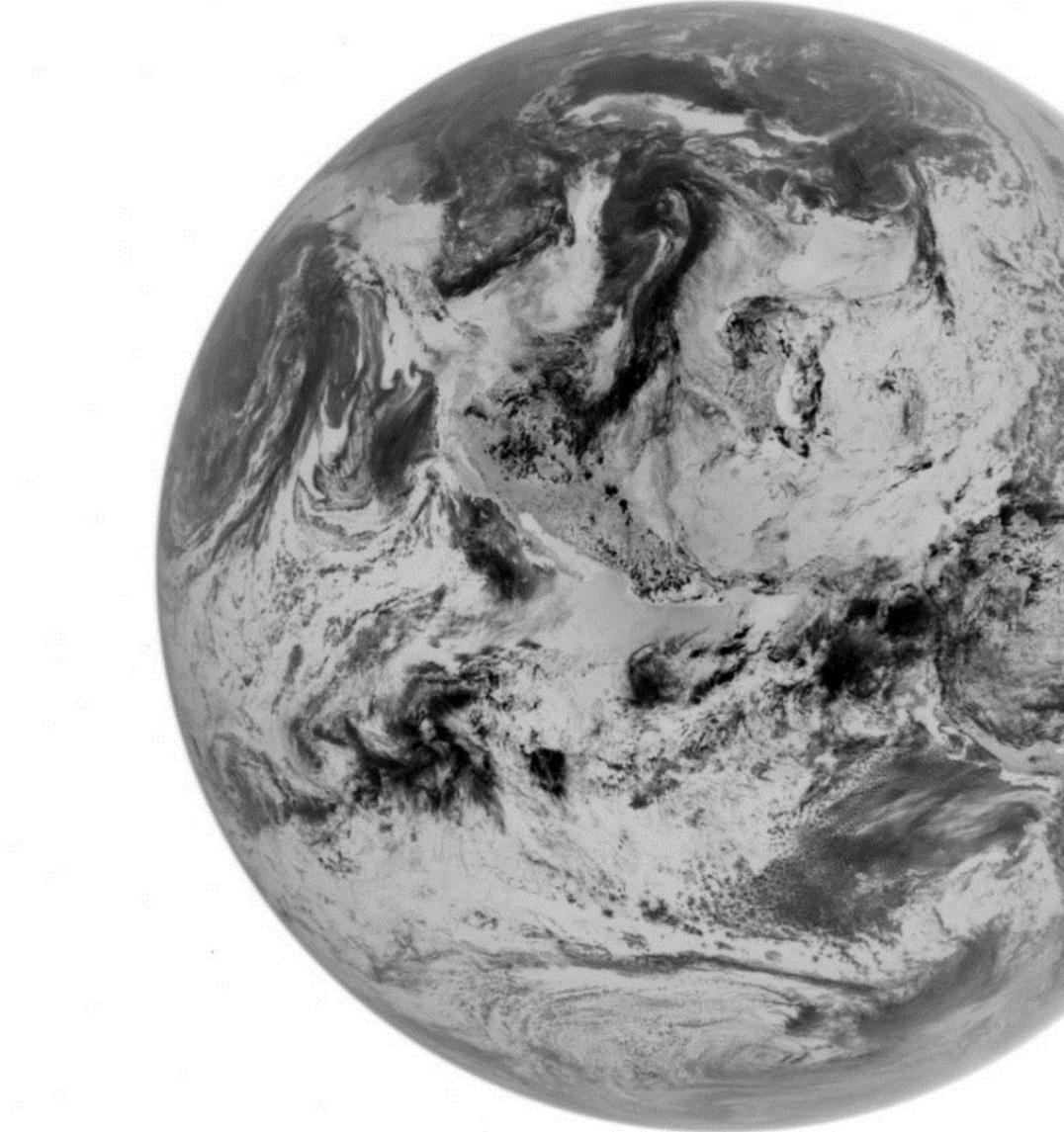


Matrix Wave

Satcomrus 2025

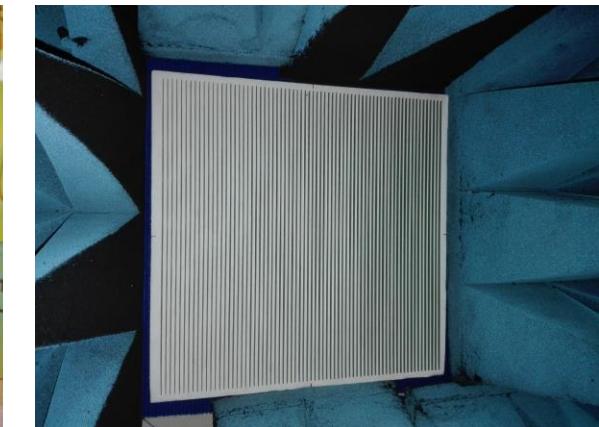
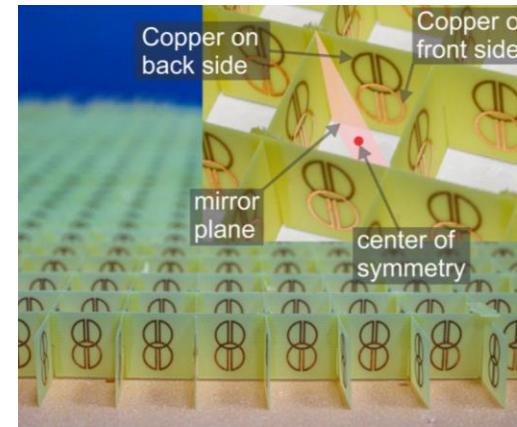
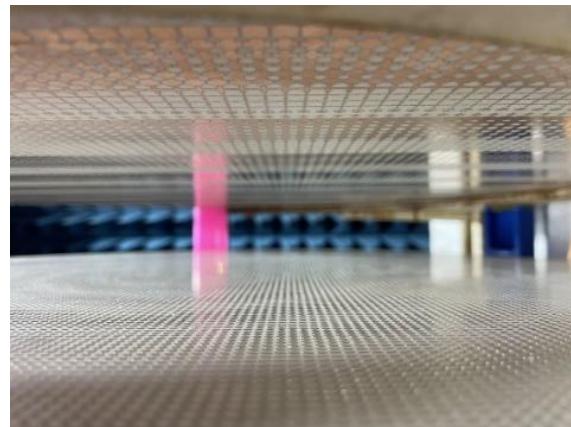
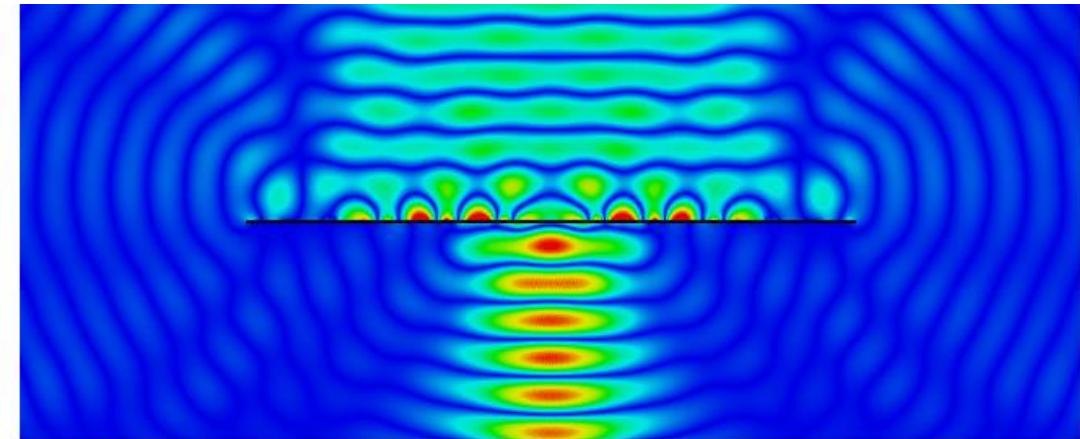
Спутниковые терминалы с тонкими и легкими
метаповерхностными антеннами

Алексей Космынин
Сентябрь 2025



Технология. Метаповерхности

Метаповерхности – сетчатые структуры, позволяющие получать новые свойства и качественные особенности при управлении и формировании полем.



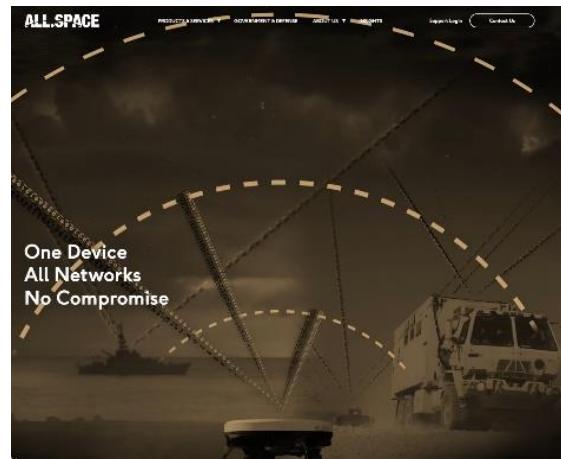
Примеры решений на метаповерхностях

Kapta Space

KAPTA SPACE

Kapta Space is developing dual-use, low-cost electronically steerable arrays (ESAs) sensors to launch a Space Based Radar (SBR) constellation for Earth Observation. Their Metasurface antenna technology delivers time-critical data analytics in near real-time to help customers make informed decisions on time, facilitating new opportunities in 1) the commercial Synthetic aperture radar (SAR) data market, which has been limited by high costs and small area coverage, and 2) the military domain, which needs persistent Moving Target Indications (MTI) to ensure rapid responses to natural security threats.

Sites: CDL-Alameda, CDL-Oakland, CDL-Paris, CDL-Toronto
Cohort Year: 2023/24
Stream: Space
<https://dotainc.com/company/kaptaspace>



THE ECHODYNE ADVANTAGE

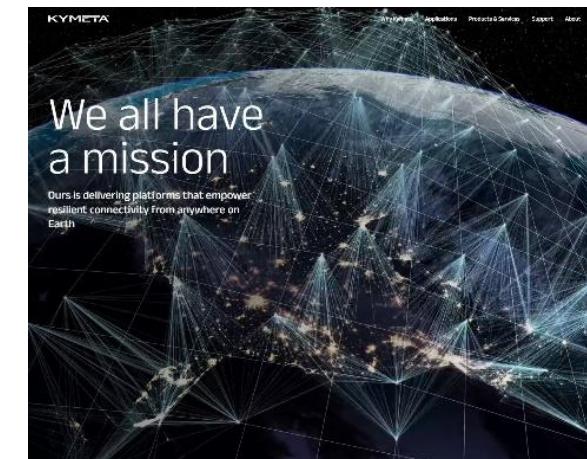
MESA®

Echodyne's proprietary metamaterials electronically scanned array (MESA) is a rare technology breakthrough in radar design and manufacturing.



A MESA radar uses common or special way to precisely steer a denser array without phase shifter maintenance of any kind.

With radically reduced size, weight (SWaP-C), Echodyne's MESA advanced radar solutions for many applications, and more users a commercial radar can achieve, be impossible now has its own design engineering textbook.



Технологические возможности МП

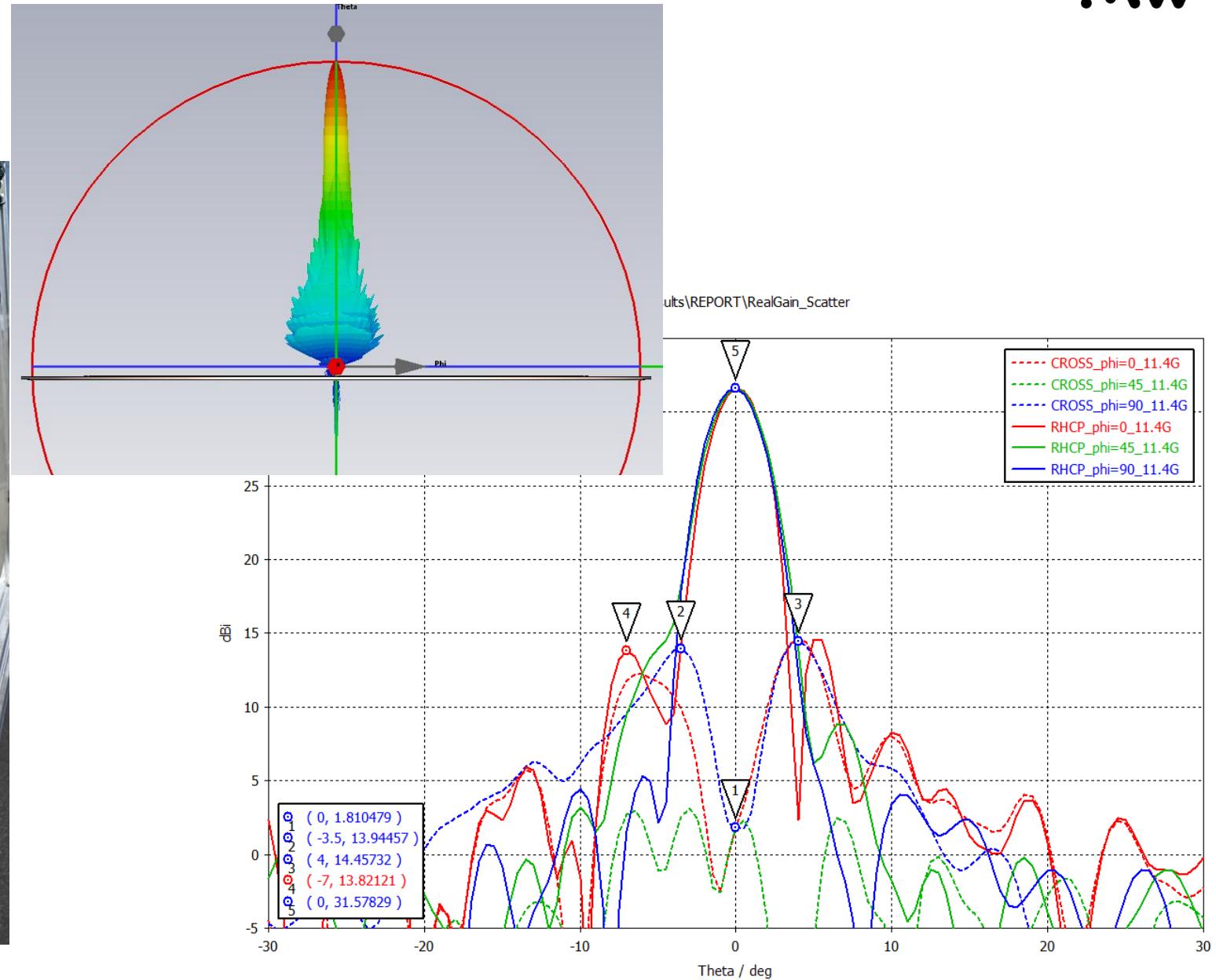
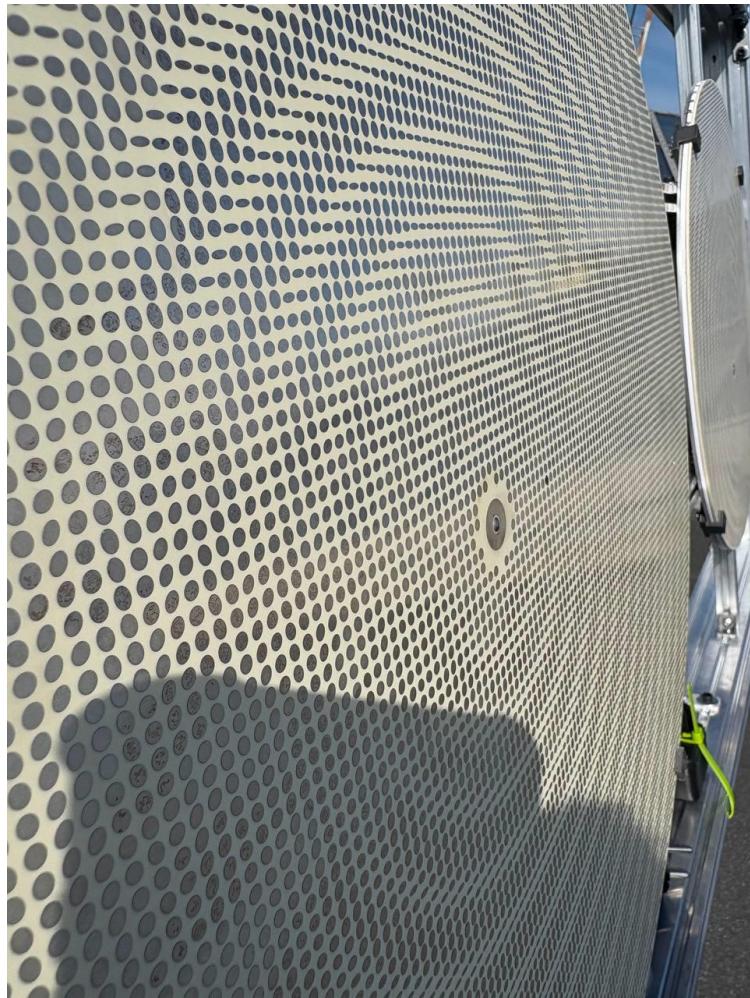
Ниже приведены достижимые параметры технологии МП и план по их совершенствованию

Параметр	2025	2026	2027
Частота	До 30 ГГц	До 60 ГГц	До 110 ГГц
Полоса	7 %	11%	20%
КУ	33 дБи	36 дБи	39 дБи
КИП	50%	65%	80%
Сканирование*	± 50	± 60	± 70
Электронное сканир.	нет	нет	гибридное
Два диапазона	нет	да	да
Масса**	15 кг	8 кг	5 кг
Параметр	2025	2026	2027

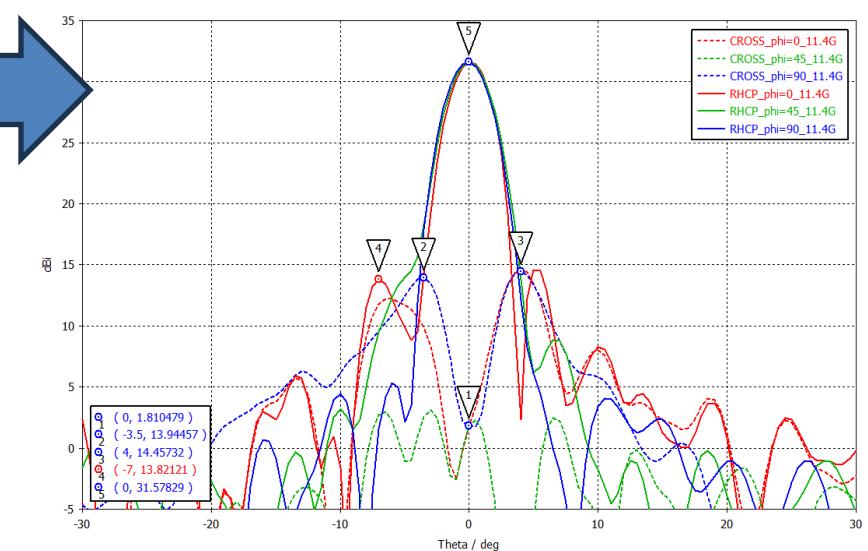
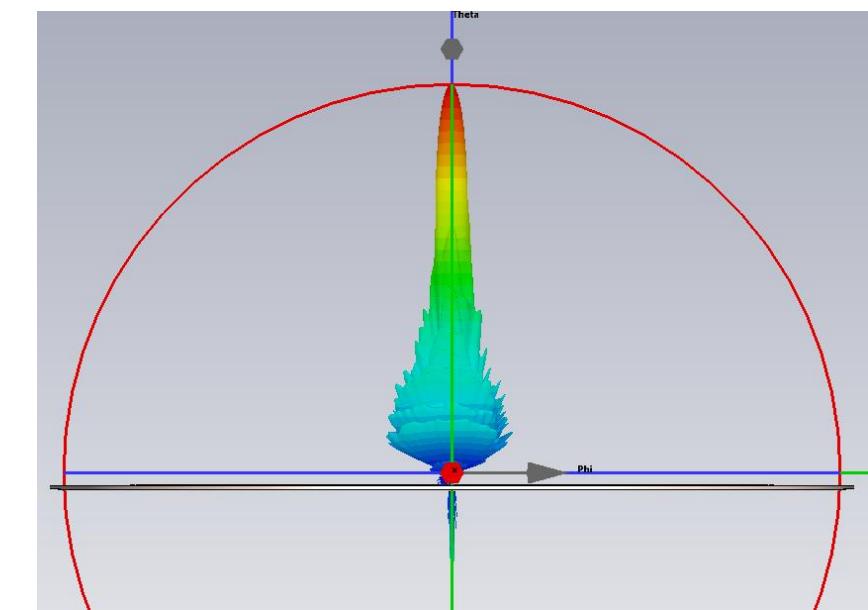
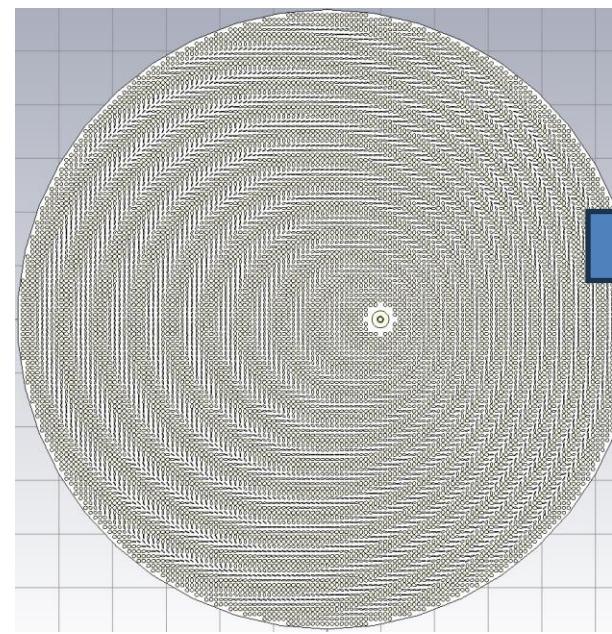
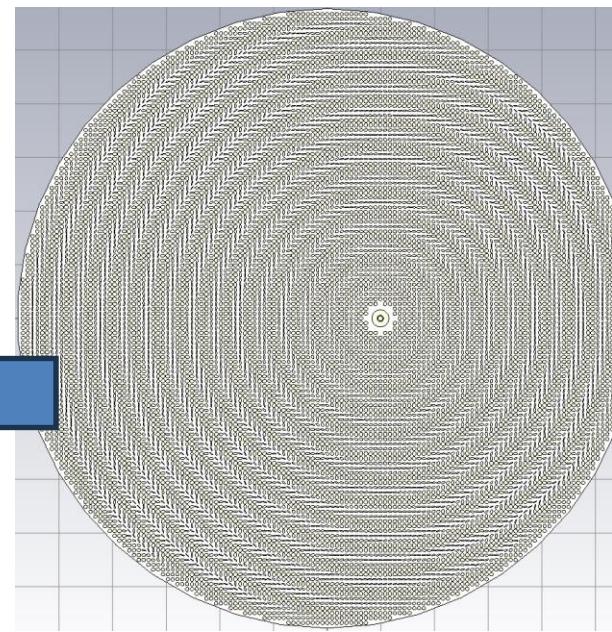
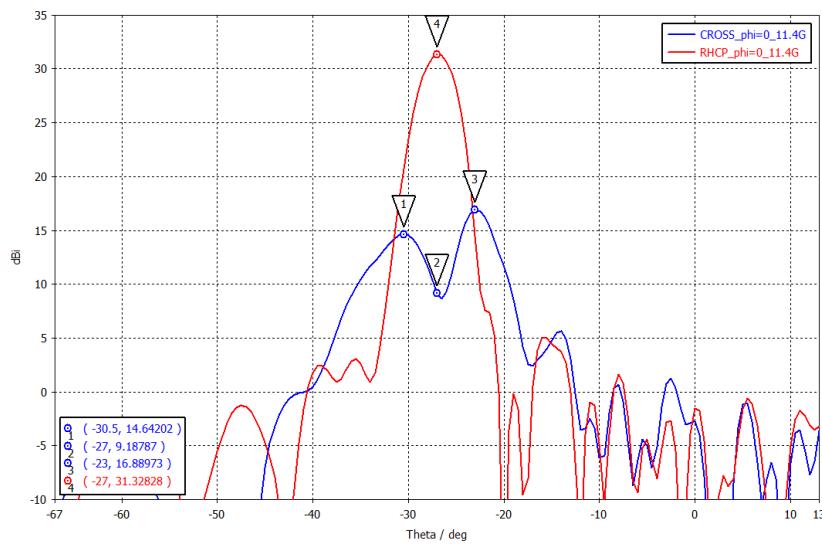
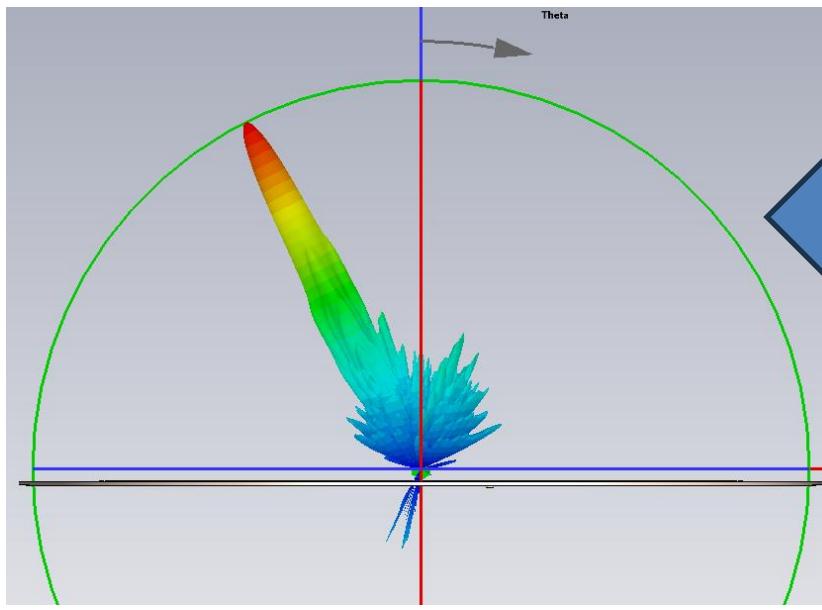
*Сканирование с сохранением параметров терминала (уровень боковых лепестков, кросс-поляризационная развязка и др.)

**Масса антенного блока – эквивалента VSAT 0,6м

Пример МП



Пример МП 2



Отклонение луча

Зарубежная команда

Австралия / Торонто

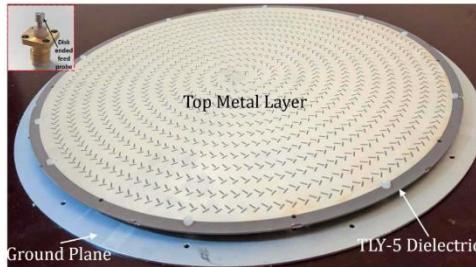


Fig. 16. Photograph of the assembled RLSA. The dark gray color part is the dielectric substrate that extends beyond the active aperture for assembly

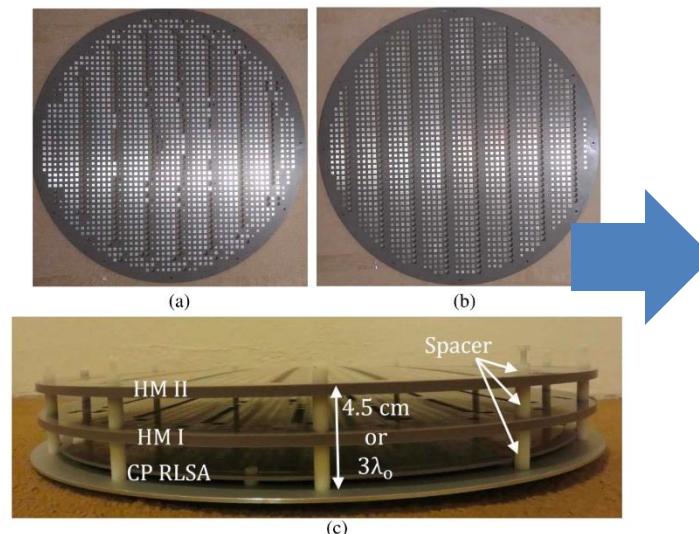
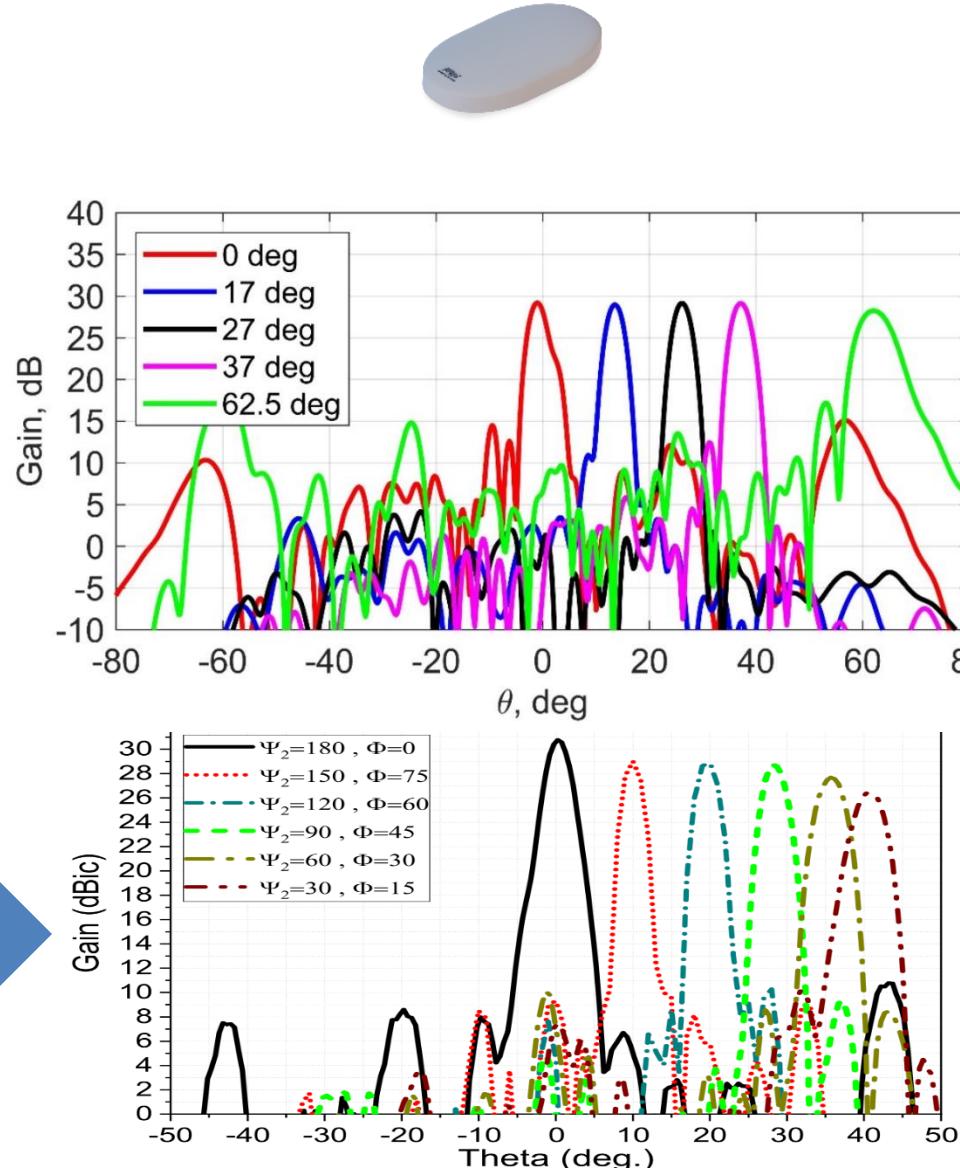


Fig. 17. Photographs of the fabricated HMs and the assembled antenna system. (a) HM-I. (b) HM-II. (c) Antenna system prototype.



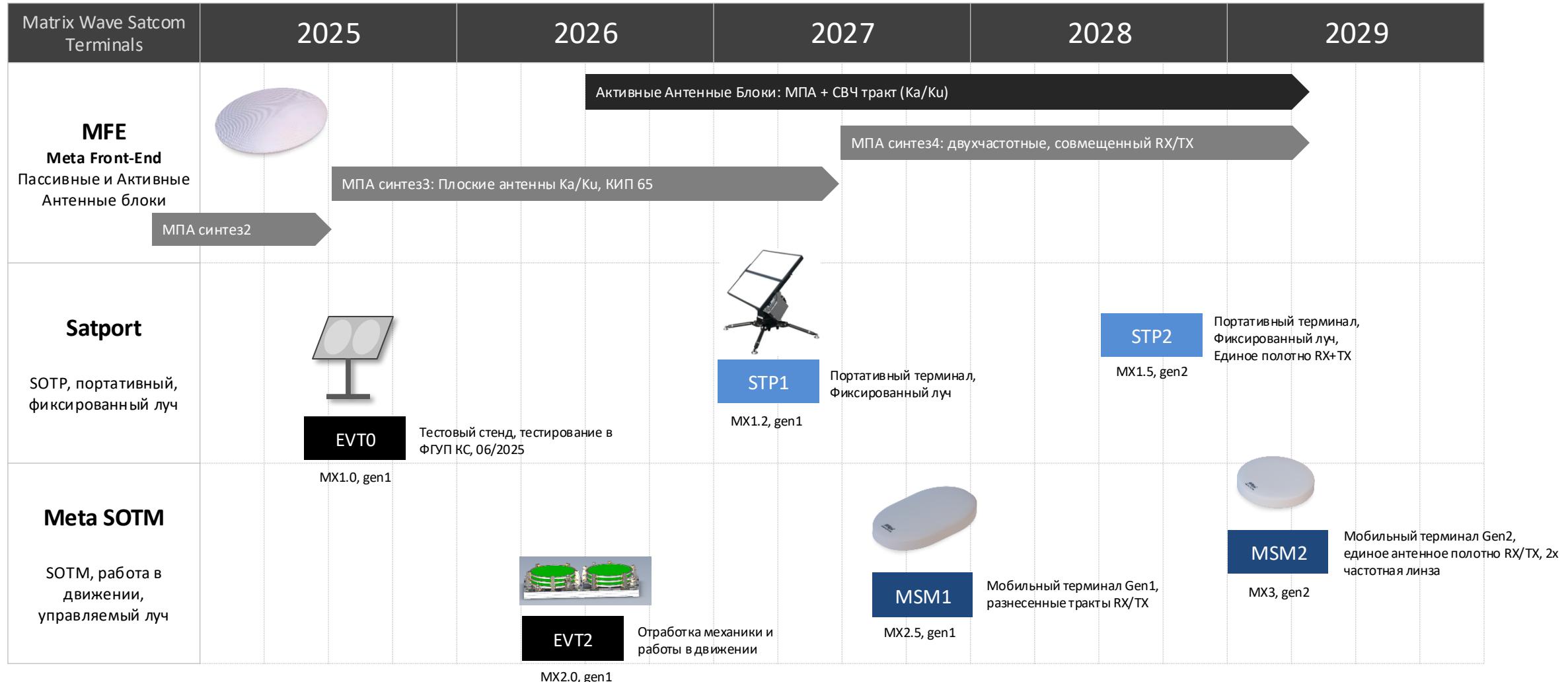
Наш результат



Выводы:

- 1) Обошлись без волноводно-щелевых антенн и с одним «блином»
- 2) Сектор сканирования больше, а снижение КУ меньше

Спутниковые Абонентские Терминалы и Антенные Блоки



Платформы МХ

Платформы МХ (эм-икс) лежат в основе разработок собственных терминалов MatrixWave, а так же используются для совместных проектов с заказчиками (joint R&D, Спецпроекты). Платформа отражает стабильный набор технологий, функционала

Платформа	Для чего используется	Соответствие продуктам	Описание	Начало Использ.
MX0	Начальные разработки терминалов	MX0.1: EVTO STP/MSM	Испытательные Образцы для тестирования	2025
MX1	Фиксированные терминалы Satport Gen1 / Gen2	MX1.0: STP0 (EVT1 STP1) MX1.2: STP1 MX1.5: STP2	Платформы для терминалов с Фиксированных лучем Gen1/Gen2. Gen1: раздельные Tx/Rx антенны. Gen2: Совмещенная Tx+Rx антенна. Интегрированный СВЧ, интегрированный модем, Автонаведение	2025
MX2	Подвижные терминалы Meta SOTM Gen1	MX2.0: EVT2 MSM1 MX2.5: MSM1	Платформы для терминалов с Управляемым лучем Gen1 (2 блина Tx/Rx). Антенный Блок МПА + Металинза + Поляризатор. Система Механики. Интегрированный СВЧ, интегрированный модем, Автонаведение	2026
MX3	Подвижные терминалы Meta SOTM Gen2	MX3.x: MSM2	Платформы для терминалов с Управляемым лучем Gen2 (1 блин Tx+Rx). Антенный Блок МПА + Металинза + Поляризатор. Система Механики. Интегрированный СВЧ, интегрированный модем, Автонаведение	2027-2028
MX4	TBD		Единая Платформа для AT MatrixWave. Электронное Управление – изучение	2028-2029

Satport – Портативный Спутниковый Абонентский Терминал

STP1



Антенная система

- AC Matrix Wave на основе метаповерхностей
- Частотный Диапазон Ku
- Ku, Апертура: 0,6м, MSA s3
- ПРД/ПРМ раздельно, складной дизайн
- Интегрированный СВЧ
- Мощность Tx (ЭИИМ): 41 дБт
- Добротность Rx (g/t): 5~6 дБ/К

Аппаратная платформа, модем

- Спутниковый маршрутизатор
- Стандарты DVB-S2/DVB-S2X, LDPC TDMA
- Модуляция BPSK, QPSK, 8PSK, 16/32/64/128/256 APSK
- Передача данных DL: до 100; UL: до 10 Мбит/с
- Модуль AHRS (навигационная система) MW
- Встроенный роутер
- 2x Gigabit 10/100/1000 Base-T Ethernet

Сроки готовности

- Полнофункциональный макет: Q2-26
- Коммерческий образец: Q4-26

Режимы работы, ПО

- Фиксированный Спутниковый Сервис (ФСС)
- Передача через ГСО, 10+ Мбит/с
- Авто наведение
- Web интерфейс модема, Возможность кастомизации
- Обновление ПО

Эксплуатация, Комплект

- Масса: <15 кг
- Габариты
- Водонепроницаемый корпус
- ВВФ: -40/+40
- Кронштейн с ОПУ
- Кабели питания на 220V AC
- Кабель Ethernet, Кейс-рюкзак
- Транспортный ударопрочный кейс
- Инструкции, сертификаты соответствия

Сертификация

- Степень защиты: ГОСТ 14254-2015 (IP54)
- ТР ТС 020/2011, ТР ТС 037/2016, ТР ТС 004/2011, ТР ЕАЭС 048/2019
- ССС Минцифры, Нотификация, КИИ / ТОРП (опционально)

Примеры на рынке



Thinkom Thin Pack

Компактный портативный носимый АТ Ku / Ка диапазона на базе технологии CTS (VICTS) ([ссылка](#))



StarWin FL30P-E

Flat-Panel Auto Portable Terminal Mini , Масса: 9,5 кг;
Эквивалент парабол: 0,35M; Ku диапазон
([ссылка](#))

Meta SOTM - Спутниковый Абонентский Терминал Matrix Wave

MSM1

Антенная система

- АС Matrix Wave на основе метаповерхностей
- Частотный Диапазон Ku
- Tx антenna: MSA+2xMSL, 0.6м, КУ=34дБ
- Rx антenna: MSA+2xMSL, 0.6м, КУ=32дБ
- Интегрированный СВЧ
- Мощность Tx (ЭИИМ): 41 дБВт
- Добротность Rx (g/t): 5~6 дБ/К
- Система механических приводов MW

Аппаратная платформа, модем

- Спутниковый маршрутизатор
- Стандарты DVB-S2/DVB-S2X, LDPC TDMA
- Модуляция BPSK, QPSK, 8PSK, 16/32/64/128/256 APSK
- Передача данных DL: до 100; UL: до 10 Мбит/с
- Модуль AHRS (навигационная система) MW
- Встроенный роутер
- 2x Gigabit 10/100/1000 Base-T Ethernet

ПО

- Web интерфейс модема
- Возможность кастомизации
- Обновление ПО

Сроки готовности

- Полнофункциональный макет: Q2-26
- Опытный образец: Q4-26
- Коммерческий образец: Q3-27

Режимы работы и Сервисы

- Орбитальные группировки: ГСО, НГСО, СКО, ВЭО
- Поддержка Спутниковых связей, навигации, ДЗЗ, МКА
- Фиксированный Спутниковый Сервис (ФСС)
- Подвижный Спутниковый Сервис (ПСС) до 300 км/ч
- Направление на Спутник (угол места) 30 градусов,
- Возможность поддержки меньших углов

Эксплуатация

- Масса терминала ~30 кг
- Габариты 1350 x 650 x 250 мм
- Потребление: 400 Вт, 24V DC или 220V AC
- Температура эксплуатации: от -40°C до +40°C
- Монтаж: горизонтальная поверхность
- Монтажные комплекты для различных транспортных средств

Комплект

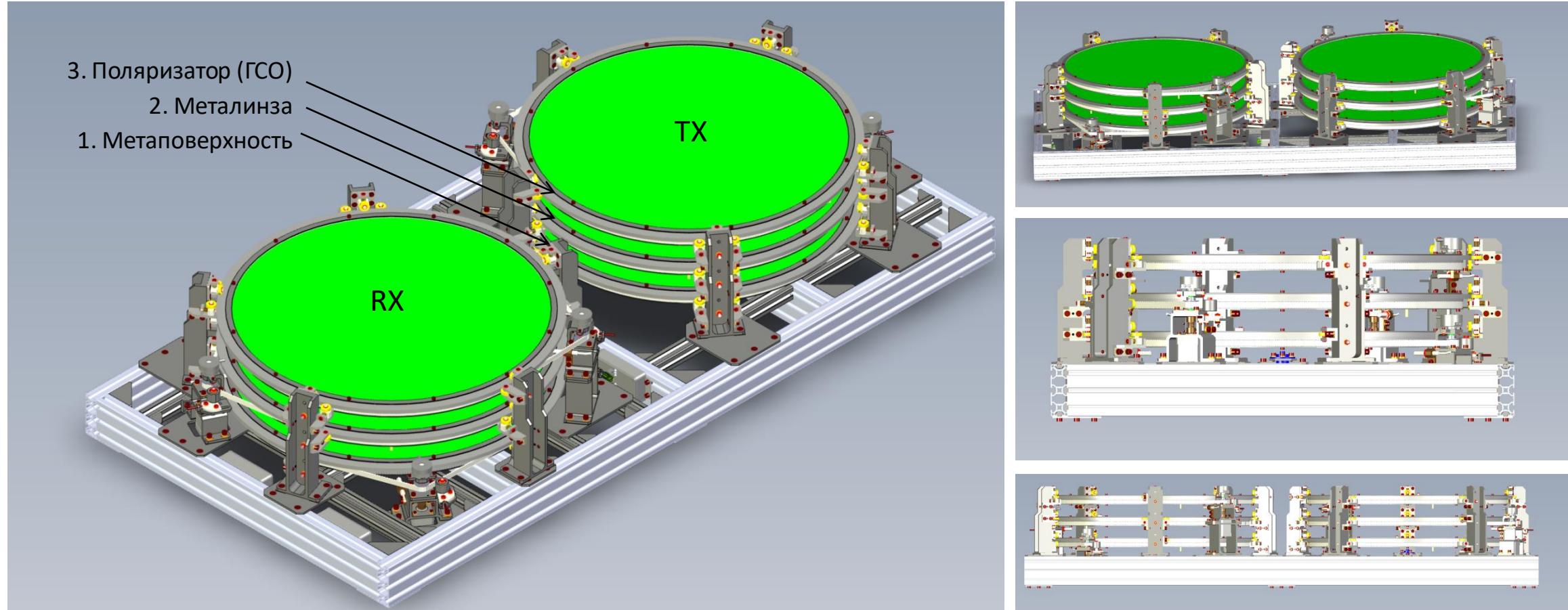
- Транспортный ударопрочный кейс
- Оптоэлектрический кабель 25 м (конвертер-терминал)
- Медиаконвертер оптический
- Кабель питания конвертера 2 м (IEC C13 - 220В)
- Кабель 8P8C (Ethernet) 3 м, 1000 BASE-T(x)
- Инструкции, сертификаты соответствия

Сертификация

- Степень защиты: ГОСТ 14254-2015 (IP54)
- ТР ТС 020/2011, ТР ТС 037/2016, ТР ТС 004/2011, ТР ЕАЭС 048/2019
- CCC Минцифры, Нотификация, КИИ / ТОРП (опционально)



МХ2.0 – R&D прототип, механика, наведение, поддержка работы в движении

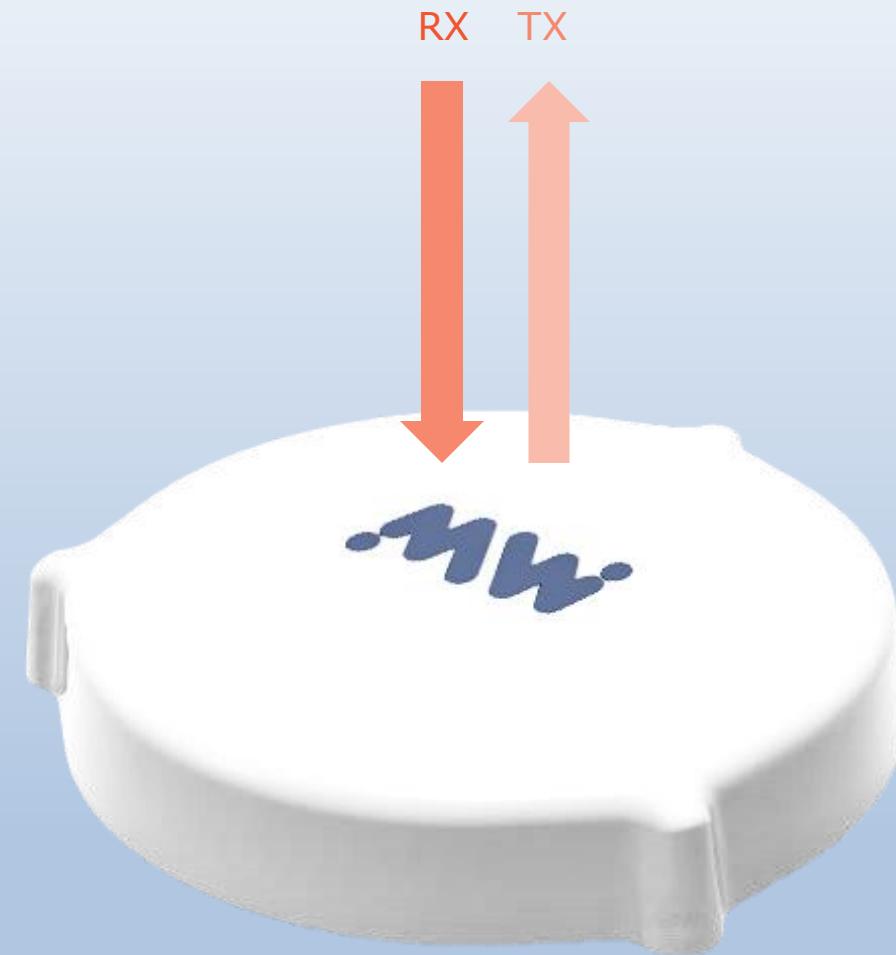


Стадия EVT2

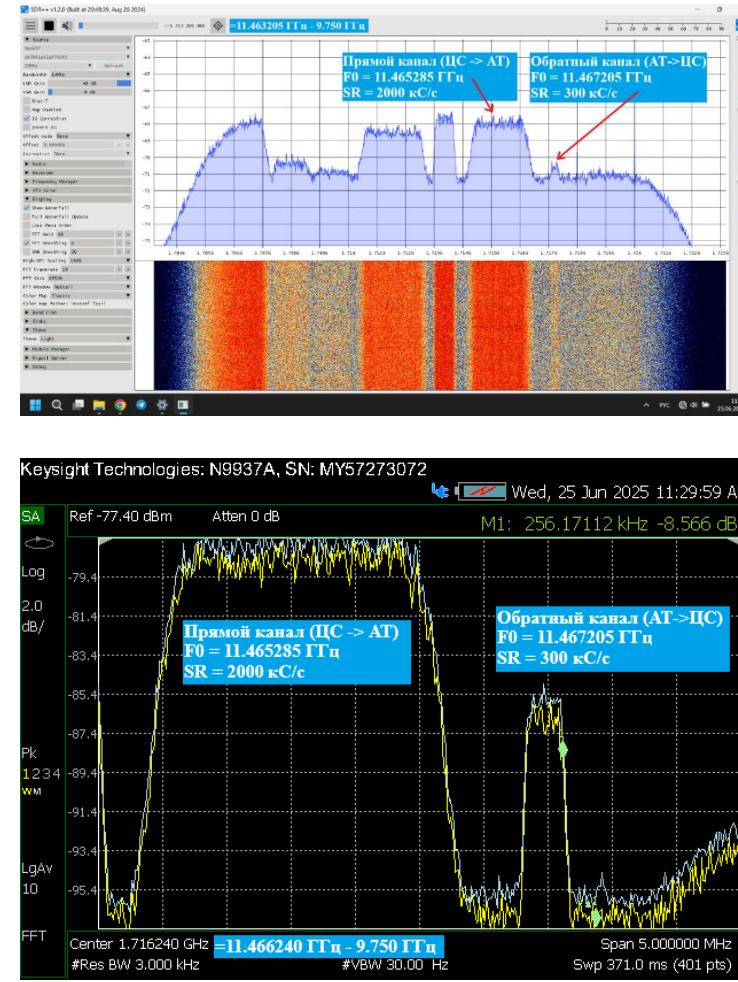
На стадии EVT3 проводится разработка упрощенной конструкции с уменьшенными МГХ и электропотреблением / мощностью, идет разработка электронного поляризатора (минус Зй блин)

Gen2

Совмещение Tx и Rx в одном полотне
(2x-частотная МПА и линза) – в дорожной карте,
технический облик – начало 2026,
коммерциализация в 2028



Эксперимент на ЦКС «Медвежьи озера»

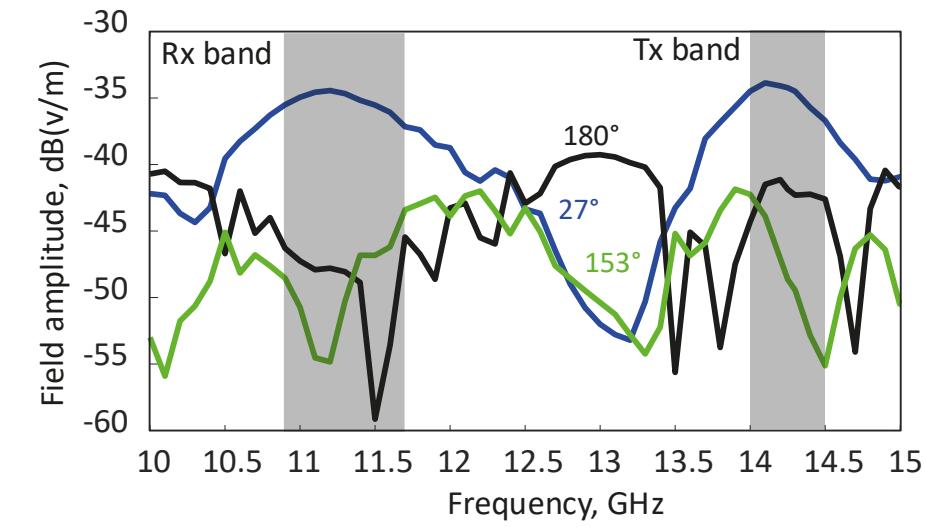
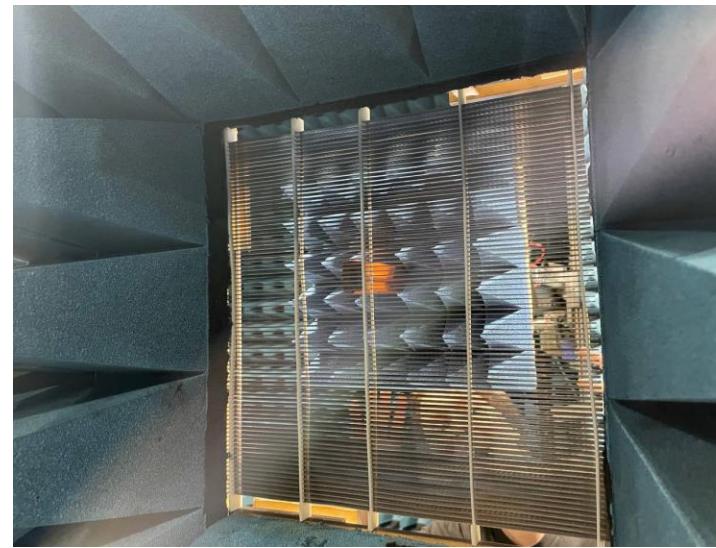
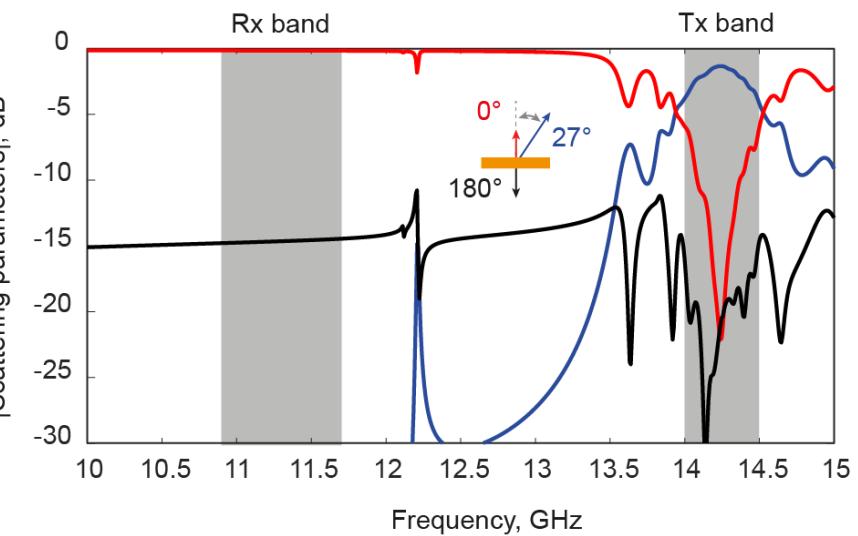
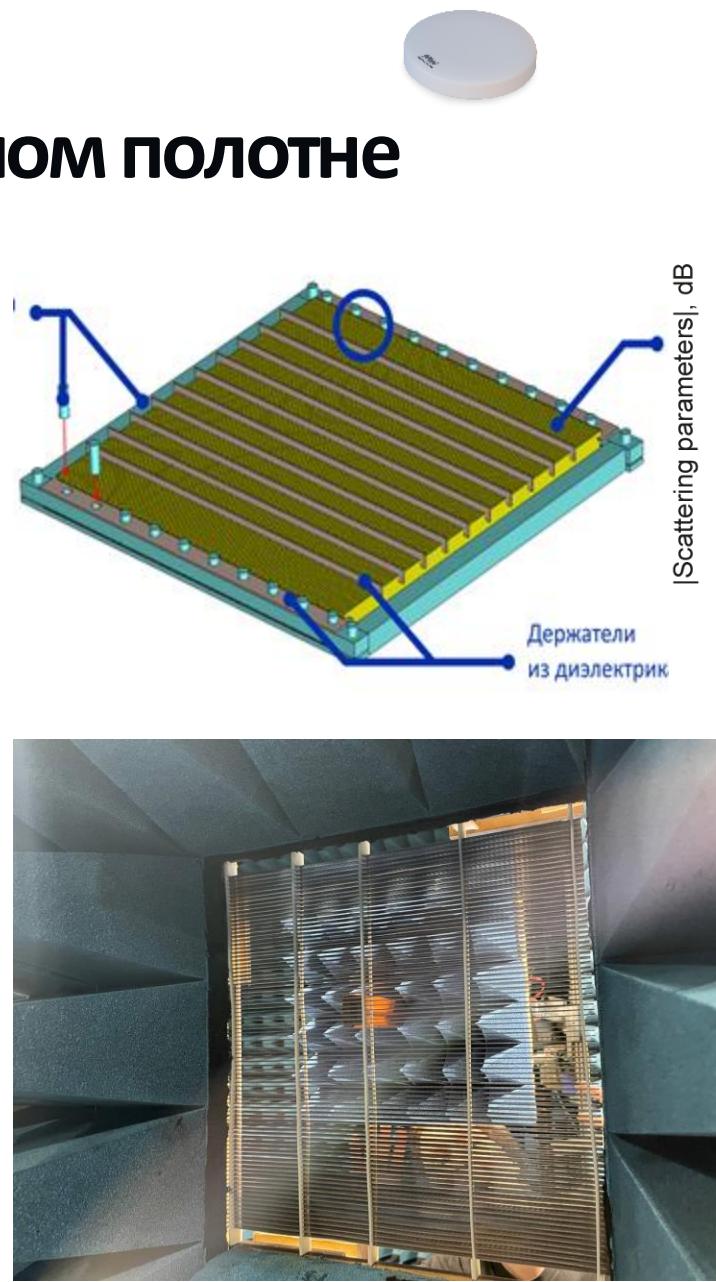
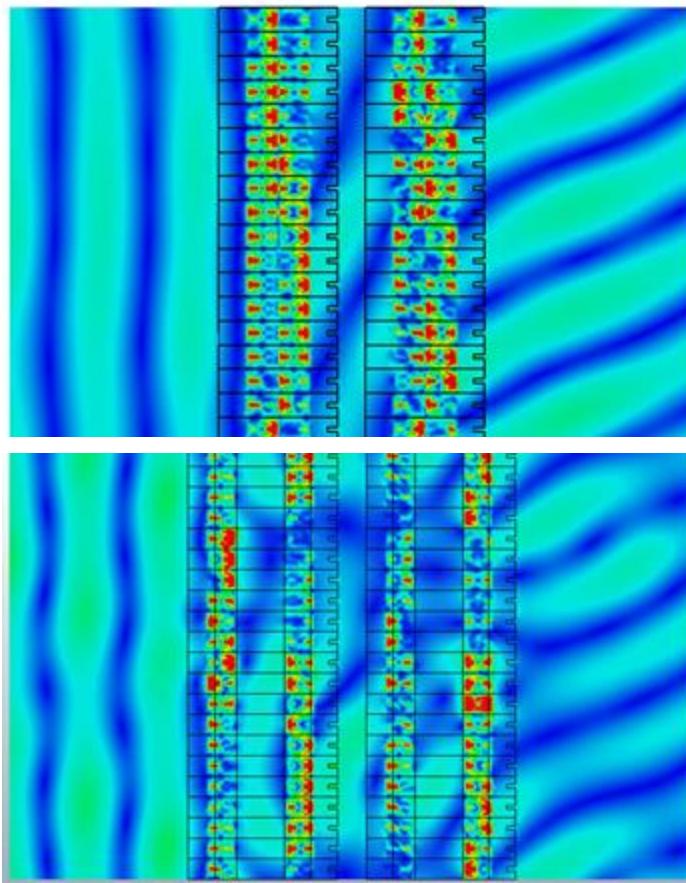


Выводы:

- 1) Место проведения ЦКС «Медвежьи Озера», ФГУП КС, Июнь 2025, Спутник Экспресс АМ7, Ку, диаметр антенны ЦС - 5м
- 2) Цель Эксперимента: установить связь, зафиксировать скорости ПД вверх и вниз
- 3) Использовались лёгкие (1кг) плоские (2,5мм) метаповерхностные антенны, диаметром 430мм (Tx) и 580мм (Rx), изготовленные по технологиям печатных плат (PCB)
- 4) С излучаемой мощностью 1Вт достигнута скорость обратного канала 1Мбит/с в полосе 360Гц
- 5) В прямом канале так же установлена связь, фокус был на обратный канал

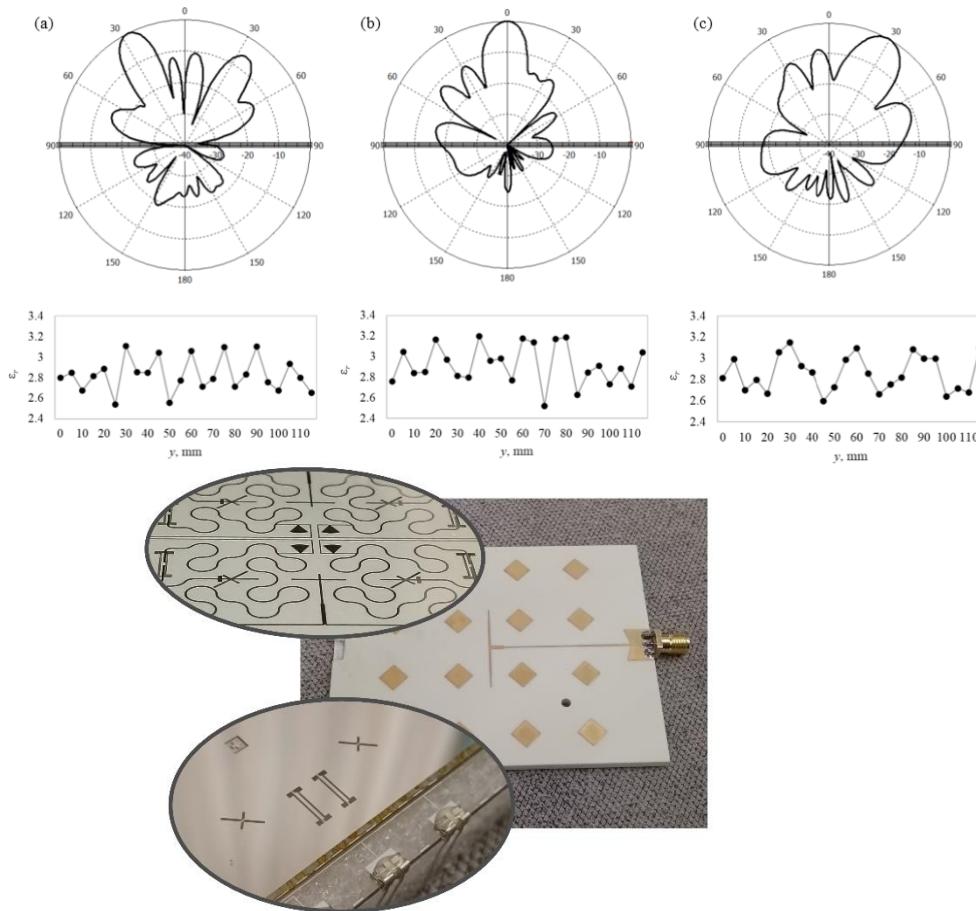
успешно установлен канал с помощью АТ на метаповерхностных антенах

Два диапазона в одном полотне

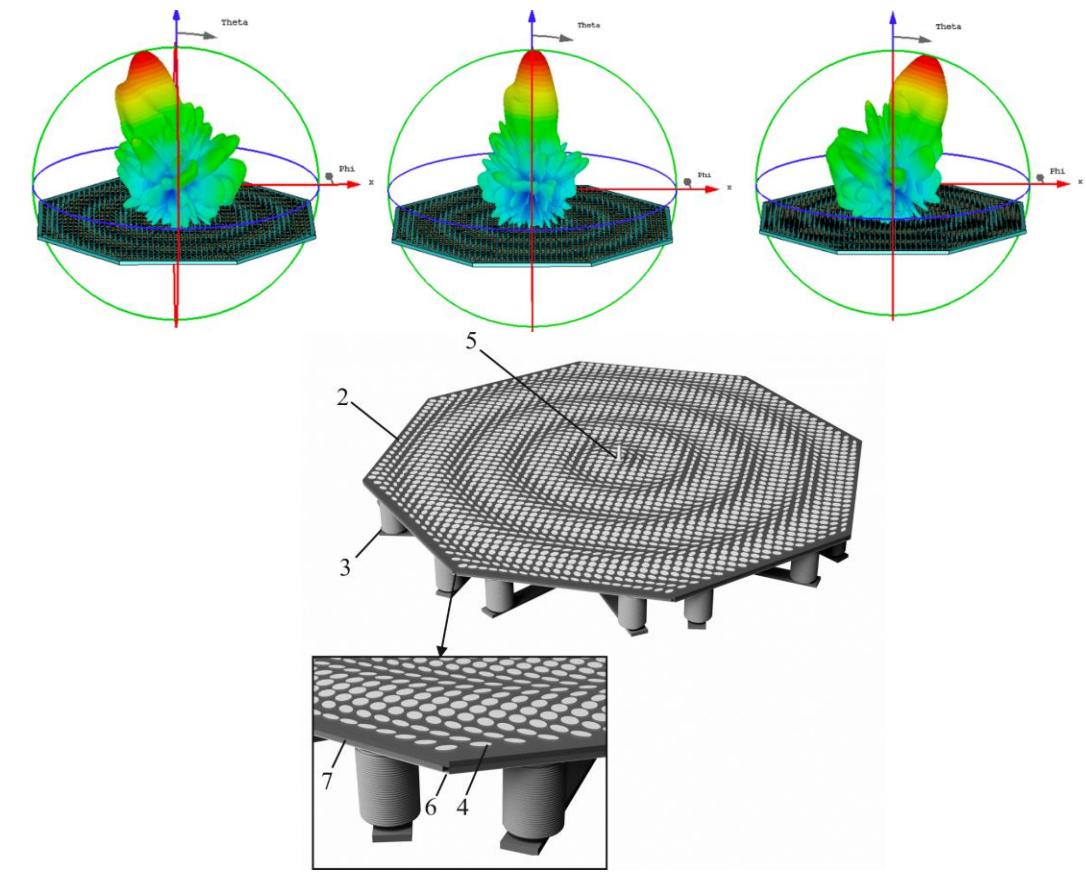


Электронное сканирование МП

Жидкий кристалл (результат ИТМО)



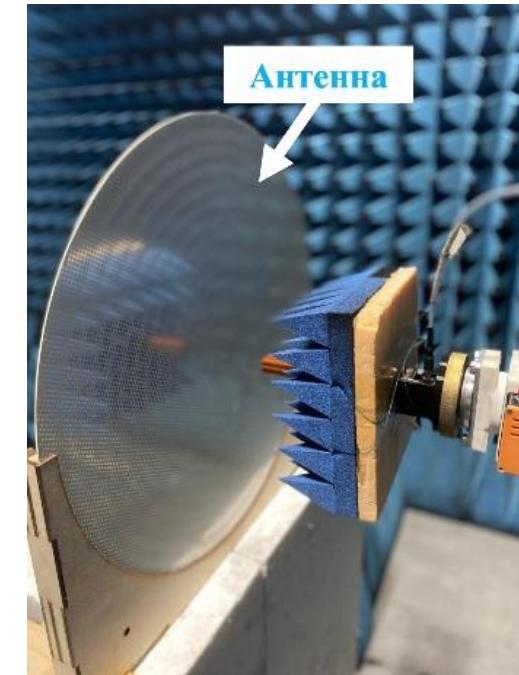
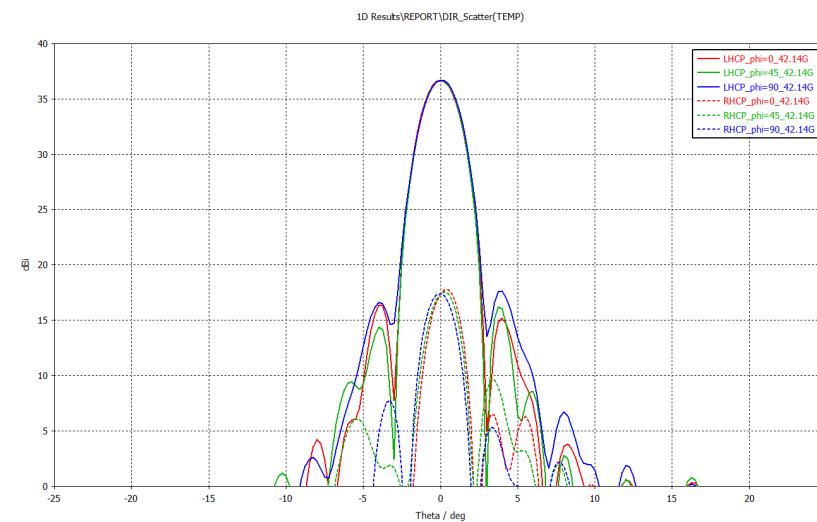
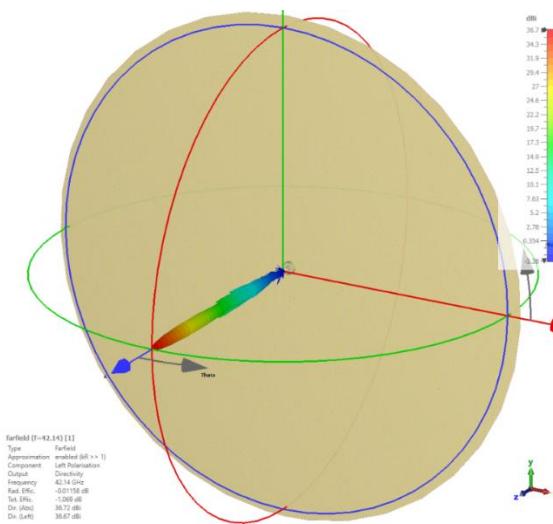
Феррит (результат МВ)



Так же: сегнетоэлектрики, pin / варакторные диоды, гибрид ФАР

Диапазоны Q/V/W/E

Технология метаповерхностей эффективно работает на высоких частотах. В настоящий момент ведется инициативная проработка терминала для Ка-диапазона. С возможностью дальнейшего увеличения.



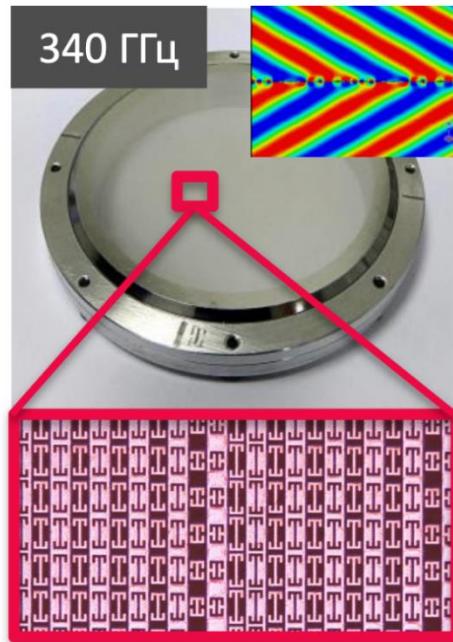
*В качестве примера приводится результат моделирования антенного блока на частоту 44 ГГц для системы в Q-диапазоне

*Пример изготовленной антенной системы на метаповерхности для Ku в составе терминала связи

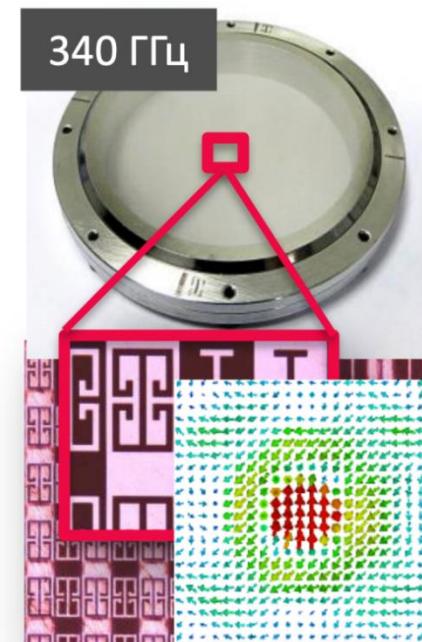
Диапазоны суб-ТГц

Примеры разработок для диапазонов суб-ТГц. На слайде представлены результаты работы в кооперации ИТМО и НГУ.

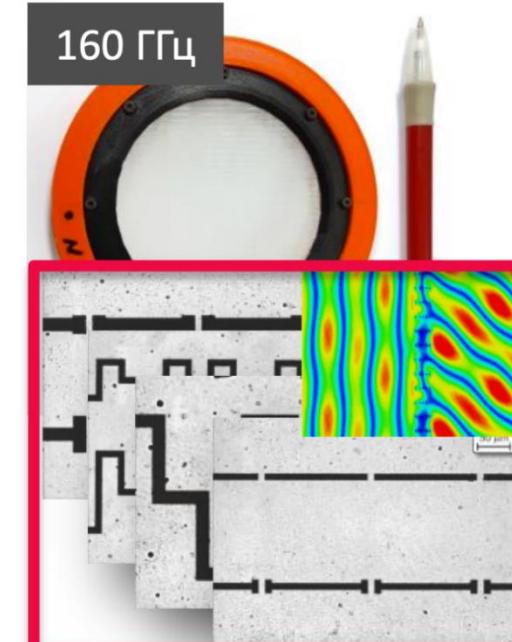
Отклоняющий делитель



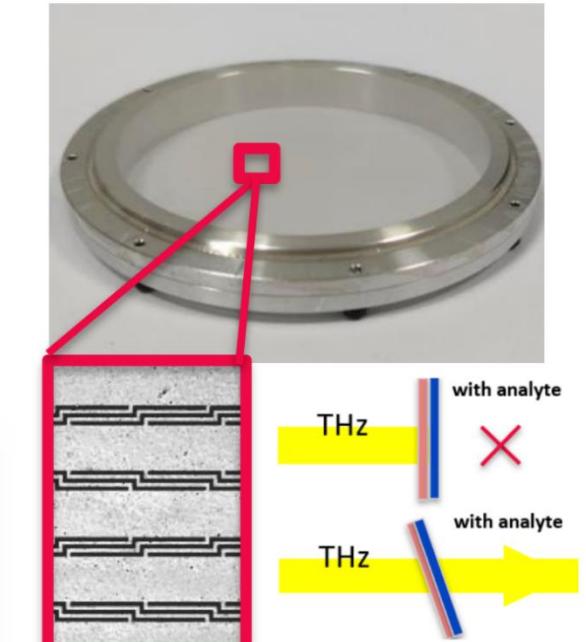
Фокусирующий делитель



Неотражающий рефрактор

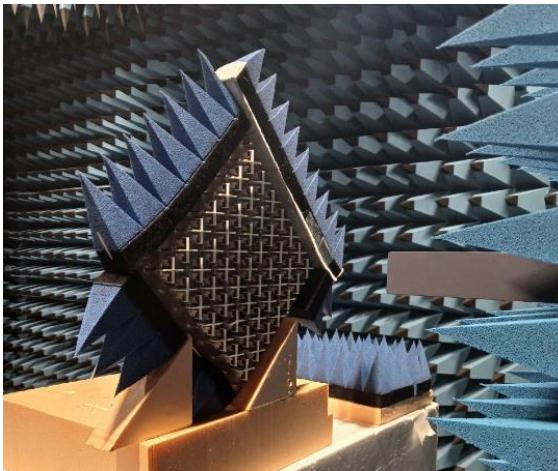


Угловой сенсор тонких пленок

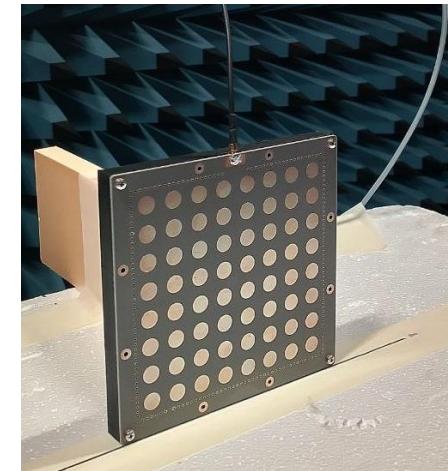


Опыт компании в других задачах

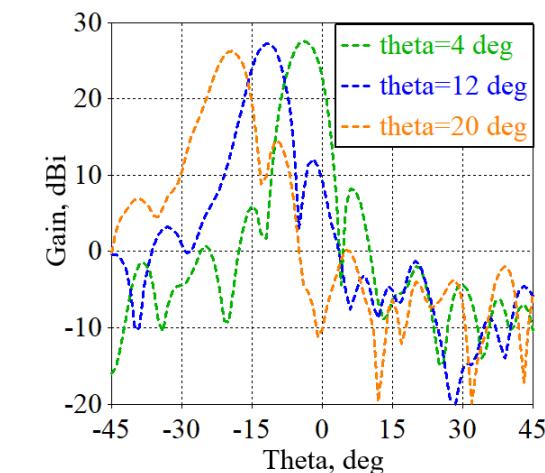
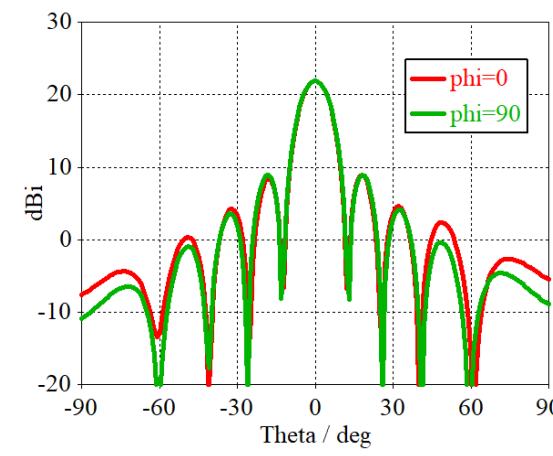
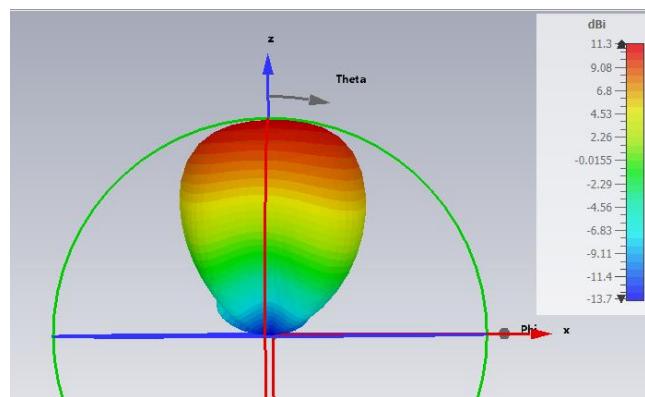
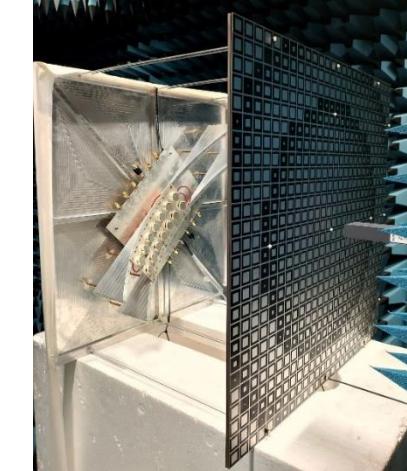
Многолучевые антенные решетки с
лучом специальной формы



Антенные решетки для X
/ Ки диапазона

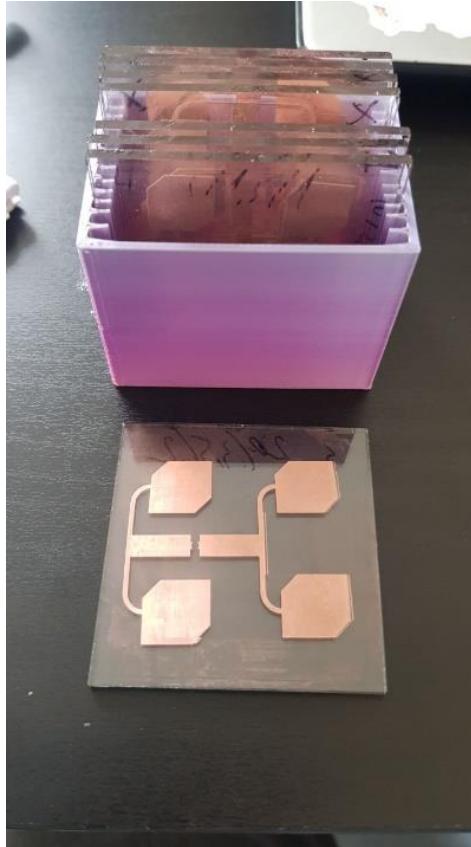


Линзовье многолучевые антенны
на сверхтонких линзах



*Кроме приведенных примеров имеется большой опыт в других областях антенных систем и устройств

Прозрачные антенны



Ведется работа в области использования нестандартных диэлектриков (типа стекла) с методами нанесения металлизации.

А так же в области прозрачных антенных систем.

Спасибо за внимание!

Космынин Алексей

alekseykosmynin@matrixwave.tech

+7-999-248-63-04

