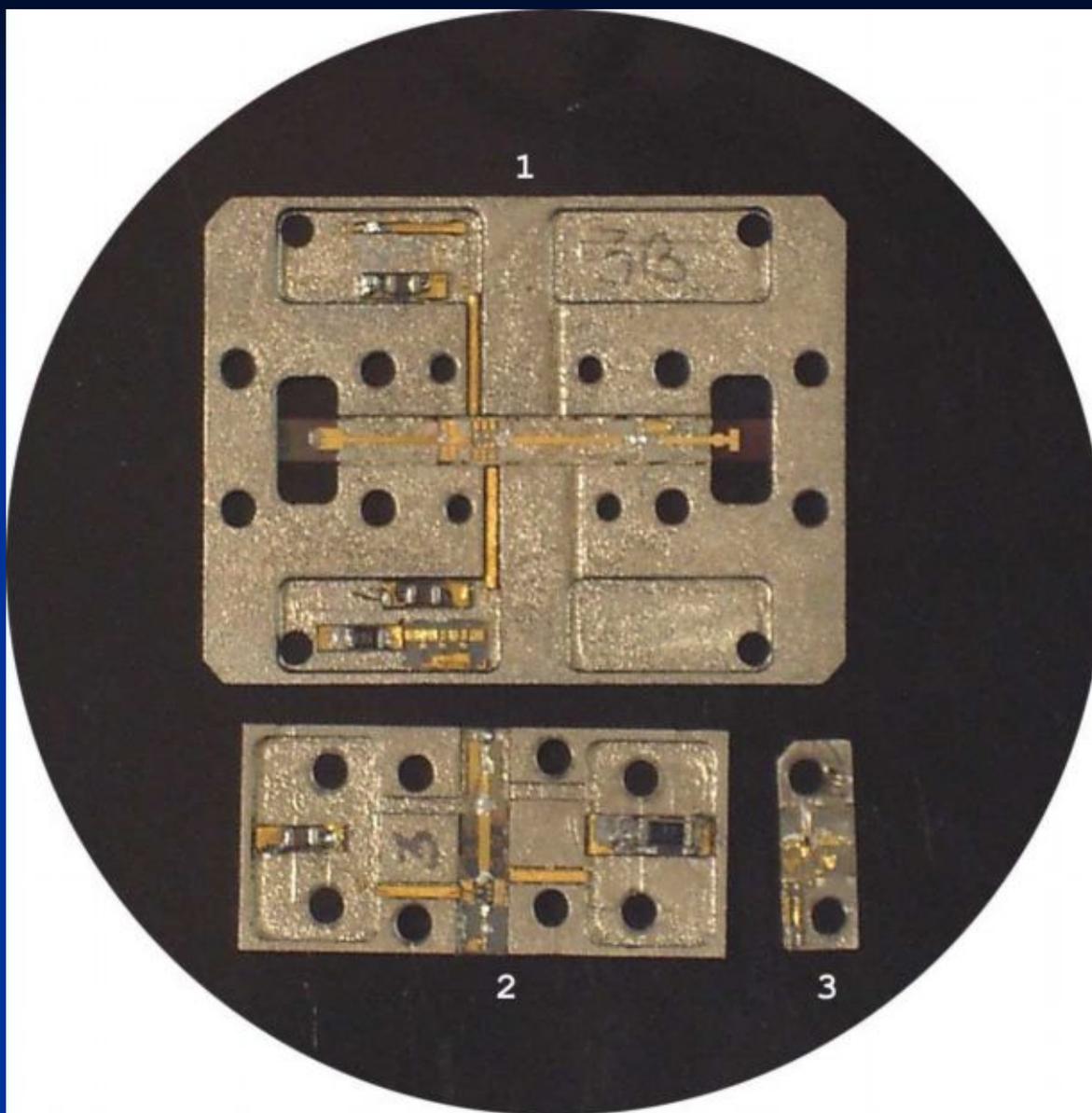


ОПЫТ РАЗРАБОТКИ КРИОГЕННЫХ МАЛОШУМЯЩИХ УСИЛИТЕЛЕЙ ММ-ДИАПАЗОНА ДЛЯ ПРИЕМНИКОВ РТ-22

Краснов В.В.*, Миннебаев В.М.**

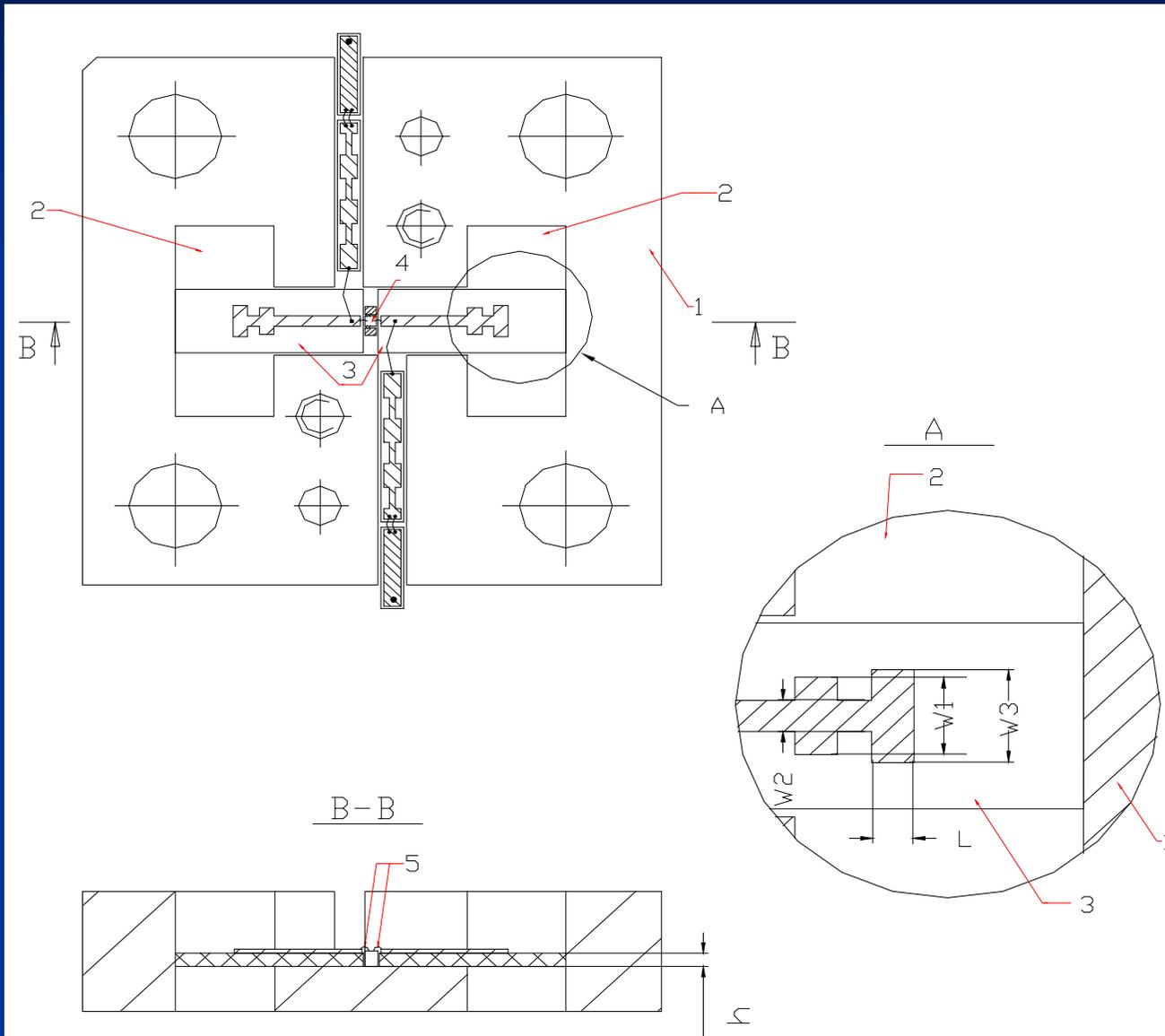
(* - ФИАН, г.Москва, ** - ФГУП «НПП «Пульсар», г.Москва)



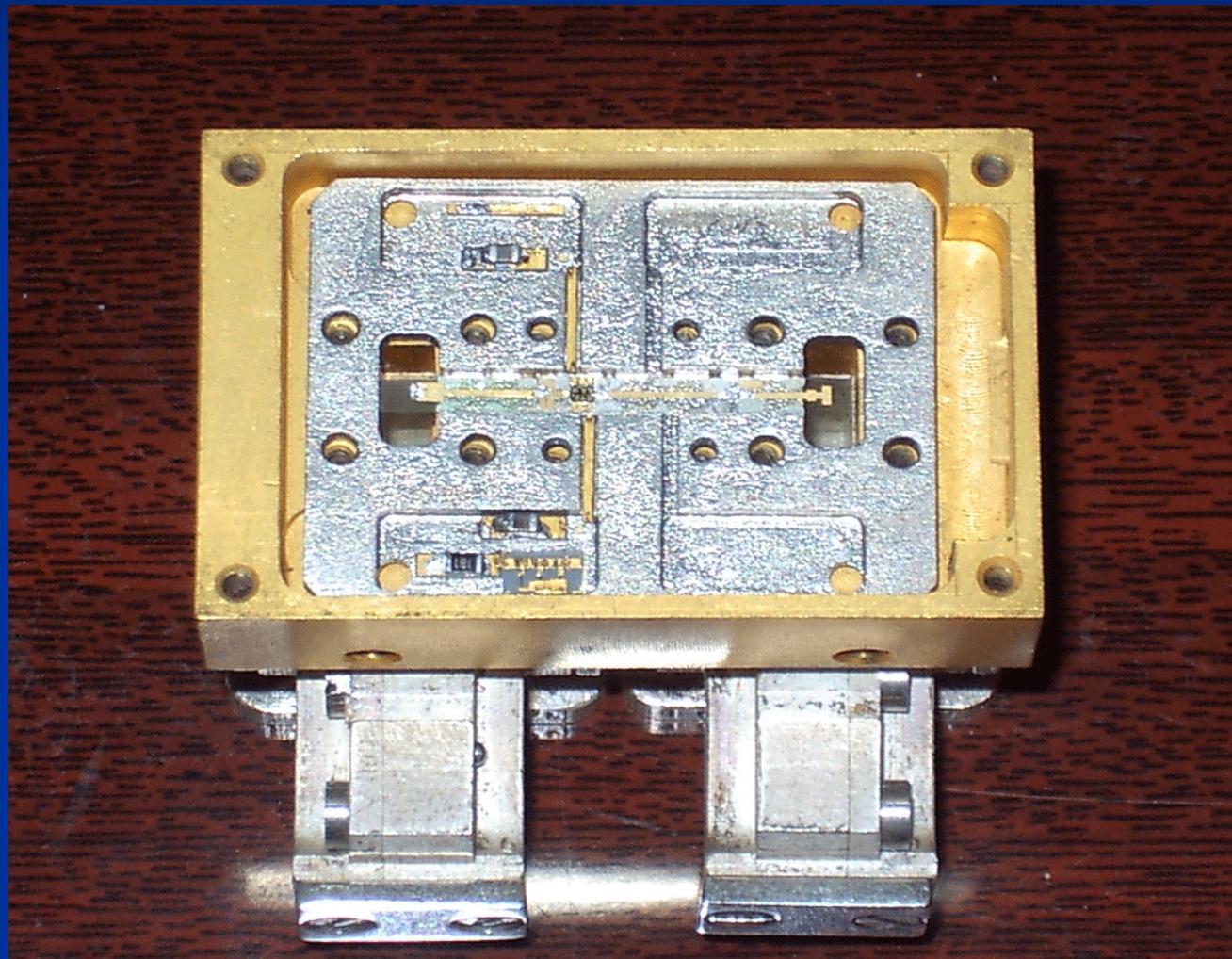
Конструкции ГИС криоМШУ:

- 1 – ГИС типа «волноводная вставка»
- 2 – ГИС с запердельными и суперзапердельными волноводами
- 3 – стандартная (планарная ГИС)

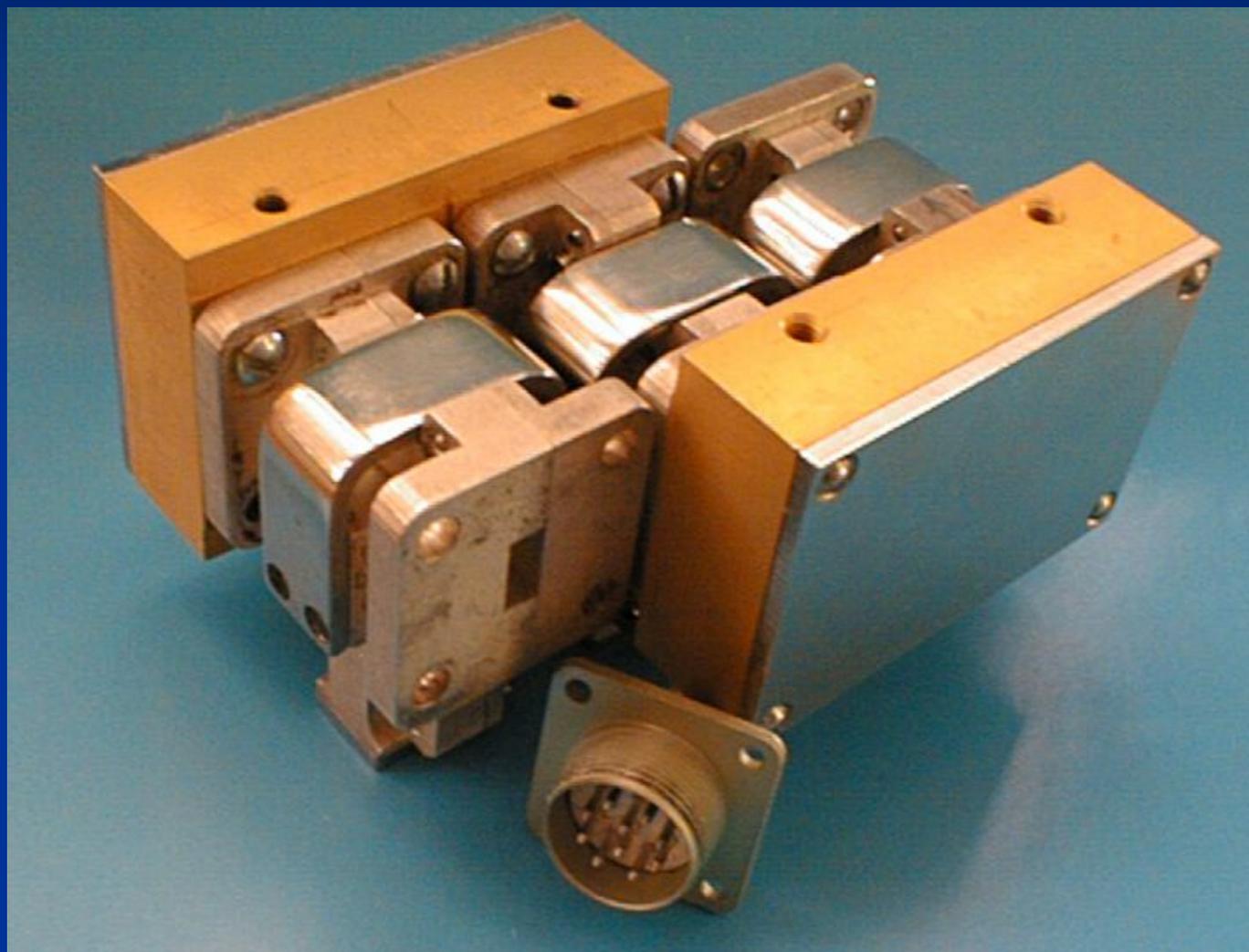
КВЧ интегральная схема типа «волноводная вставка»



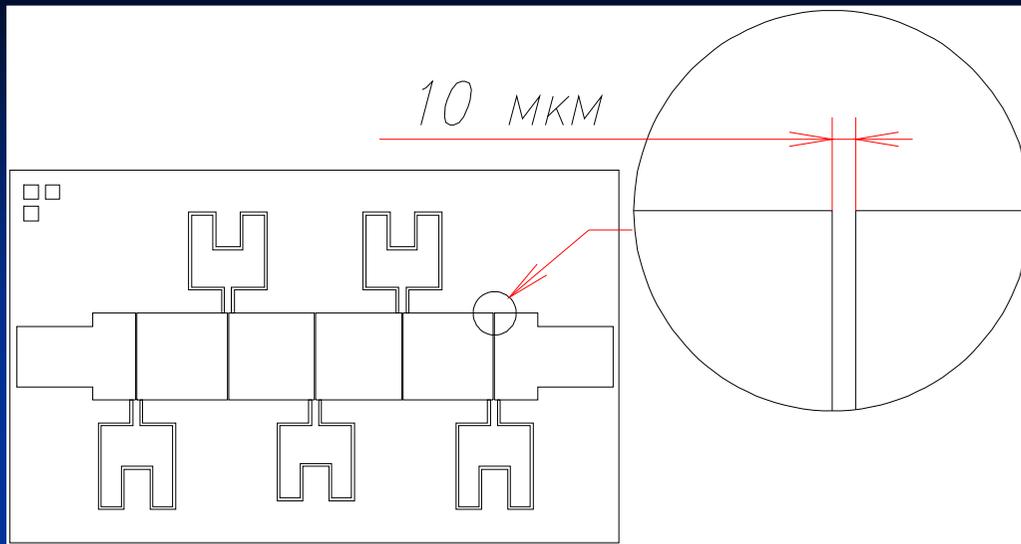
КриоМШУ с ГИС «волноводная вставка»



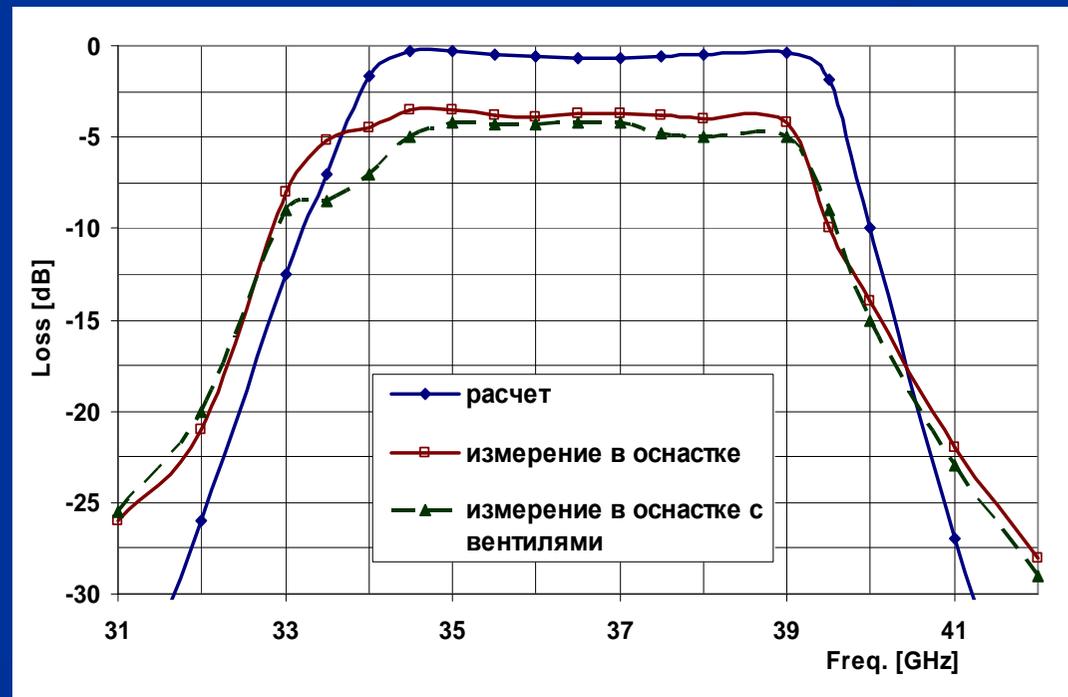
Двухсекционный 8-мм криоМШУ с волноводными вентилями

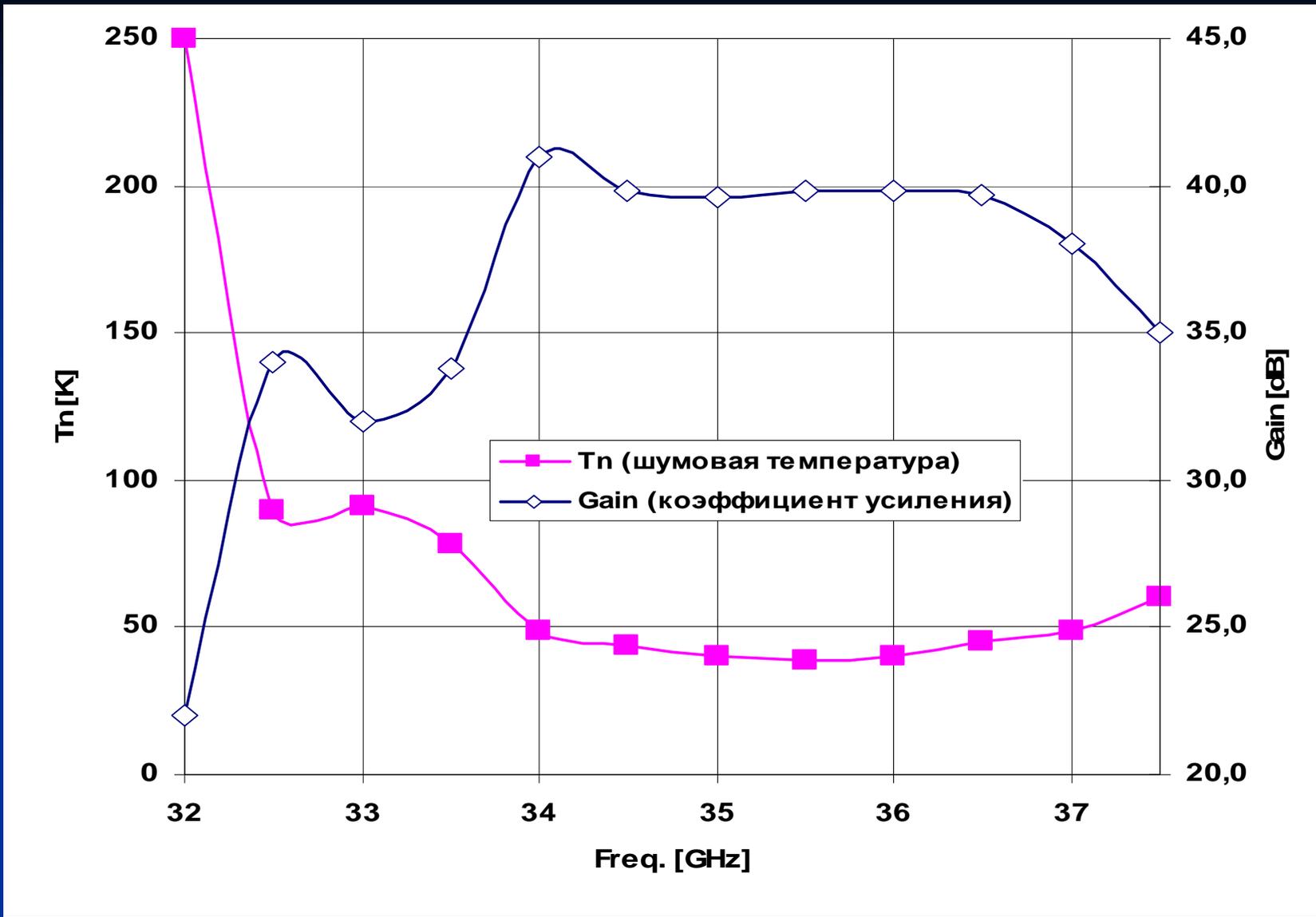


Топология микрополоскового ППФ



АЧХ ППФ

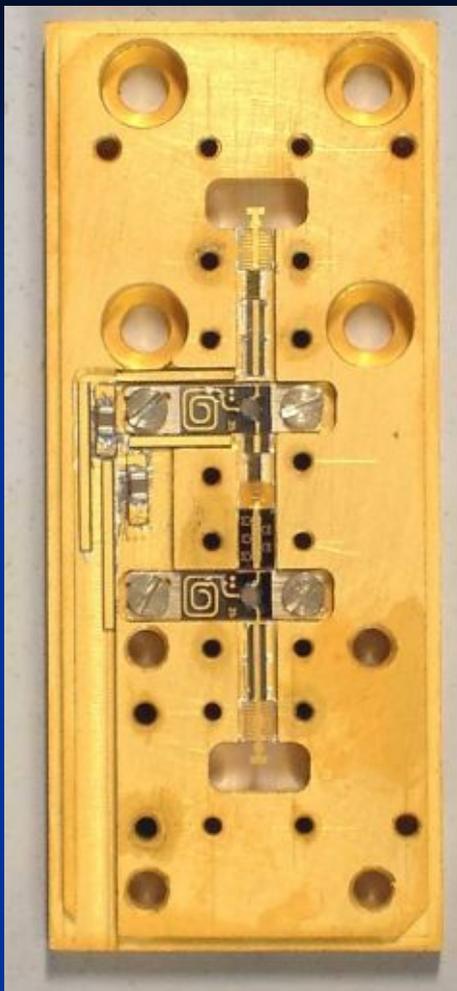




Измеренные частотные характеристики МШУ на базе МИС XL1000 (T=22K)

Технические характеристики и конструктивные особенности разработанных криоМШУ

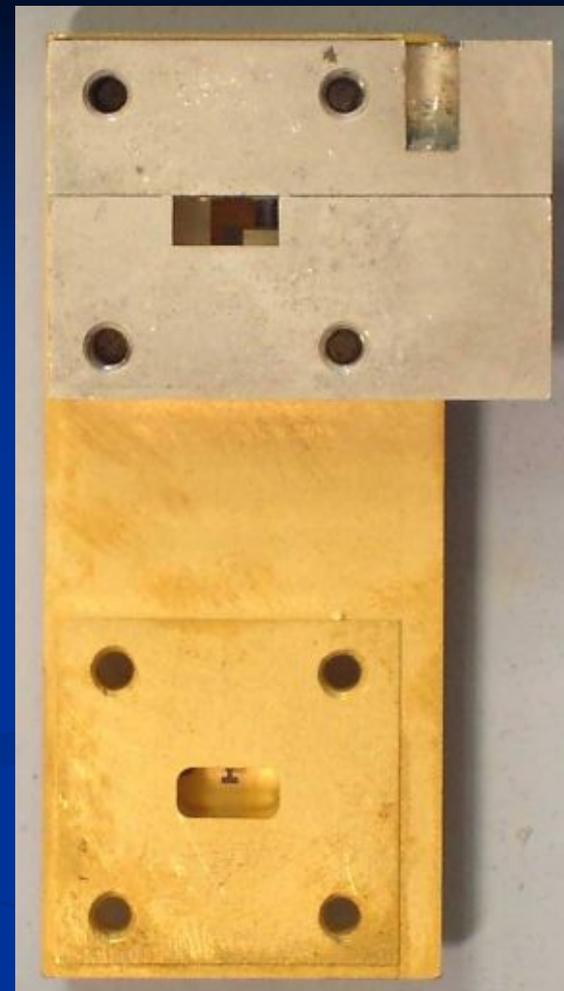
Год	Диапазон	Активный элемент	Рабочий диапазон [ГГц]	Кур [дБ]	Тш (К)	Кол-во актив. эл-тов	Конструктивные особенности	Недостатки
2001	13 мм	GaAs НЕМТ ЕС2612 (ф.UMS)	20-24,5	28	30	3	Конструктивная индуктивность ОС в истоке для повышения коэффициента устойчивости	Недостаточный уровень усиления (необходимость дополнительного каскада)
2003	8 мм	GaAs МИС СНА2094b (ф.UMS)	32-38	36	80	2	Независимые (заменяемые), планарные держатели ГИС	Появление обратных связей вне рабочей полосы. Склонность к самовозбуждению
2005	8 мм	GaAs МИС FMM5704X (ф.Fujitsu)	33,5-37,5	28	50	2	Единый держатель типа «фрезерованное основание»: запредельный и суперзапредельные волноводы	80 % отбраковки МИС при криоиспытаниях. Особые требования по электропитанию при захолаживании МШУ.
2007	8 мм	GaAs МИС СНА2094b (ф.UMS)	33-38	33	70	2	Единый держатель типа «Волноводная вставка» Каждая МИС нагружена на ППФ	Большие шумы НЕМТ (при 300К для этой МИС Кш=3 дБ)
2007	13 мм	GaAs МИС НМС465 (ф.Hittite)	21,5-24,5	23	40	2	Независимые (заменяемые), планарные держатели ГИС, режекторный фильтр на Fз.к.	Тш выше Тш МШУ на дискретных транзисторах (п.1.таблицы)
2007	8 мм	GaAs МИС XL1000 (ф.Mimix Broadband)	34-37,5	38	50	2	Держатели типа «фрезерованное основание», МИС 1-й секции нагружена на полосковый вентиль	Габариты
2008	8 мм	GaAs МИС XL1000 (ф.Mimix Broadband)	34-37,5	36	50	2	Отсутствие промежуточного держателя. Односекционный В состав входят: ВВ, МИС (2шт.), ПВ (2 шт.), ППФ	



1



2



3

1 – МШУ с собранными МИС, ППФ, вентилями и ВПП

2 – МШУ со сформированными запердельными волноводами

3 – МШУ с внешним входным волноводным вентилем

Цель: модернизация охлаждаемых приемников мм-диапазона РТ-22 ФИАН

Выбор элементной базы: работоспособность при криотемпературах.

Дискретные НЕМТ или МИС

Основным преимуществом МИС является возможность осуществления более коротких соединений в составе МИС, в том числе – заземлений. Это позволяет достичь:

- расширения рабочей полосы при стабильности СВЧ-характеристик и устойчивости ПТ при криотемпературах
- воспроизводимость характеристик (ниже требования к точности сборки)
- эксплуатационная надежность в целом.

Конструктивные особенности охлаждаемых МШУ

Выбор конструкции ГИС. При разработке охлаждаемых МШУ были исследованы три конструкции:

1-я – традиционная для многотранзисторных МШУ. Это набор планарных держателей, представляющих собой коваровое основание толщиной 0,4мм, на котором в разрыв между кварцевыми микрополосковыми платами толщиной 0,2мм установлен чип активного элемента. Все держатели крепятся на основание усилителя, в котором выполнены волноводные окна входа-выхода сигнала с встроенными волноводно-полосковыми переходами (ВПП). Недостатки ее проявились при создании усилителей с $K_p > 20$ дБ: возникающие обратные связи приводят к самовозбуждению активных элементов.

2-я – держатели типа: фрезерованное основание, с сформированными запредельными волноводами микрополоскового сигнального тракта, исключающими возможность распространения многомодовых объемных колебаний и появление самовозбуждения за счет многочастотных электромагнитных обратных связей. ВПП оставался конструктивно связан с основанием МШУ. При этом механические остаточные напряжения в тонких (0,4 мм) частях держателя при значительных изменениях температуры могут приводить к механическим повреждениям кварцевых плат и золотых проводников при многократных захолаживаниях.

3-я – общее (единое) фрезерованное основание под все кварцевые платы с выполненными волноводными окнами и сформированными запердельными волноводами (толщина не менее 1,5 мм). Такой единый держатель (т.н. «Волноводная вставка») - лишен недостатков первых двух типов держателя. В результате достигнута электромагнитная обстановка, обеспечивающая устойчивую работу транзисторов МИС: полная экранировка микрополоскового тракта в запердельном волноводе суперзапердельные волноводы цепей фильтрации питания МШУ, исключение неререгулярностей запердельного волновода тракта сигнала

Формирование рабочей полосы

Проектирование и изготовление микрополосковых полосно-пропускающих фильтров (ППФ), обеспечивающих подавление зеркальных частот приема, обусловлена значительной широкополосностью МШУ на базе МИС.

Применение волноводного ППФ невозможно вследствие габаритов. Разработан 5-ти звенный микрополосковый ППФ, обеспечивающий требуемое подавление зеркальных частот.

Требование устойчивости работы МИС, нагруженных на ППФ (имеющих, как правило высокие КСВ в полосе запердания) при криотемпературах.

Габариты.

Применение микрополосковых вентилях для уменьшения габаритов МШУ (в перспективе - многоканальный радиометр)

1. Недостаточный коэффициент усиления в совокупности с неустойчивостью транзистора приводит к необходимости реализации неоптимальных цепей согласования и, как следствие, ухудшению СВЧ параметров усилителя в целом.
2. Конструктивные недостатки разработанного МШУ-8-2003: ГИС расположены вне запердельного волновода, который бы позволил существенно уменьшить возможности распространения низких, по отношению к рабочему диапазону, частот. Возможность распространения многомодовых объемных колебаний может приводить к появлению многочастотных обратных связей, способных вывести НЕМТ из условий устойчивой работы как вне, так и в рабочем диапазоне частот. При этом для обеспечения устойчивой работы транзисторов приходится корректировать согласующие цепи в сторону ухудшения их добротности и неоптимальности согласования. Это в свою очередь приводит к снижению коэффициента усиления и возрастанию шумовой температуры ГИС и усилителя в целом.

3. Решение проблемы устойчивости

3.1. Держатель №2

- Использование конструкции ГИС типа "волноводная вставка", обеспечивающей полную экранировку микрополоскового тракта в запердельном волноводе (ФГР1 \geq 2ФРАБ), в составе многокаскадного усилителя обеспечит требуемую электромагнитную обстановку, способствующую устойчивой работе дискретных транзисторов и МИС.

3.2. Держатель №3

- Отказ от наличия нескольких последовательно соединенных держателей (возникают волновые неопределенности в месте стыка):
- исключается воздушный шлейф между соединяющей каскады микрополосковой линией и общим основанием, на котором установлены держатели,
- исключается резкая нерегулярность запердельного волновода, образованная неплотным прилеганием торцов держателей друг к другу,
- исключается нерегулярность в местах стыковки держателя с волноводно-микрополосковым переходом корпуса усилителя.
- Наличие такого рода неопределенностей в совокупности с изменением условий согласования активных элементов при их глубоком охлаждении может приводить к возникновению условий для самовозбуждения МШУ в различных частотных диапазонах.

- 3.3. Вводы подачи стокового и затворного напряжений транзистора должны быть изолированы друг от друга (электро-радио герметичность). В противном случае, как правило, возникает самовозбуждение в мегагерцовом диапазоне. Использование микрополосковых заграждающих фильтров расположенных в суперзапердельных волноводах (ФГР2 \geq 5ФРАБ). При этом необходимо геометрически разнести каналы подачи питания стоковой и затворной цепей, с целью максимального сохранения регулярности основного запердельного канала. В противном случае возникает неконтролируемая (в виду открытых концов и наличия симметричных связанных проволочных индуктивностей) нерегулярность в запердельном волноводе.