



«Повышение эффективности и модернизация радиотелескопов России»
22 - 27 сентября 2006г., САО РАН, п. Нижний Архыз, КЧР



ВДОВИН В.Ф.

Институт прикладной физики РАН

**ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ И
МОДЕРНИЗАЦИИ
КРИОЭЛЕКТРОННОЙ
ПРИЕМНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ
УНИКАЛЬНЫХ
РАДИОТЕЛЕСКОПОВ**

Или

Что выросло в ИПФ из книги Н.Есепкина,
Д.Корольков, Ю.Парийский
«Радиотелескопы и радиометры»

Немного истории развития тематики в ИПФ, **достижения**, **планы...**

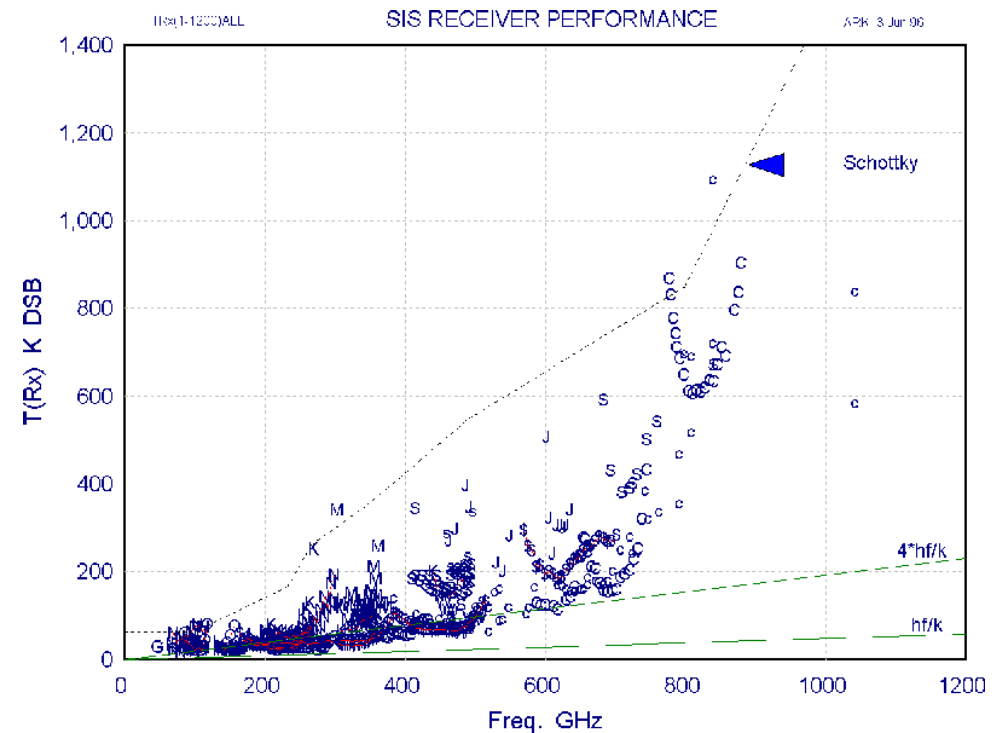
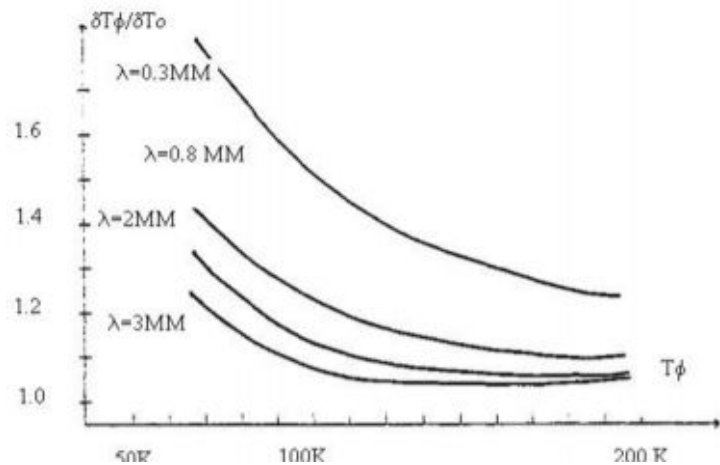
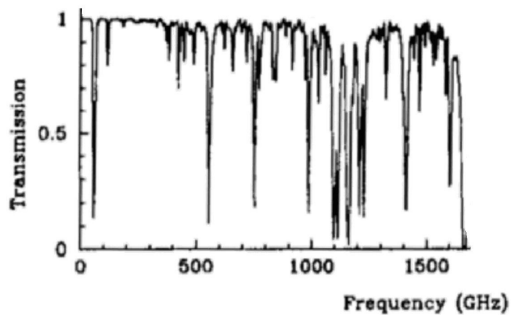
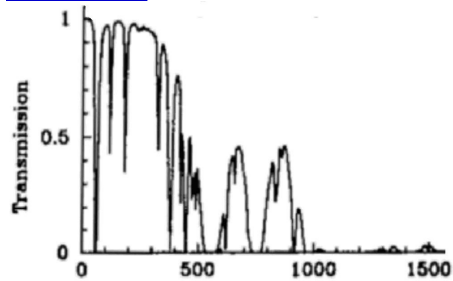
- Нижегородская радиофизическая школа – создатели радиометров НИРФИ: Серебряков, Кобрин, Берштейн, В.Тюкин) 50-60 г.г.
- Крио (мир)Мессенджер 1958
- Живер 1960
- Крио (отеч.): 60-е- 80-е:
В.Н.Алфеев, Е.И.Антонов;
В.В.Мигулин, А.Н.Выставкин,
А.В.Ипатов, А.Б.Берлин,
В.Н.Губанков, А.Г.Кисляков,
Л.Г.Гассанов, С.А.Песковацкий.
- Kerr A.R., Tucker J.R. Weinreb S.,
Pospieszalsky M. R., Raisanen
A. V., Richards P. L.
- Д.В. Корольков, А.Г.Кисляков
Л.Г.Гассанов 1978
- ИПФ- 3 мм крио-ДБШ1980-
в КраО 1985
- ИПФ/ИРЭ 3 мм СИС
Зименки` 91 ...САО
- ИПФ-САО 1.3 мм БТА 1991
- ИПФ 3 мм крио ДБШ в
Финляндии 1992
- ИПФ/ИРЭ 3 мм СИС в КраО
1995,
- в Финляндии 3 и 2 мм
2004-2008
- Планы и проекты:
- 22, 37, 100 ГГц НЕМТ –
Финляндия
- 0.8-1.3 мм НЕВ- БТА
- 22-270 ГГц Суффа
- Миллиметрон

Есепкина Н. А., Корольков Д. В., Парийский Ю. Н.
Радиотелескопы и радиометры. М.: Наука, 1972. 416 с



Чувствительность криоэлектронных приемников и факторы ее повышения. Шумовая температура и фоновые эффекты.

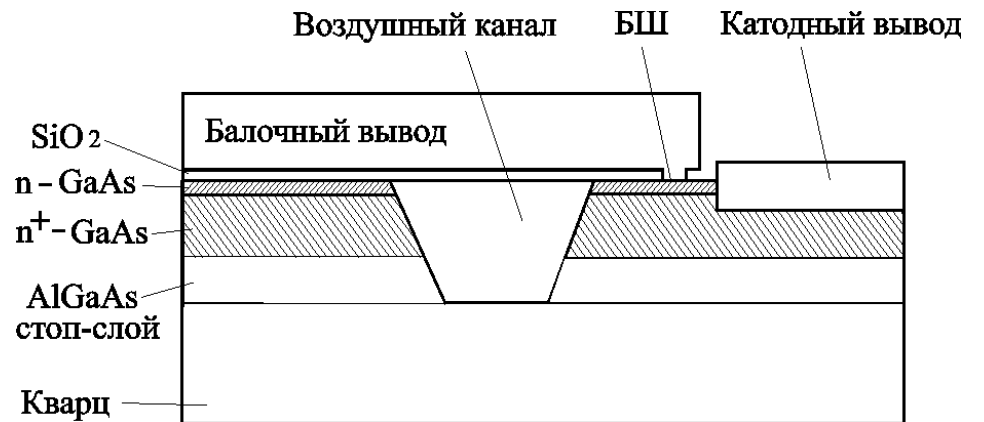
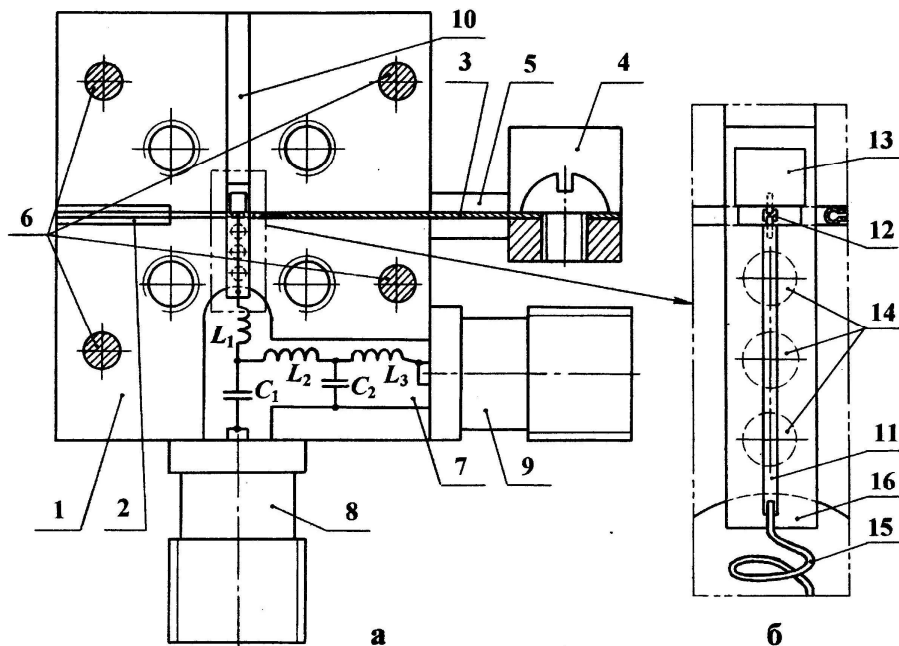
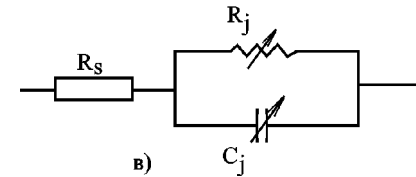
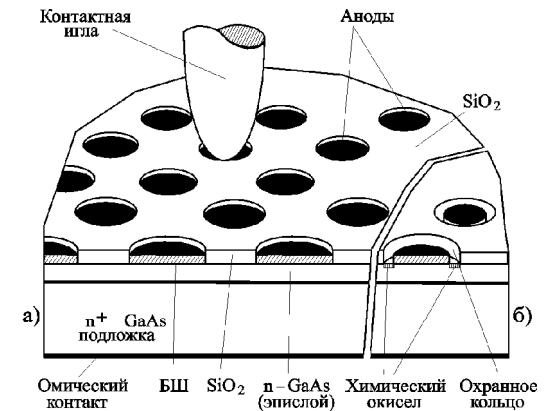
$$\Delta T_o = \frac{\alpha T}{\sqrt{\Delta f \Delta t}}$$



Охлаждение ДБШ-смесителей супергетеродинных приемников

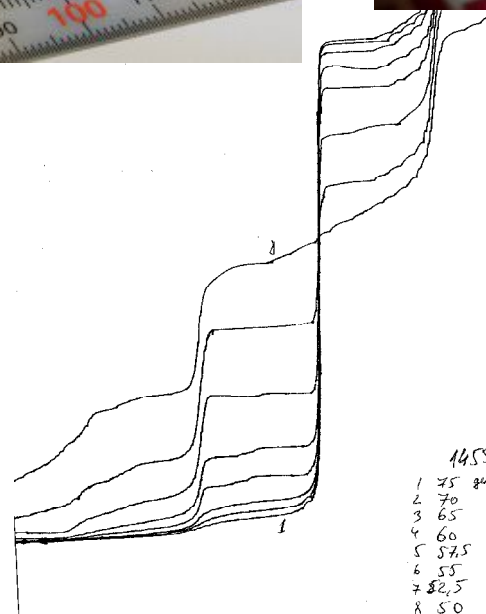
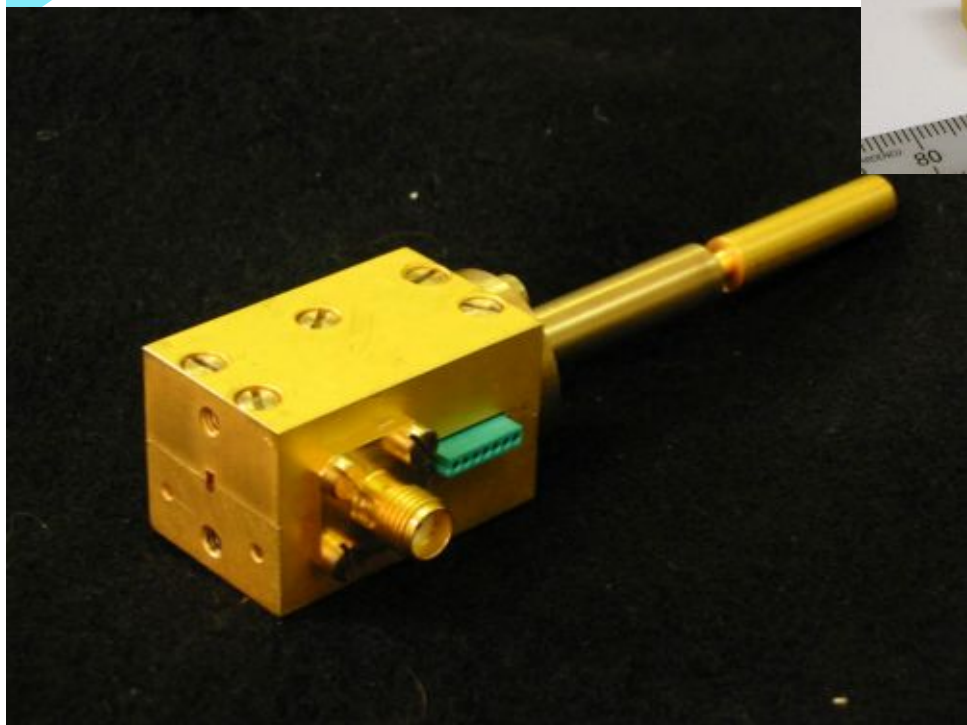
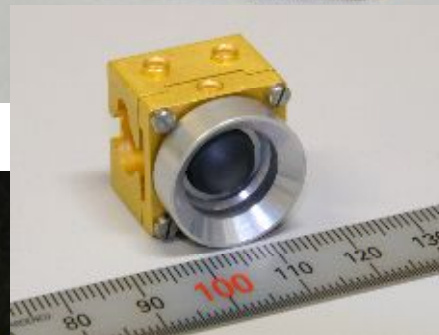
с НИИПП (Томск)

$$I = I_s \left(\exp \frac{qV}{\eta kT} - 1 \right) = AR^* T^2 \exp \left(- \frac{q\phi_b}{\eta kT} \right) \left(\exp \frac{qV}{\eta kT} - 1 \right)$$

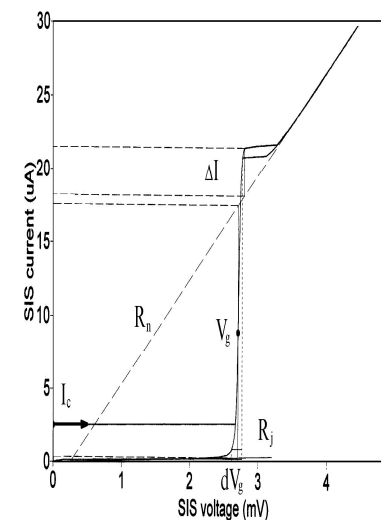


Сверхпроводниковые преобразователи ММ и СубММ волн

с ИРЭ



14.55 V
 1 75 μ m
 2 70
 3 65
 4 60
 5 57.5
 6 55
 7 52.5
 8 50



Криогеника, метрологическое оснащение и методики измерений

с НИИ Сатурн и Сибкриотехникой

Уровень температур	Характерное состояние
$0.5 \cdot 10^4$	Поверхность Солнца
$0.3 \cdot 10^3$	Поверхность земли
$0.8 \cdot 10^2$	Ожижение азота при атм.давлении
$2 \cdot 10^1$	Ожижение водорода при атм.давлении
$4 \cdot 10^0$	Ожижение гелия при атм.давлении
$3 \cdot 10^{-1}$	Криосорбция ^3He - ^4He
$5 \cdot 10^{-2}$	Растворение ^3He - ^4He



$$T_{nr} = \frac{Y_s T_{s1} - T_{s0}}{Y_s - 1};$$

$$\text{где: } Y_s = \frac{i_{s1}}{i_{s0}}$$



Разработка и исследование криосистем

Расчет теплопритоков



№	Источник теплопритока	Величина теплопритока (Вт)
1	Радиационный через окно	4,8
2	Радиационный через дно и стенки	0,65
3	Конвективный по поверхности N ₂	0,19
4	Теплопроводность конструкции	5,47
5	Теплопроводность остаточного газа	5,8×10 ⁻³
Итого:		11,13

$$Q_{11} = \varepsilon_1 \cdot C \cdot 10^{-8} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot S_0$$

$$Q_{12} = F_{12} \cdot E_1 \cdot \sigma \cdot S \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

$$Q_2 = (T_n - T_c) \cdot \alpha \cdot F$$

$$Q_{31} = \lambda_u \cdot (T_2 - T_1) \cdot \frac{S}{L}$$

$$Q_{32} = S_{1r} \cdot \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{\alpha_2 + \frac{S_{1r} \cdot (1 - \alpha_2) \cdot \alpha_1}{S_{2r}}} \cdot \frac{(k+1)}{(k-1)} \cdot (p \cdot (T_2 - T_1)) \cdot \sqrt{\frac{R}{8 \cdot \pi \cdot M \cdot T}}$$



Волновод под перепадом температуры

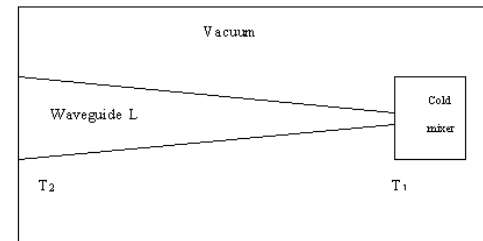
$$A(x) = A_0 + x \alpha$$

$$\frac{k}{\sigma T} = L_0 = \frac{\pi^2 k_b^2}{3e^2} = const = 2.45 \cdot 10^{-8} \text{ ВТ} \cdot \text{ОМ} \cdot \text{К}^{-2}$$

$$\alpha_0 = \left[\pi c \epsilon_0 / \lambda_0 \sigma(x) \right]^{1/2} \frac{1 + 2(b/a)(\lambda_0/2a)^2}{b \left[1 - (\lambda_0/2a)^2 \right]^{1/2}}$$

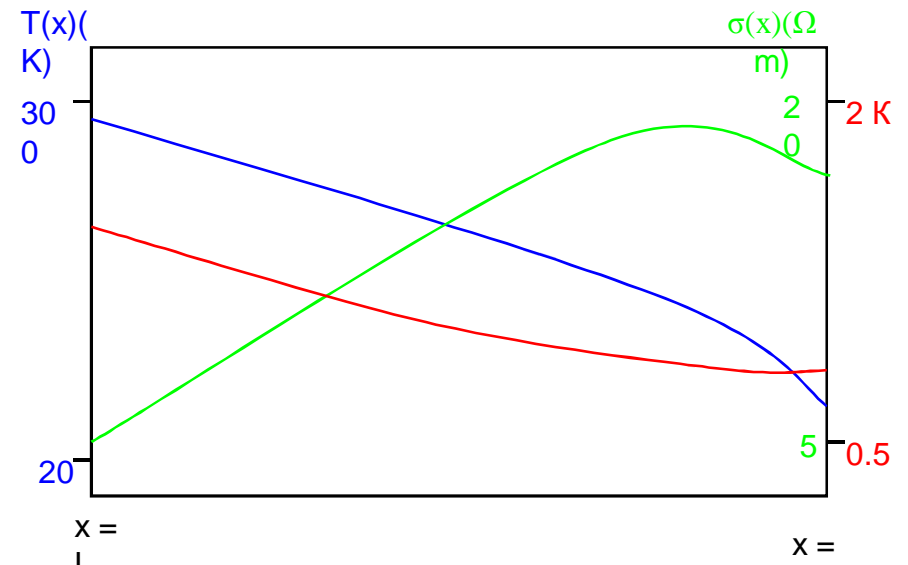
$$T_{n.l.} = (L_{\phi 1} - 1)(T_2 + T_1)/2$$

Dewar



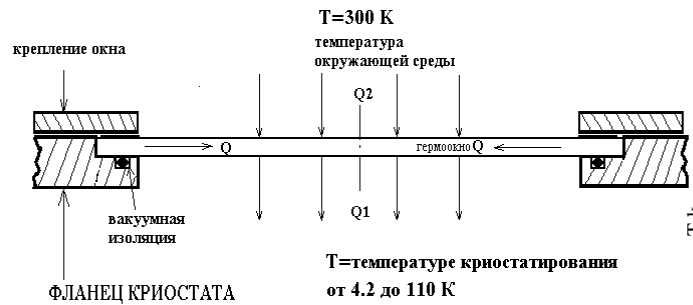
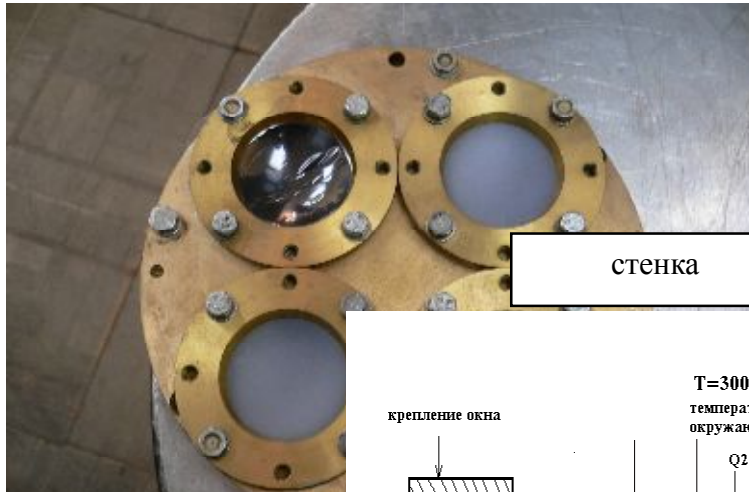
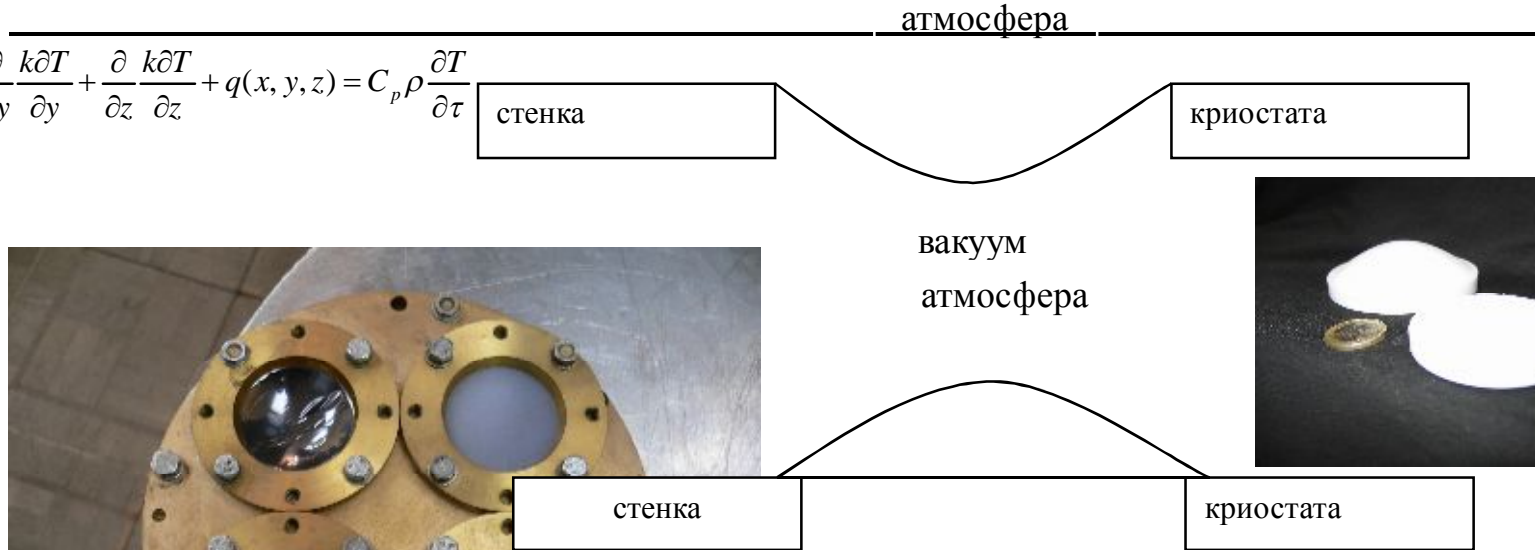
$$\delta T_{n.i.} = (dl_i - 1)T(x_i)$$

$$T_n = \int_0^X T_\alpha l(x) e^{\int_0^x l(\xi) d\xi} dx$$

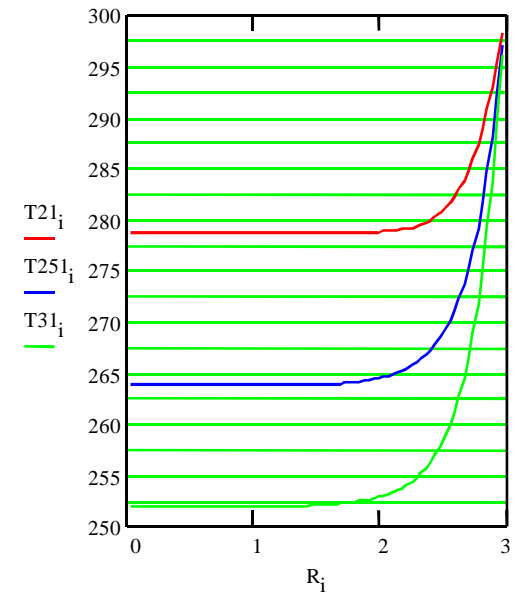


Гермоокна сигнальных трактов

$$\frac{\partial}{\partial x} \frac{k \delta T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{k \delta T}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{k \delta T}{\partial z} + q(x, y, z) = C_p \rho \frac{\partial T}{\partial \tau}$$



- Q1-радиационные теплопритоки от внутренних элементов криостата
- Q2-радиационные и конвекционные теплопритоки из атмосферы
- Q-теплопритоки к корпусу криостата



Охлаждаемые аппаратные комплексы для астрономических исследований. СИС-приемник на телескопе РТ-22 КрАО



ПИСЬМА В АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 1997, том 23, № 2, с. 145-148

УДК 524.7

СПЕКТРАЛЬНЫЕ РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ НА РТ-22 КрАО С СИС-ПРИЕМНИКОМ ДИА ДЛИН ВОЛН 3 мм

© 1997 г. И. И. Зинченко¹, А. М. Барышев², В. Ф. Вдовин¹,
В. П. Кошелец², А. В. Лапинов¹, И. В. Лапкин¹, В. В. Мышенко
Л. Е. Пирогов¹, С. В. Шитов², В. М. Шульга⁴

¹ Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

² Институт радиотехники и электроники РАН, Моск

³ Крымская астрофизическая обсерватория, пос. Кацев

⁴ Радиоастрономический институт НАН Украины, Харк

Поступила в редакцию 22.05.96 г.

Разработан криоэлектронный приемник диапазона длин волн ~ 3 мм на базе смесителя на квантовом квазичастичном туннельном переходе сверхпроводник (СИС). Приемник использован в составе аппаратного спектроскопа на радиотелескопе РТ-22 КрАО для радиоастрономических наблюдений. В двухполосном режиме составил 80-100 К на частотах 80-1995 г. проведен двухнедельный непрерывный цикл спектральных наблюдений облаков Галактики в линиях вращательных переходов молекул HCN, SiO, ¹³C

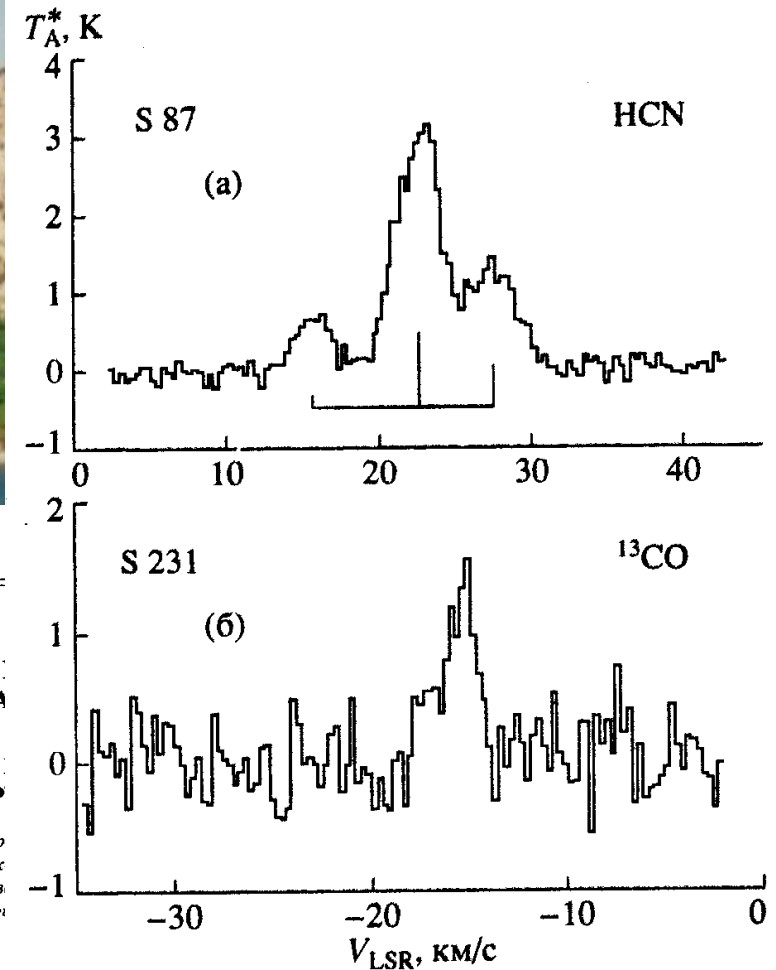


Рис. 3. Примеры измеренных спектров: HCN $J = 1 - 0$ в S87 (а) и ¹³Co $J = 1 - 0$ в S231 (б).

Охлаждаемые аппаратурные комплексы для астрономических исследований.

СИС-приемник на телескопе РТ-22 КрАО

Том XLIII № 11

Известия вузов. РАДИОФИЗИКА

2000

УДК 524.7

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ В 3-ММ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН НА РАДИОТЕЛЕСКОПЕ РТ-22 КРАО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКУСТООПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА

Н. А. Есепкина¹, И. И. Зинченко², И. И. Саенко¹, А. В. Антюфеев³, В. Ф. Вдовин², А. И. Елисеев², С. К. Круглов¹, И. В. Лапкин², В. В. Мышенко³, Н. С. Нестеров⁴, Л. Е. Пирогов², В. Н. Шанин², А. М. Штанюк², В. М. Шульга³

В рамках многолетней программы исследований плотного межзвёздного газа на радиотелескопе РТ-22 КрАО в июле 1998 года проведён цикл наблюдений с помощью модернизированного аппаратного комплекса 3-мм диапазона длин волн. Для спектрального анализа принимаемого излучения впервые использовался акустооптический анализатор спектра, позволивший значительно расширить полосу исследуемых частот по сравнению с использовавшимся ранее фильтровым анализатором, а также упростить процедуру настройки цепей и преобразователей частоты сигнала. С помощью данного комплекса проведены наблюдения изобразований, включая облака, связанные с яркими инфракрасными источниками и ультрафиолетовыми HII, а также облака с высокоскоростными потоками в линиях молекул HCO^+ , ^{13}CO ,

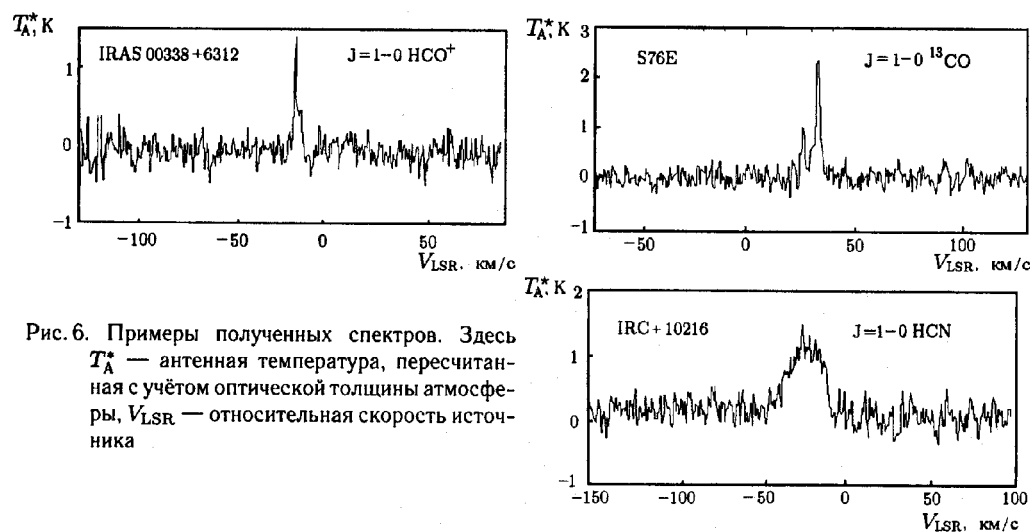


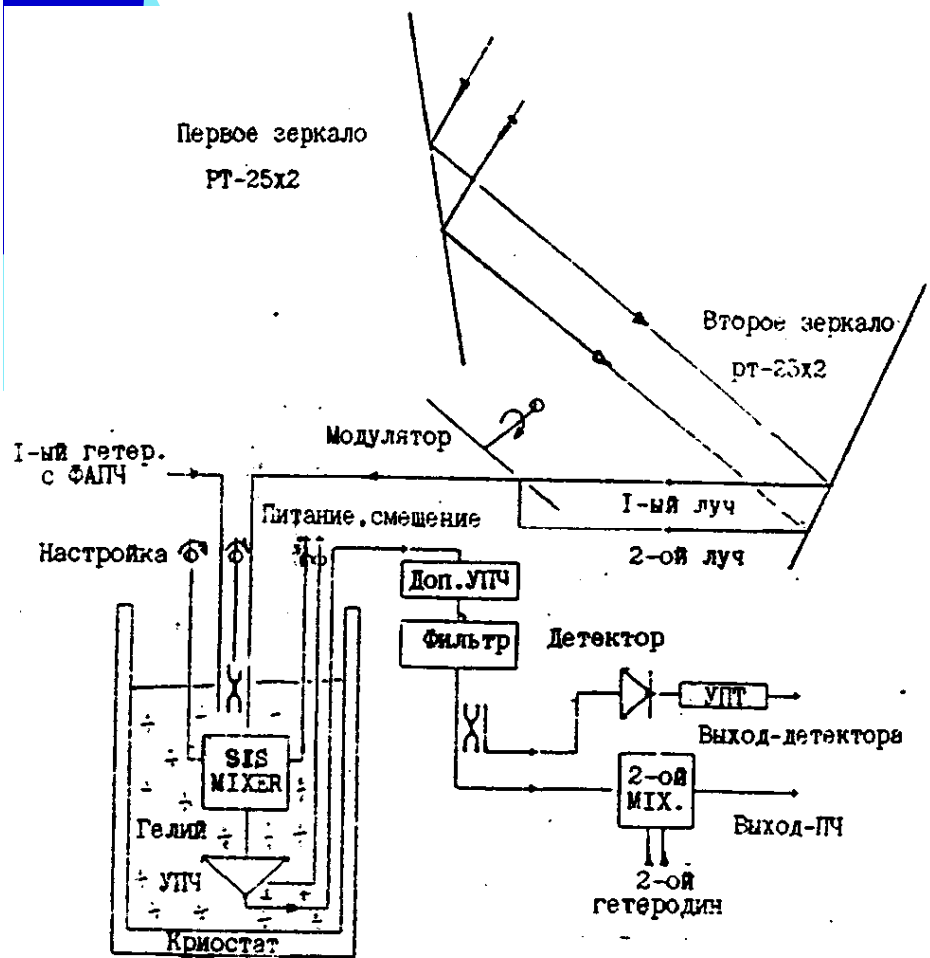
Рис. 6. Примеры полученных спектров. Здесь T_A^* — антенная температура, пересчитанная с учётом оптической толщины атмосферы, V_{LSR} — относительная скорость источника



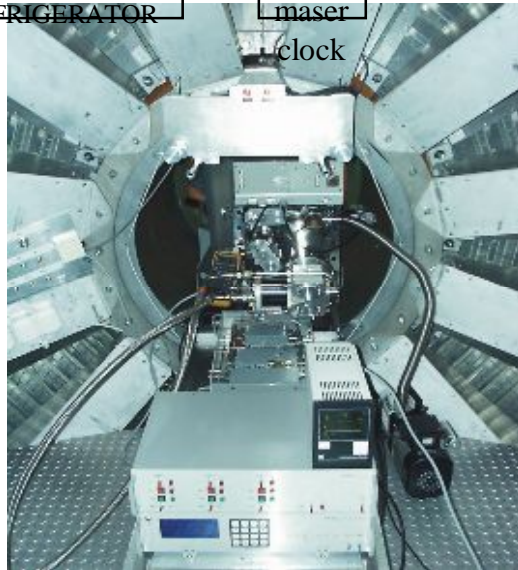
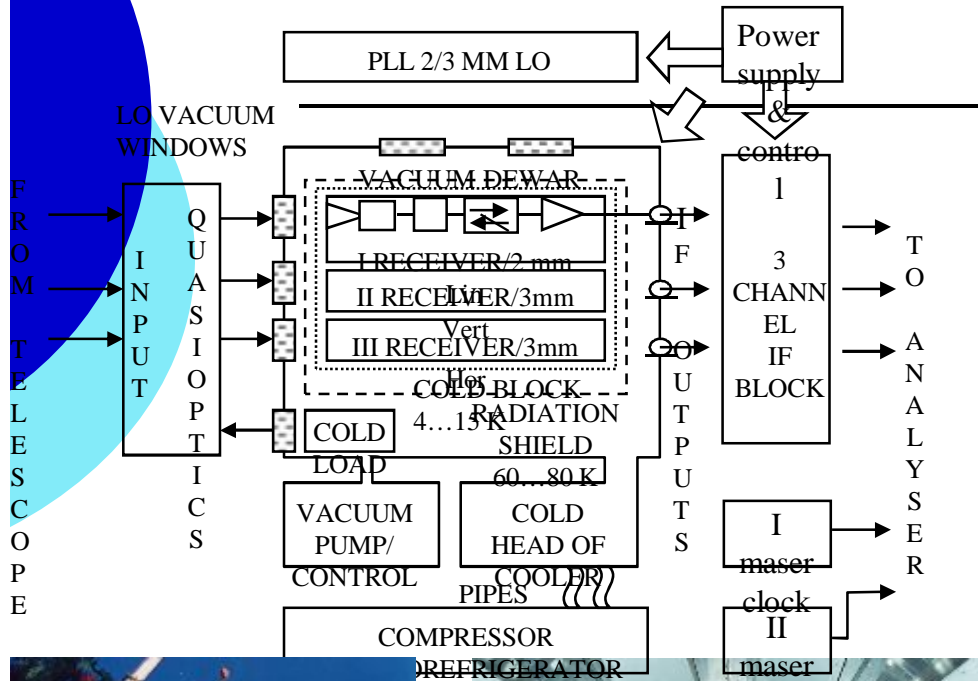
Первый отечественный сверхпроводниковый приемник 3 мм диапазона на радиотелескопе РТ-25*2 Зименки

ИПФ

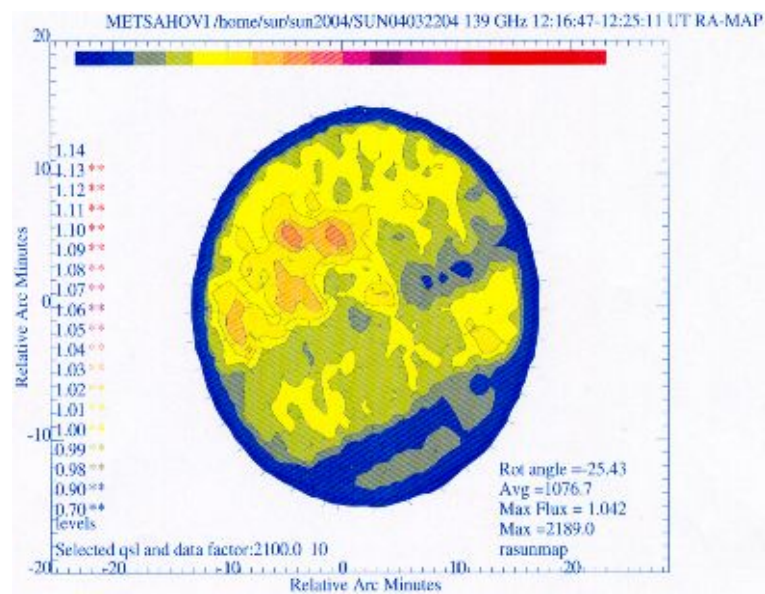
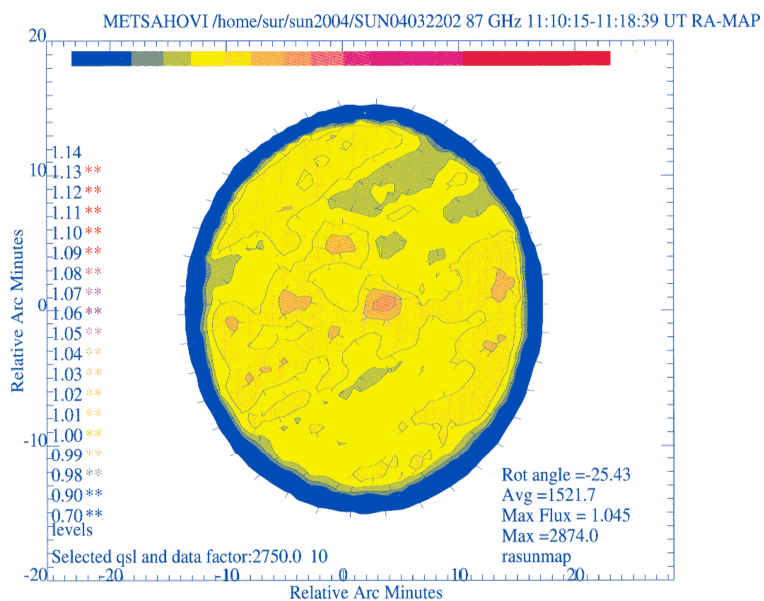
ИРЭ



2-3 MM SIS- приемник обсерватории Мецахови



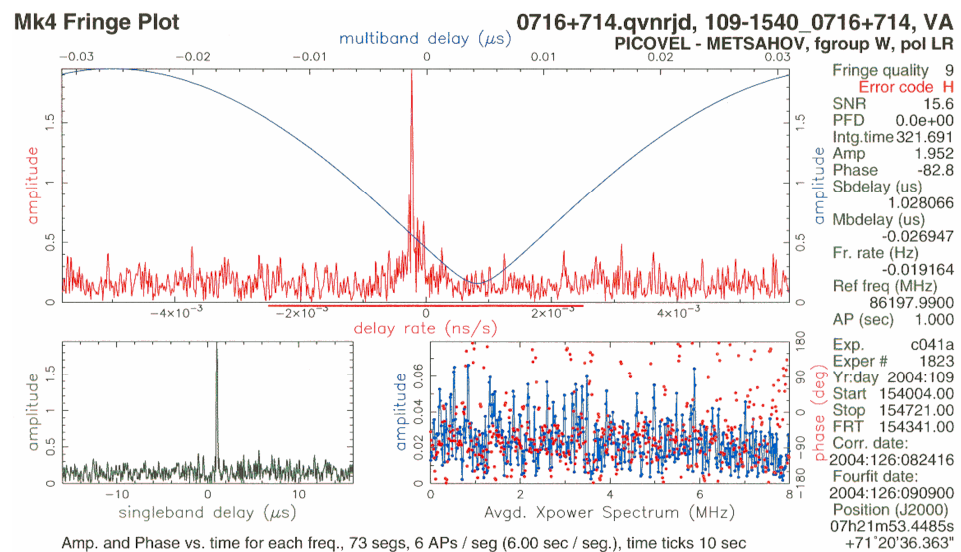
Первые измерения (март 2004)



Пробные карты Солнца на волнах 3 и 2 мм, полученные в условиях **сильной облачности.**

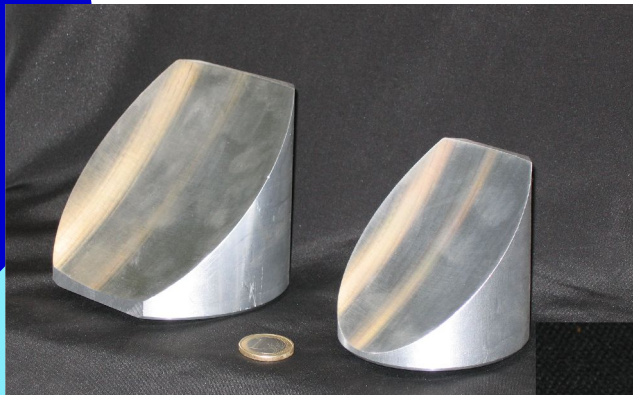
РСДБ наблюдения на 3 мм (апрель 2004--май 2008)

Hi,
Bonn Correlator just completed fringe search on 3mm VLBI session.
Good results found to Metsahovi on day 109, 15:40 UT (see attached plot), good amplitude, excellent phase stability, good polarisation purity - both polarisation channels functioned OK.



Создание элементной базы охлаждаемых приемников ММ и СубММ волн,

СубММ приемник на БТА и охлаждение матриц ПЗС оптических и ближнего ИК волн



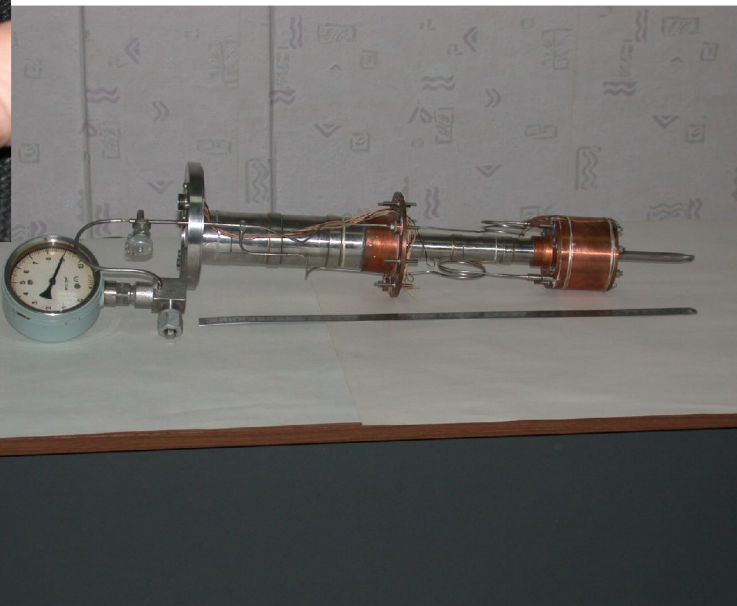
Элементы входной квазиоптики



Криостатирование матриц ПЗС для БТА САО



Охладитель 4К для матричного приемника для телескопа РТ-22 КрАО



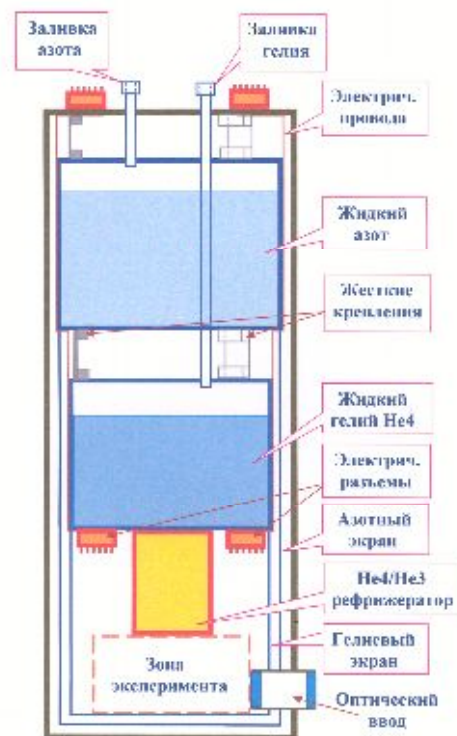
Версионная кварцевая линза ТТц приемника проекта Алма



Радиоастрономические приемники в системах сверхглубокого охлаждения (с ИРЭ РАН, ОИЯИ)

$$R_{\text{пр}} \approx 10^{-18} \dots 10^{-20} \text{ Вт/Гц}^{1/2}$$

$$\propto T^3 \nu^{1/2}$$



Минимальное время предохлаждения - 12h.;
 He-заправка & He-охлаждение – 5h;
 Время переконденсации 4He -3h;
 Время достижения 0.35K от старта 3He откачки- 0.5 h;
 Min достигнутая температура 0.32K
 Время удержания температуры ниже 0.35K – 24h.
 Потери L He – 0.2 l/h.

Спасибо за внимание и сотрудничество!

