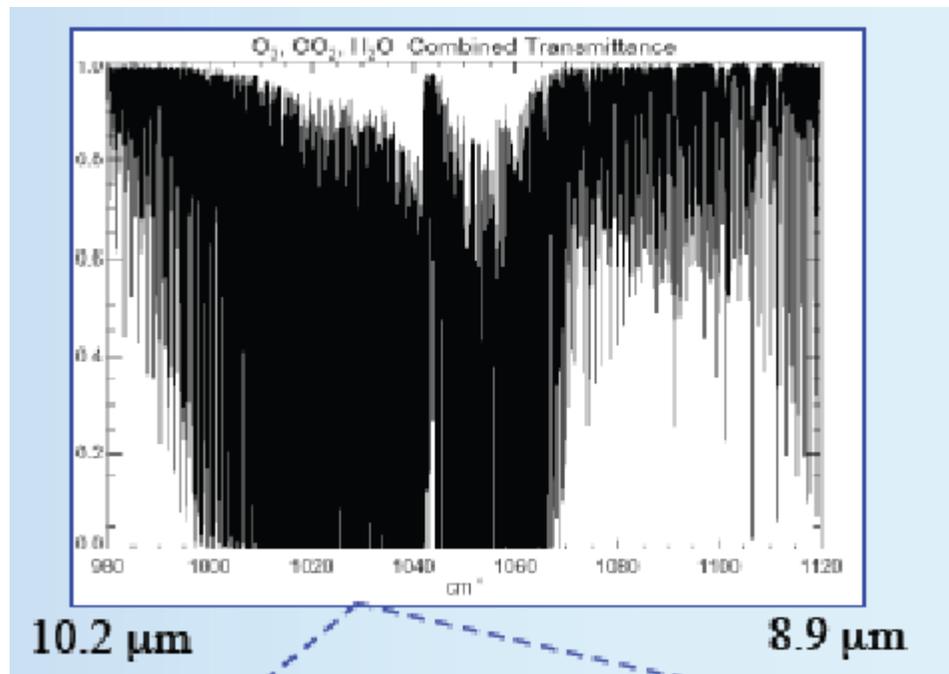
Научные задачи

i) наблюдения через микроокна прозрачности



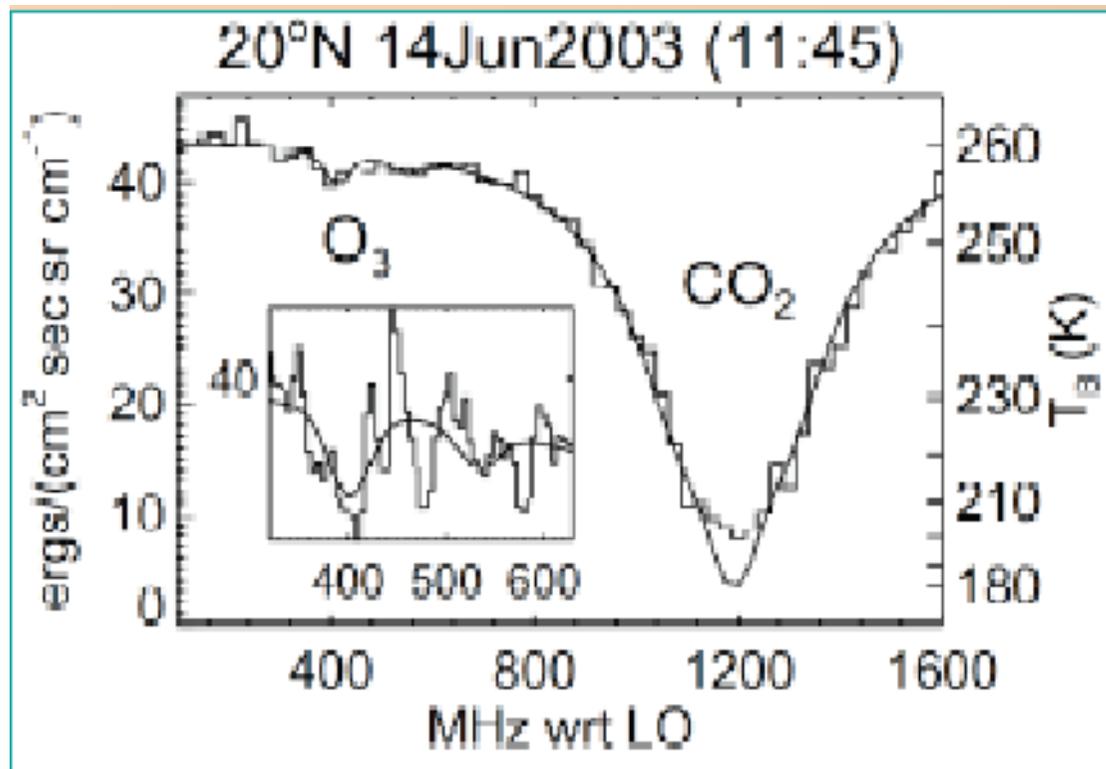
Научные задачи

i) наблюдения через микроокна прозрачности



Научные задачи

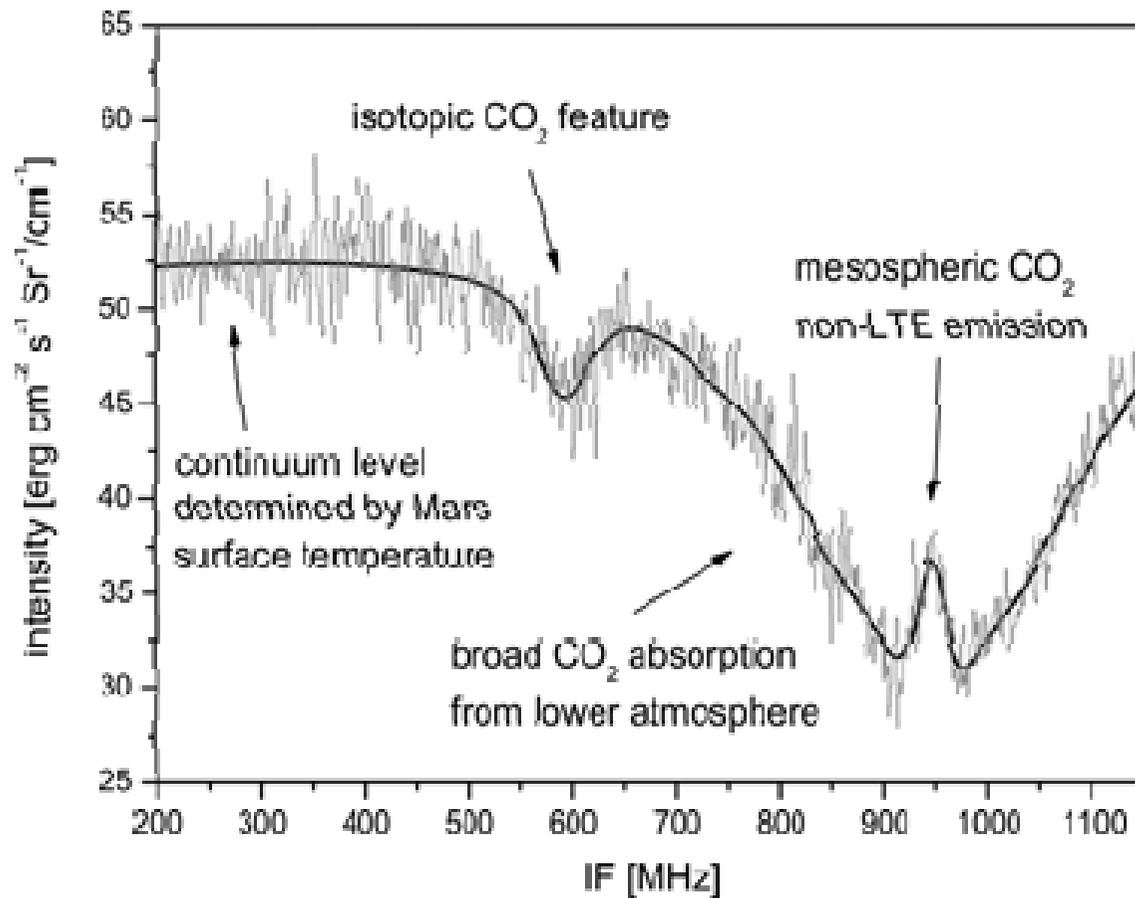
ii) малые составляющие планетных атмосфер



Kostiuk et al., 2004

Научные задачи

iii) ИЗОТОПНЫЕ СООТНОШЕНИЯ THIS: Mars observations at 10 μm

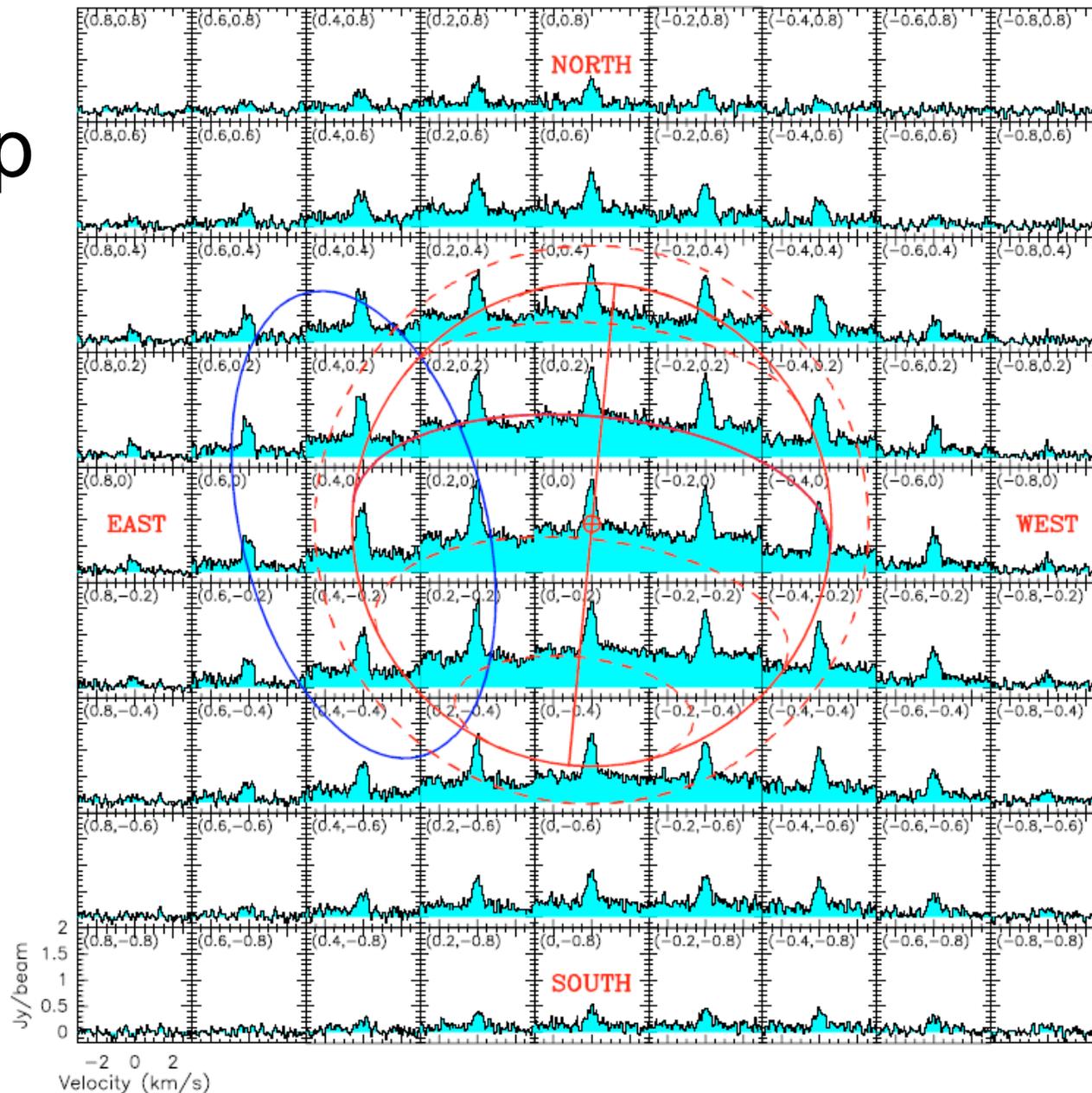


Sonnabend et al., 2009

Научные задачи

R. Moreno et al.: Wind measurements on Titan

iv) ветер



Научные задачи

iv) ветер

Титан

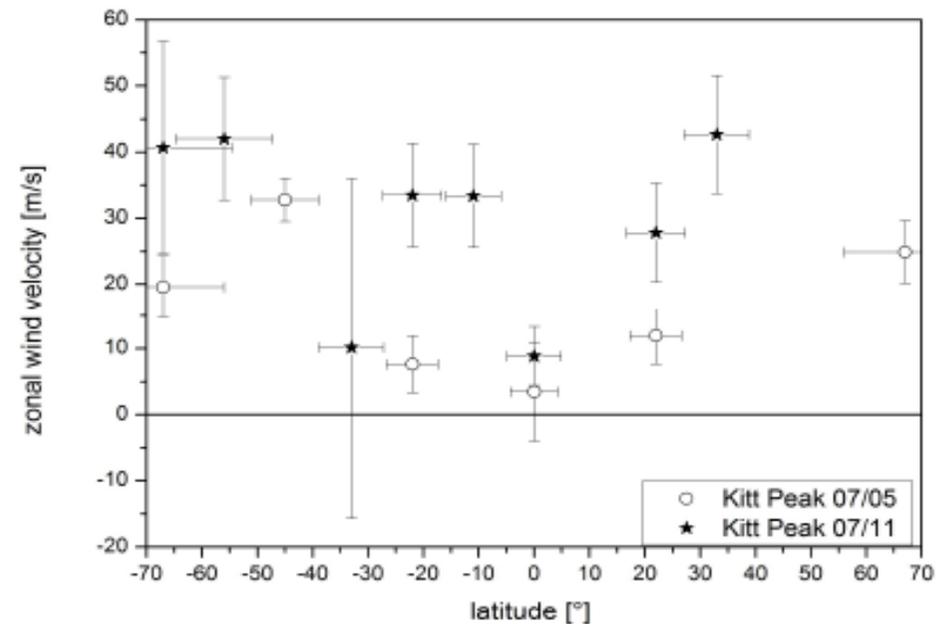
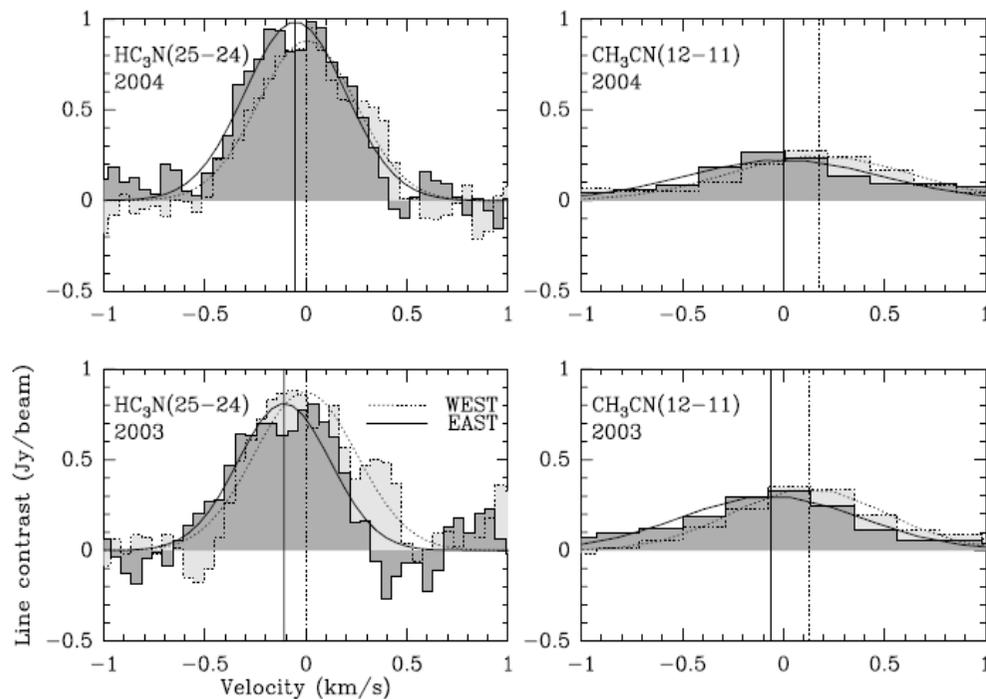


Figure 2: Zonal wind velocities from West(circles) and East(stars) limb positions retrieved from infrared heterodyne observations.

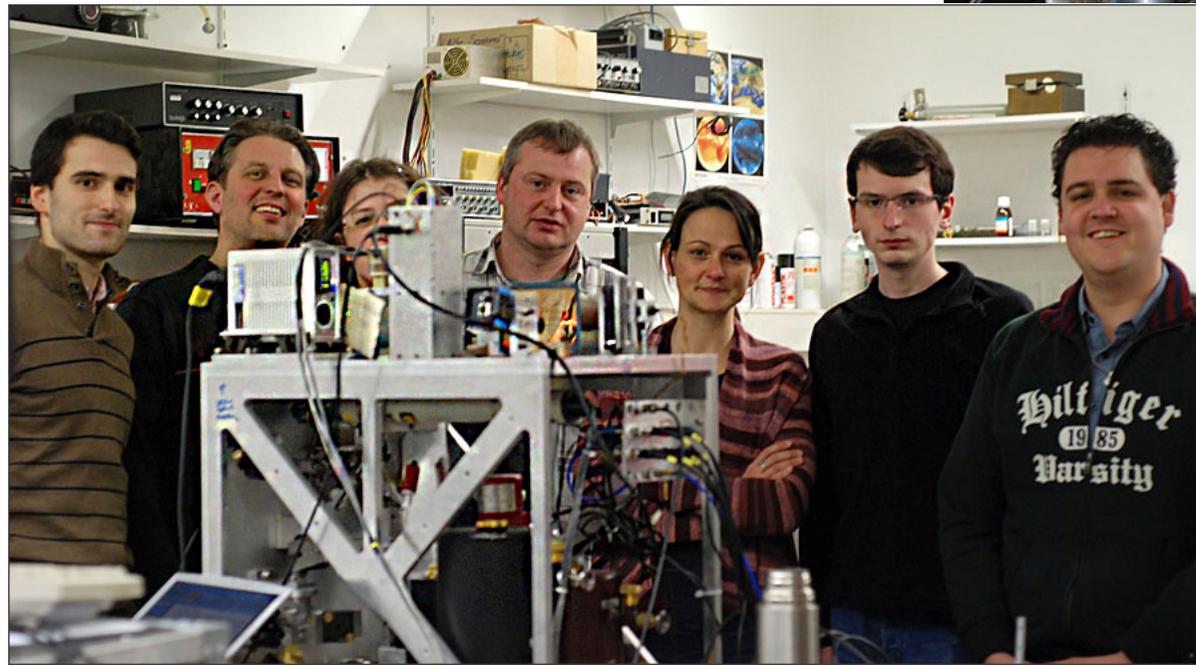
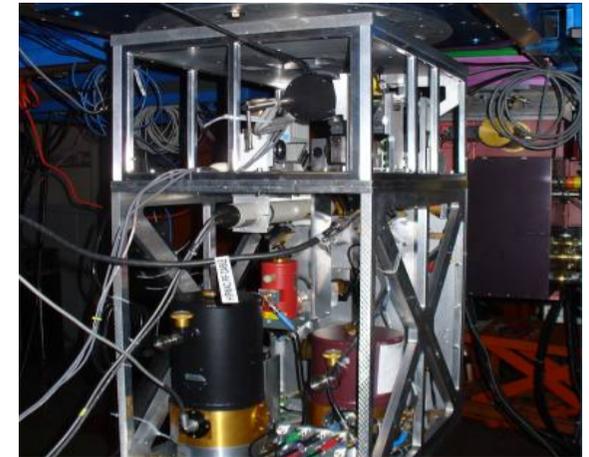
Спектральный диапазон

освоено в гетеродинной спектроскопии:

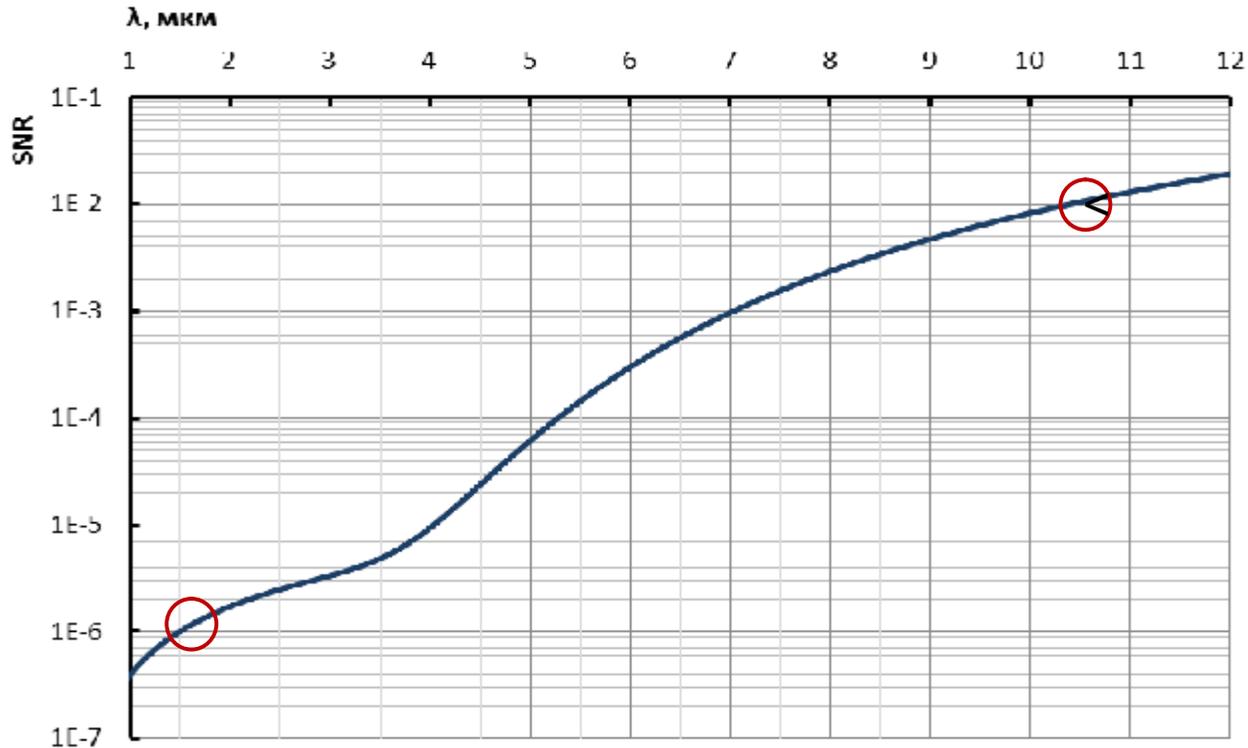
THIS @Kitt Peak (Sonnabend <i>et al.</i>)	8 – 12 μm	(QCL)
IRHS @NASA IRTF (Kostiuk <i>et al.</i>)	9.5 – 12 μm	(CO ₂)
HIPWAC (Kostiuk <i>et al.</i>)	9.5 – 12 μm	(CO ₂)



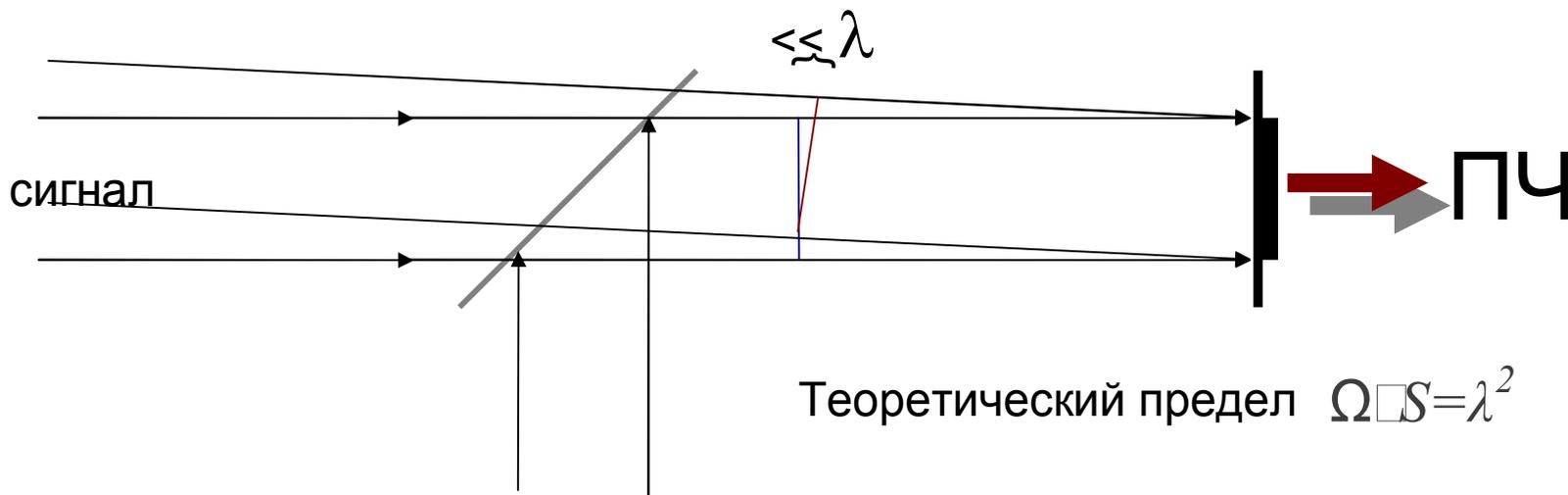
1.2 – 2 μm – обертоны
 $\lambda > 2.5 \mu\text{m}$ – основные частоты



S/N при наблюдении Земли



Для астрономических наблюдений методом гетеродинамирования ближний ИК диапазон непригоден



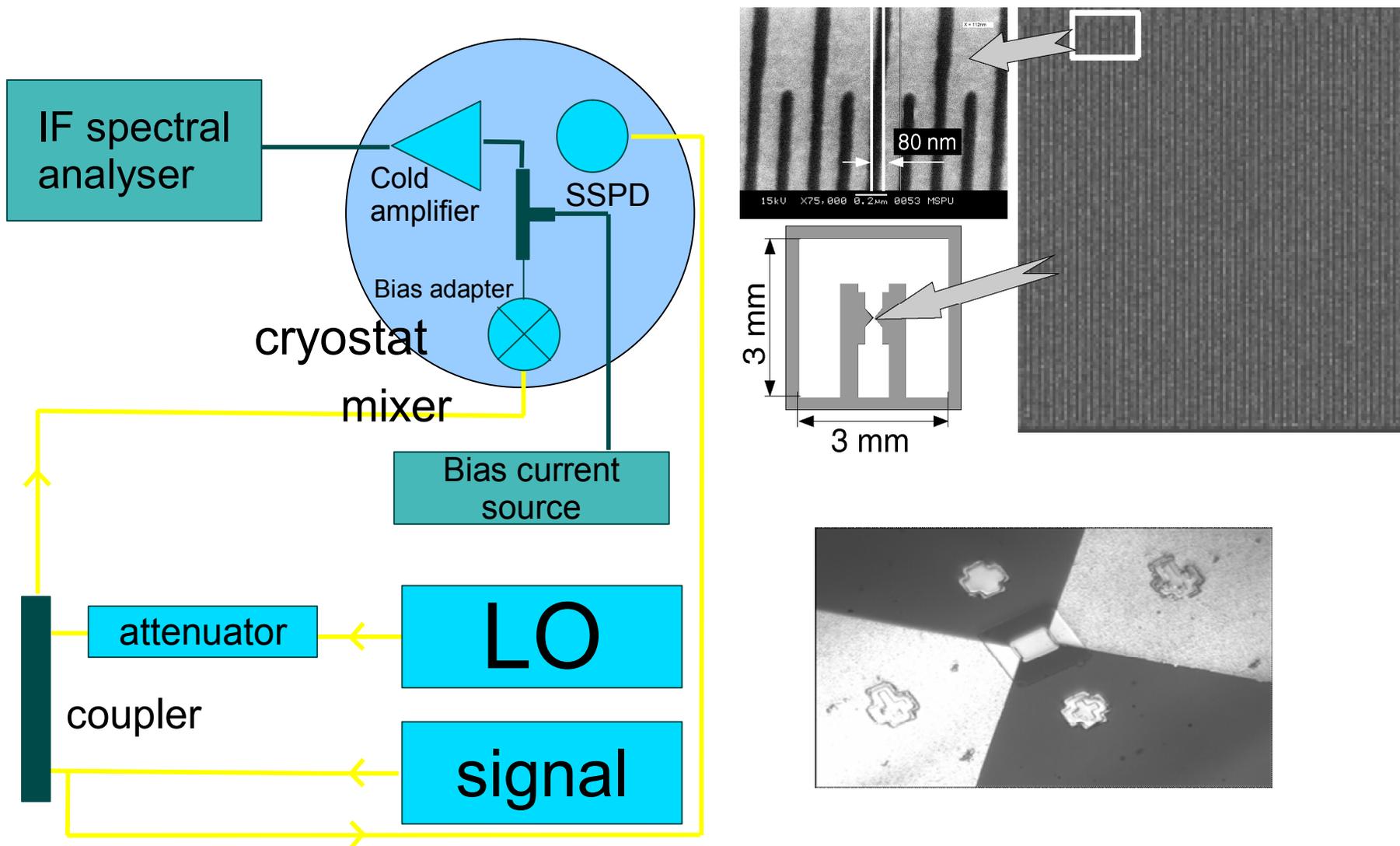
1.1-1.7 мкм

3-5 мкм

8-12 мкм

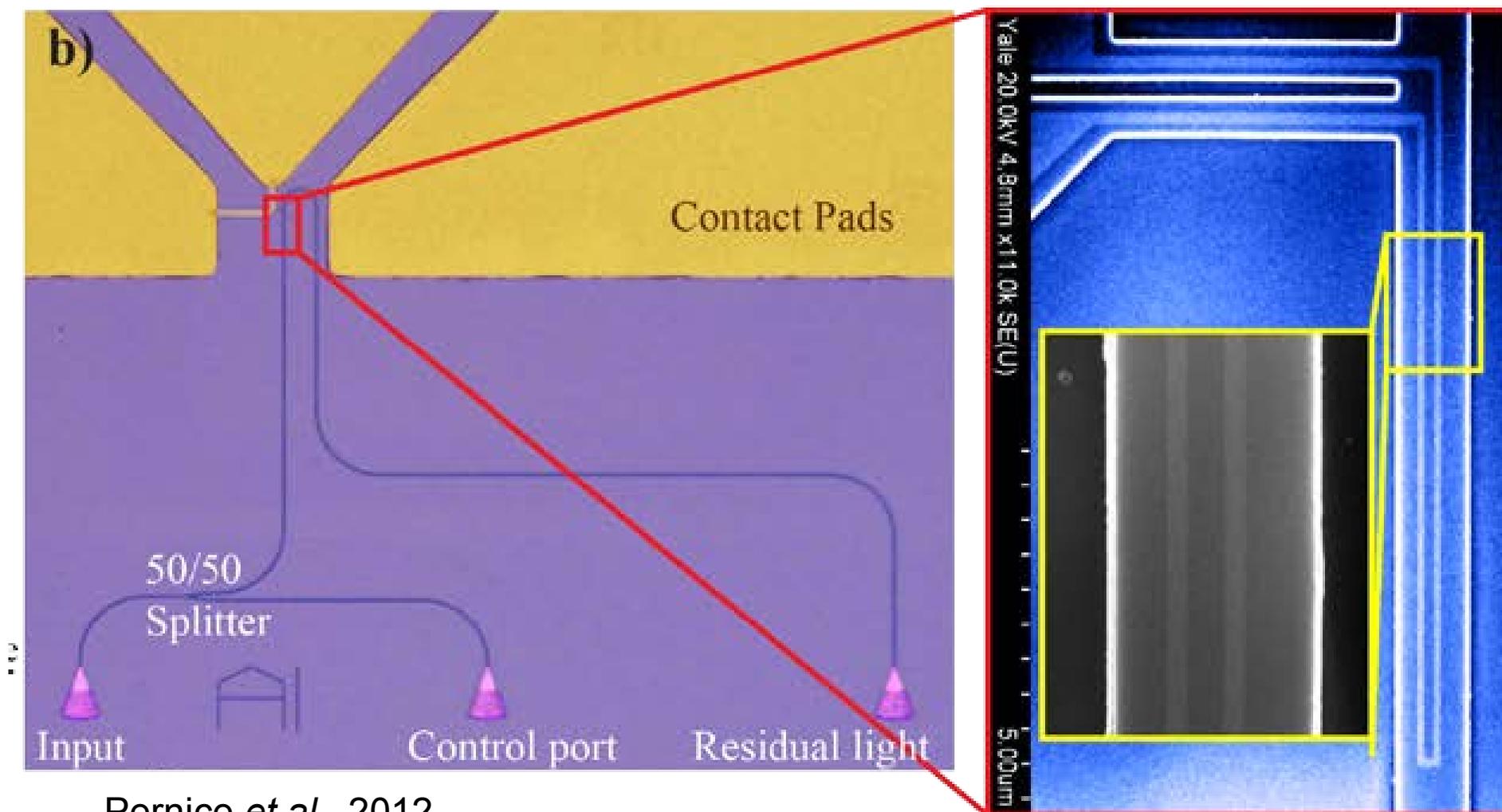
LO	DFB лазер	DFB лазер ?	QCL лазер
метод стабилизации	реперный канал	реперный канал	открытая оптика реперный канал
оптический тракт	одномодовое оптоволокно	?	полые волноводы волноводные интегрально-оптические HgCdTe @77K
смеситель (детектор)	InGaAs балансная схема	InSb, HgCdTe ~77 K	NbN @4K
полоса ПЧ	3 МГц	?	200 МГц – 5 ГГц
спектрометр ПЧ	-	-	FFTS
применение	солнечные затмения	солнечные затмения + надир	наземные наблюдения + надир

регистрация ПЧ в диапазоне 0.1 – 5 ГГц с помощью НЕВ-микроболометров



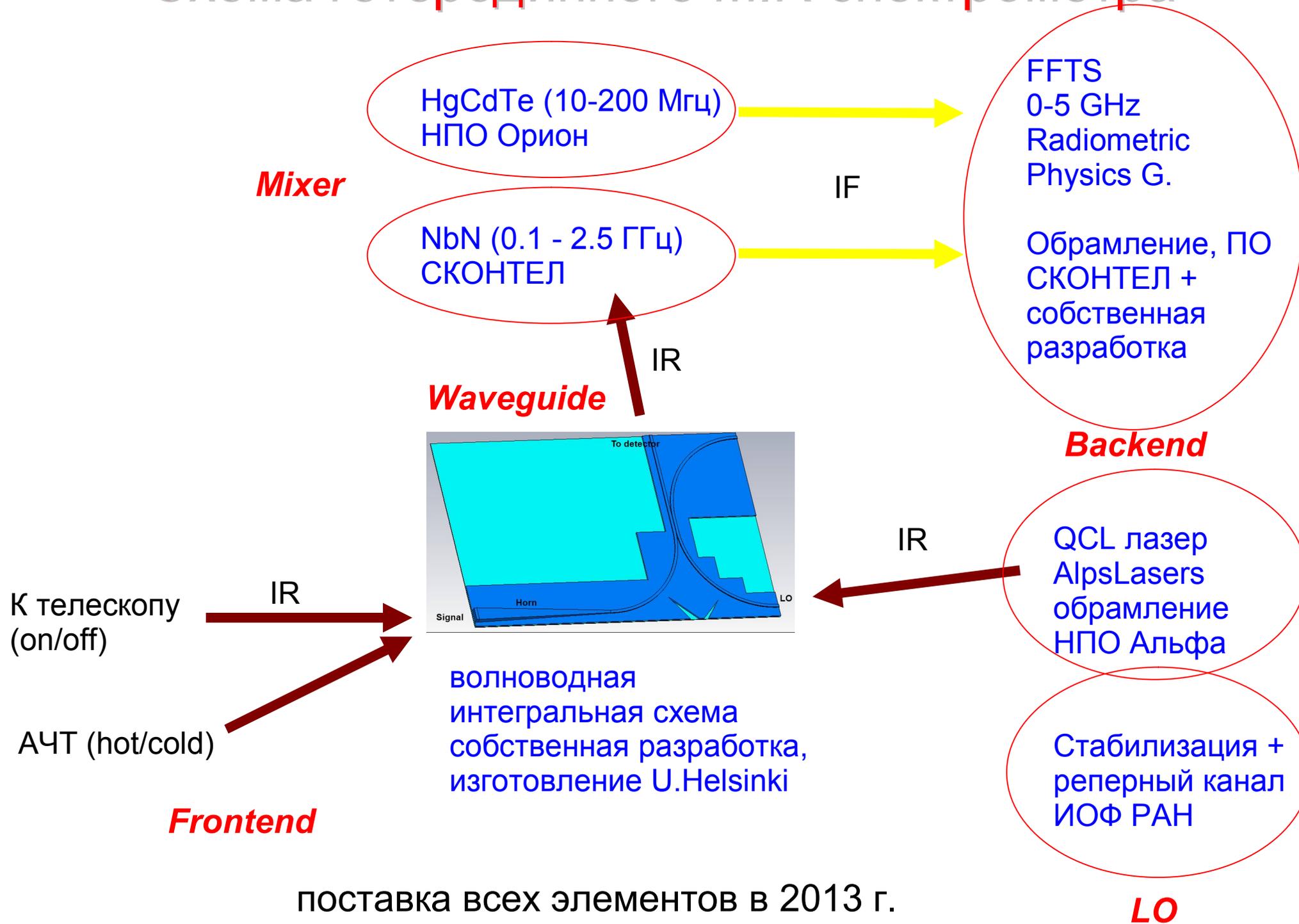
Требует гелиевых температур, однако позволяет достичь теоретического предела чувствительности

HEB SSPD детектор интегрированный с волноводной системой



Pernice *et al.*, 2012

Схема гетеродинного MIR спектрометра



поставка всех элементов в 2013 г.

LO