

LEO Phased Array Antenna Design - A Case Study

5G



rapidtek®

Alex Chou

Rapidtek Technologies Inc.

THINK FUTURE
ACT NOW



Outlines

[A] Introduction – Rapidtek Technologies Inc.

[B] The develop trend of LEO satellite

[C] phased array design for payload and UT applications

[D] Q&A

Outlines

[A] Introduction – Rapidtek Technologies Inc.

[B] The develop trend of LEO satellite

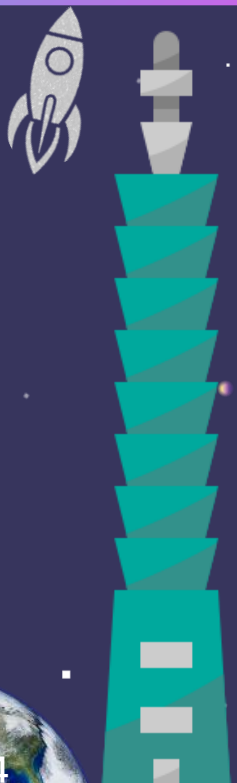
[C] phased array design for payload and UT applications

[D] Q&A

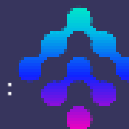


Introduction

Rapidtek since 2006/12
(OVER 15 YEARS OF EXCELLENCE)



- ✓ **Employees - 70, R&D 25, PhD 3 (est 90 by end of 2022)**
- ✓ **Location - New Taipei City, Taiwan**
- ✓ **Partnership - USA / Malaysia/ Israel / Vietnam**
- Antenna array product and measurement system development ready for production in 2021
- Join the Satellite Taiwan Team and O-RAN Alliance in 2020, applying to join OPEN RF.
- 186 km of RF cable delivered in 2020
- World's first 5G FR2 NB online test system



台灣低軌衛星產業聯誼會

TAIWAN LOW EARTH ORBIT SATELLITE INDUSTRY ALLIANCE





Introduction



[B] Advanced RF RD Center (ARRC)

先進射頻研發中心

5G-NR FR1&FR2 Products Design
Satellite Communication Products Design
Other Customized Design



[A] RF Test Solution

射頻測試方案

DC to 110GHz Application
RF UP/Down Converter (WiFi6E, Ka, Ku)
Shielding Box, Switch Matrix, Accessories
etc.

[C] Automation

智動化

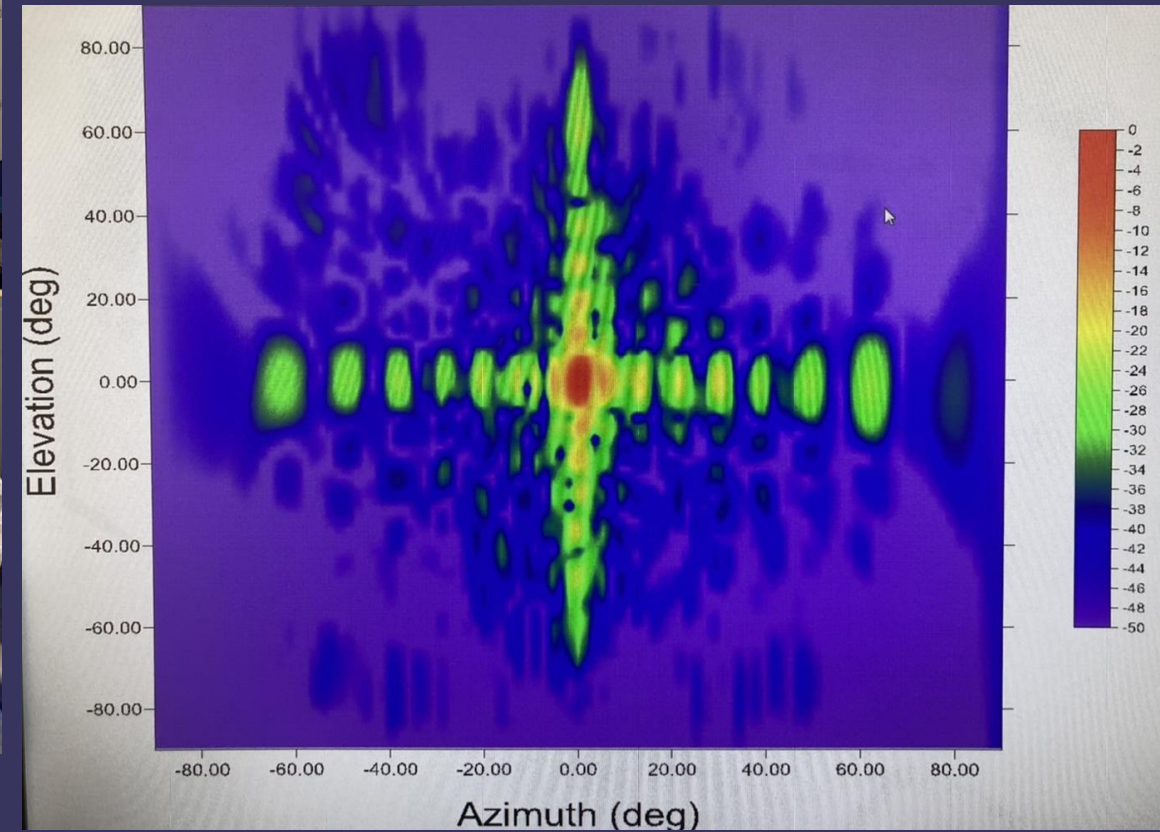
Servo Motor
Controller
Switch/Relay





Introduction

2021 DC Sat-show



Outlines

[A] Introduction – Rapidtek Technologies Inc.

[B] The develop trend of LEO satellite

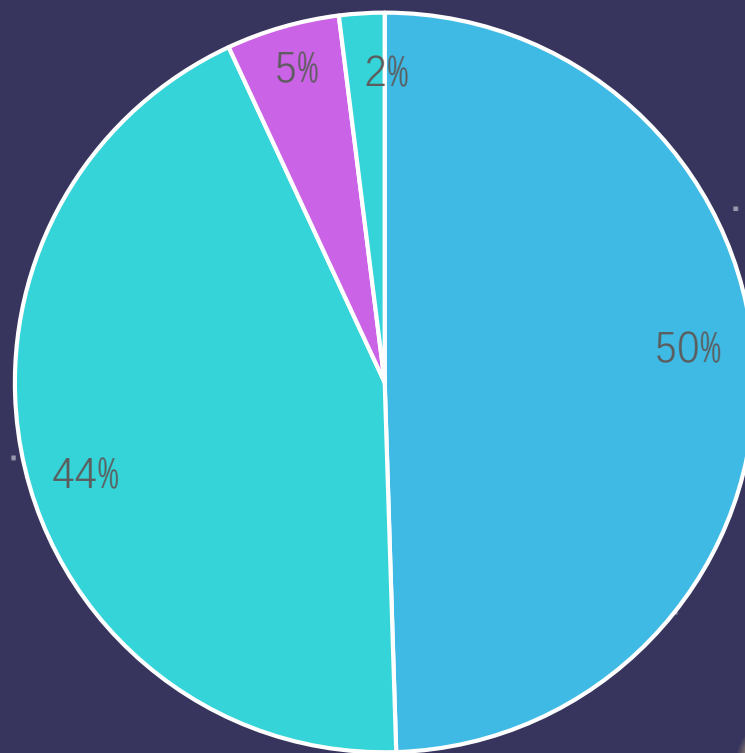
[C] phased array design for payload and UT applications

[D] Q&A

全球通訊衛星現況



2019衛星產業規模



預估全球衛星市場規模將於2022年成長達約5,500億美元，2027年，將持續成長達8,200億美元左右。

另根據美國衛星產業協會(SIA)的資料，2020年全球衛星產業規模達2,710億美元，地面接收設備、衛星服務占比分別為50%(1,363億USD)及44%(1,178億USD)，衛星製造、衛星發射服務占比則僅占5%及2%。

麥肯錫報告預估到2025年，全球衛星物聯網產值將達到5,600億美元到5,800億美元。



■ 地面設備 ■ 衛星服務 ■ 衛星製造 ■ 衛星發射



全球通訊衛星現況



地面設備

2020年產值:\$135.3B

- 消費者家用設備(衛星電視接受器) \$17.5B
- GNSS設備 \$103.4B
- 互聯網設備(VSAT, gateway) \$14.4B

衛星服務

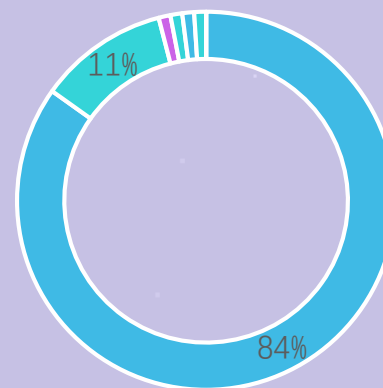
2020年產值:\$117.8B

- 電視 \$88.4B
- 電台\$6.3B
- 寬頻\$2.8B
- 固定衛星無線電通信 \$15.7B
- 行動通訊\$2B
- 遙測\$2.6B

衛星製造

2020年產值:\$12.2B

衛星應用種類(已發射)

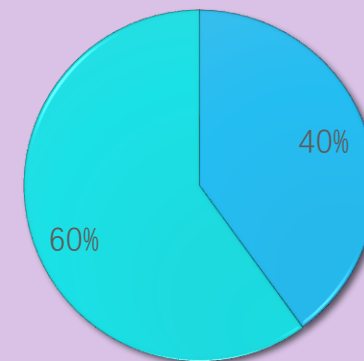


- 商業通訊
- 軍事
- 科學研究
- SSA衛星服務
- 遙感探測
- 軍政通訊
- 導航
- 其他

衛星發射

2020年產值:\$5.3B

商業衛星發射



■ US ■ Non-US

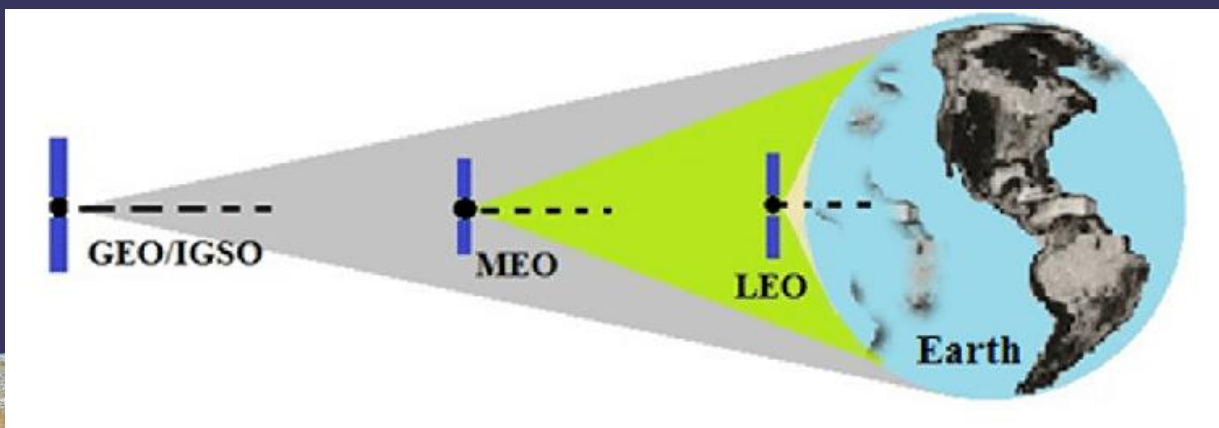
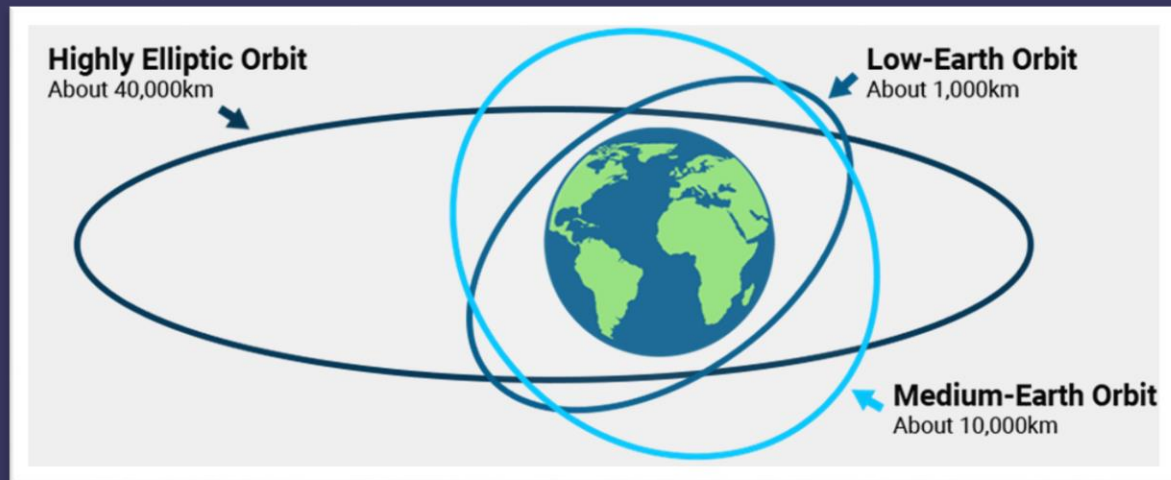
- 2020年總共發射了1194顆衛星



衛星通訊技術與特性



- 衛星通訊技術是利用人造衛星作為中繼站，轉發無線電波進行2個或多個終端間的通訊。
- 依照衛星軌道的高度不同，主要可以分為低軌道(LEO)、中軌道(MEO)和高軌道衛星(HEO or GEO)。



種類	低軌衛星	中軌衛星	高軌/ 同步衛星
高度	300~1,500km	8,000~12,000km	36,000km
使用時間	15分鐘	2~4小時	24小時
成本	低	適中	高
優勢	傳輸延遲低 訊號衰減低	傳輸延遲中	覆蓋率大 無都卜勒效應
生命週期	2~5年	5~8年	8~10年
訊號傳輸延遲	25ms	150ms	500ms

衛星通訊技術與特性



多國政府對衛星通訊業者採開放甚至補貼態度

美國

- 向 313 家航太業者提供 4.82 億美元的製造補助金，幫助企業支付薪資以共度難關，相關類股應聲走揚。
- 2020年12月底，FCC以農村數位機會基金分別補貼SpaceX 和 Hughes 8.8億和1.3億 美元
- SpaceX為第四大獲補貼業者。

加拿大

- 補貼加拿大衛星通訊業者Telesat約4.6億美元，要求其10年內為農村提供寬頻網路。
- 2020年11月核准SpaceX提供網路試行服務。

澳洲

- 同意衛星通訊業者如SpaceX、OneWeb、Viasat、Inmarsat、SES競標26GHz和28GHz頻段。

中國

- 中國互聯網投資基金（中網投）經中國大陸國務院批准設立，由中央網信辦和財政部共同發起，基金規劃總規模1000億元，首期規模300億元。

英國

- 以5億美元收購OneWeb，因脫歐後欲發展自有導航系統，以取代歐盟伽利略系統。

德國法國希臘

- 德國、法國和希臘也提供SpaceX頻譜，寄望提升鄉村網速。

衛星通訊技術與特性

各大運營商發展現況



SPACEX

- SPAXE X 星鏈計畫 – StarLink constellation
- 目前已經發射1738顆低軌道衛星，為目前衛星數量最多的廠商。

planet.

- Planet有兩座低軌衛星星鏈，Flock和SkySat，衛星數量個別是193和21。

OneWeb

- 破產後由英國政府和印度Bharti集團收購。
- 目前已發射356顆衛星，目標2022年完成648顆衛星發射。

spire

- 目前有128顆低軌衛星在軌道上運作。
- Spire 計劃在未來幾年內將其星座保持在目前大約 90 顆衛星的規模。

amazon | project kuiper

- 2020年6月獲FCC核可，2029年需完成約3,240顆衛星發射。
- 依據FCC規定，2026年前需達成半數，約1,620顆衛星發射。

iridium®

- 啟用第一個真正的全球寬頻服務：Iridium Certus。
- 目前有75顆低軌衛星在軌道上運作。
- 推出了Iridium CloudConnect，使亞馬遜網絡服務物聯網可供目前缺乏通信覆蓋的地球上80% 以上的人使用。

Outlines

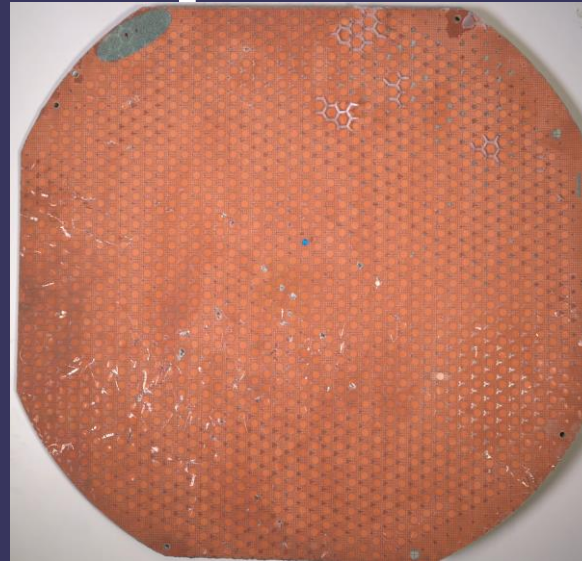
[A] Introduction – Rapidtek Technologies Inc.

[B] The develop trend of LEO satellite

[C] phased array design for payload and UT applications

[D] Q&A

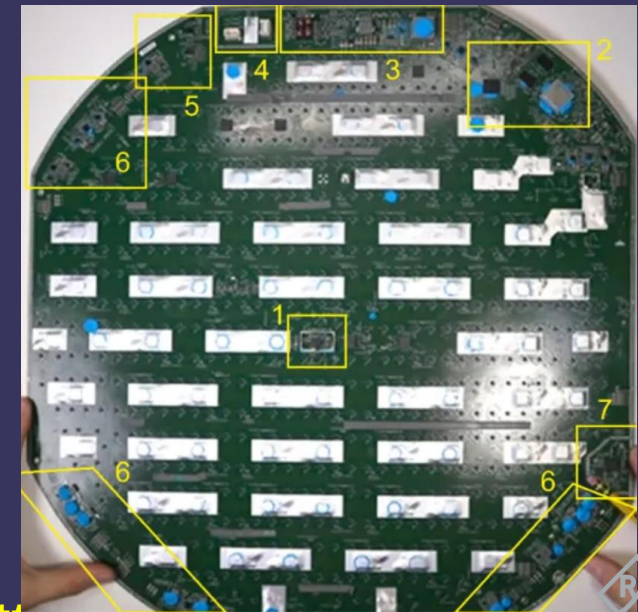
Case study for SpaceX UT



Front view



bottom view

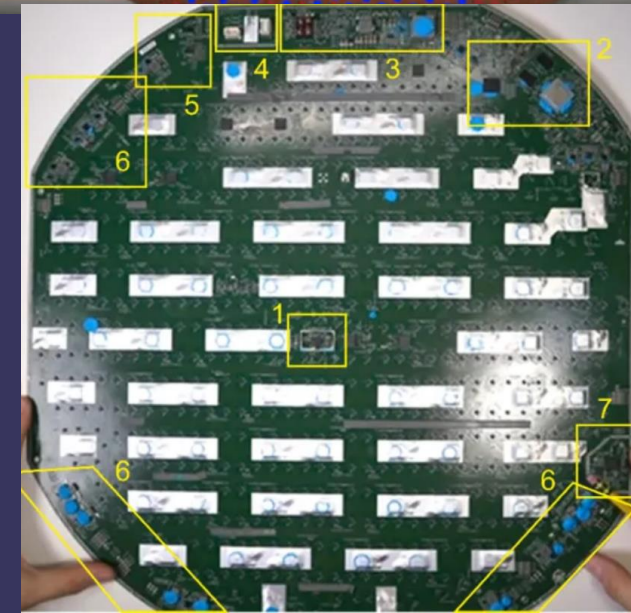
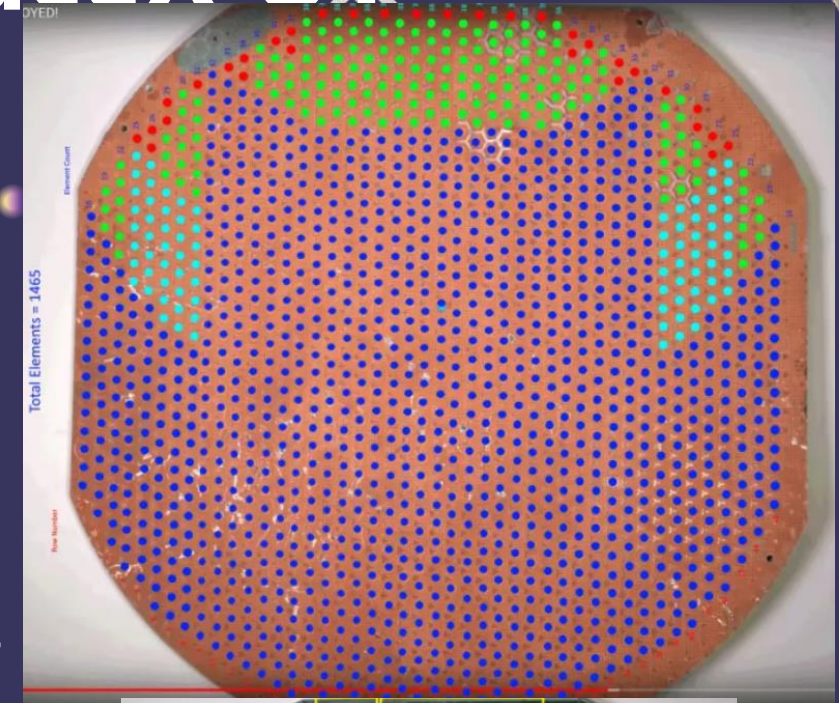
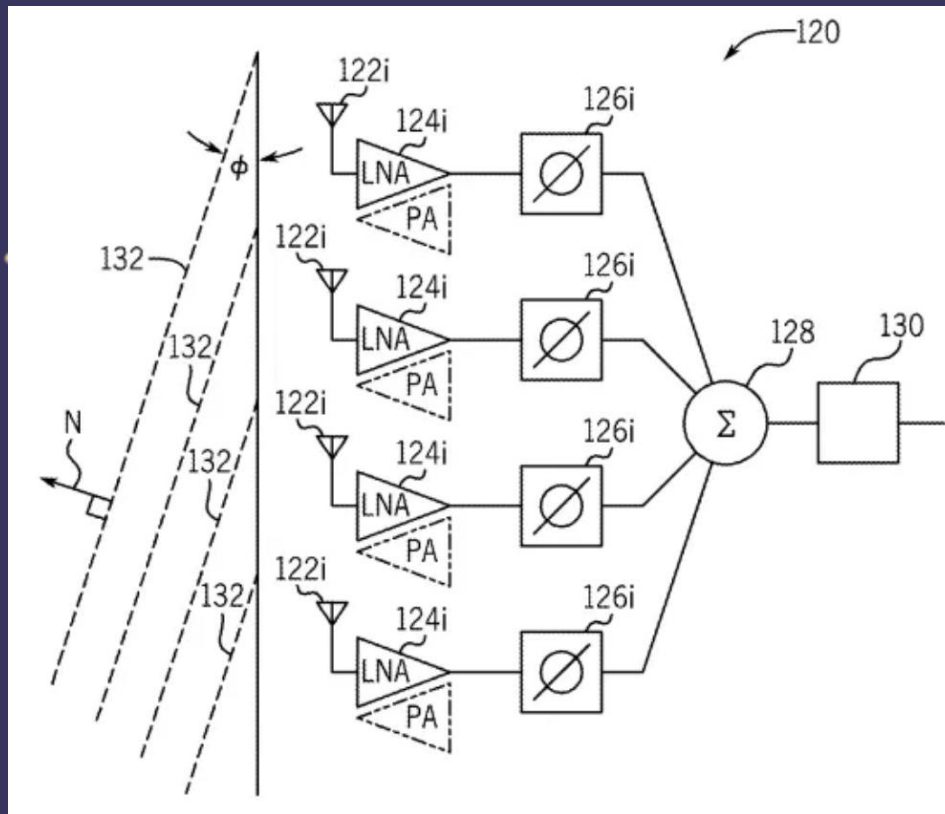


bottom view

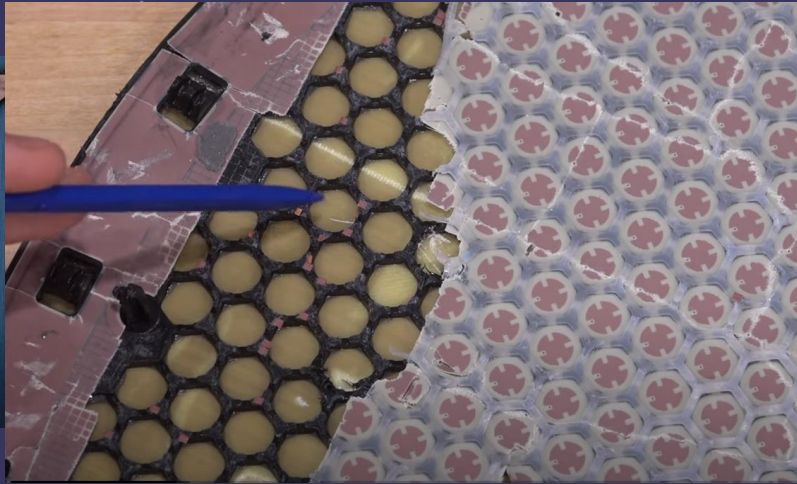
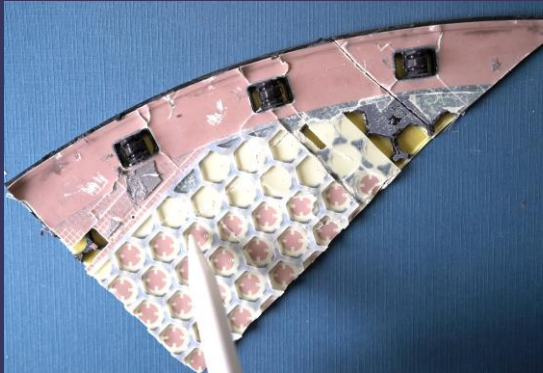
1. reference CLK circuit
2. baseband unit
3. POE
4. I/O
5. motor driver circuit
6. distributed power circuit
7. GPS circuit

Case study for SpaceX UT

1. Total element number: 1645
2. Active antenna element: 1264
3. Number of PA and LNA: 632
4. Number of BFIC: 79

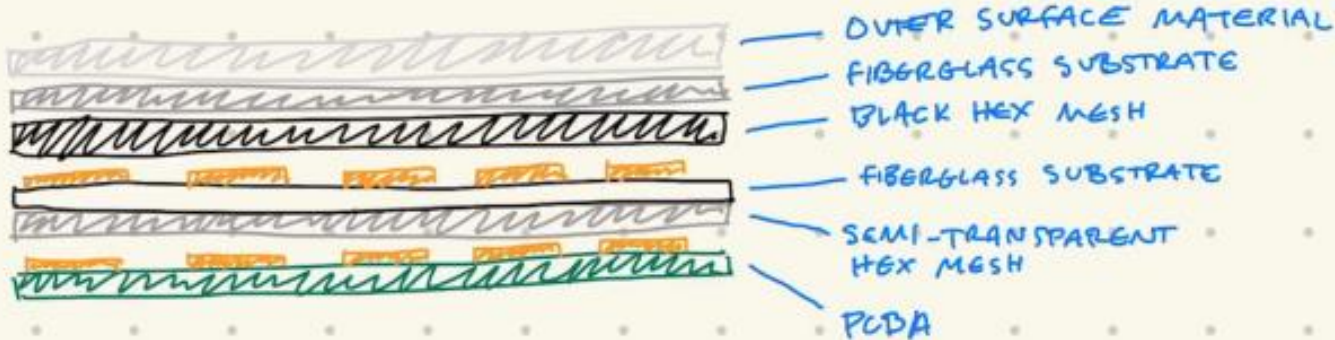


Case study for SpaceX UT

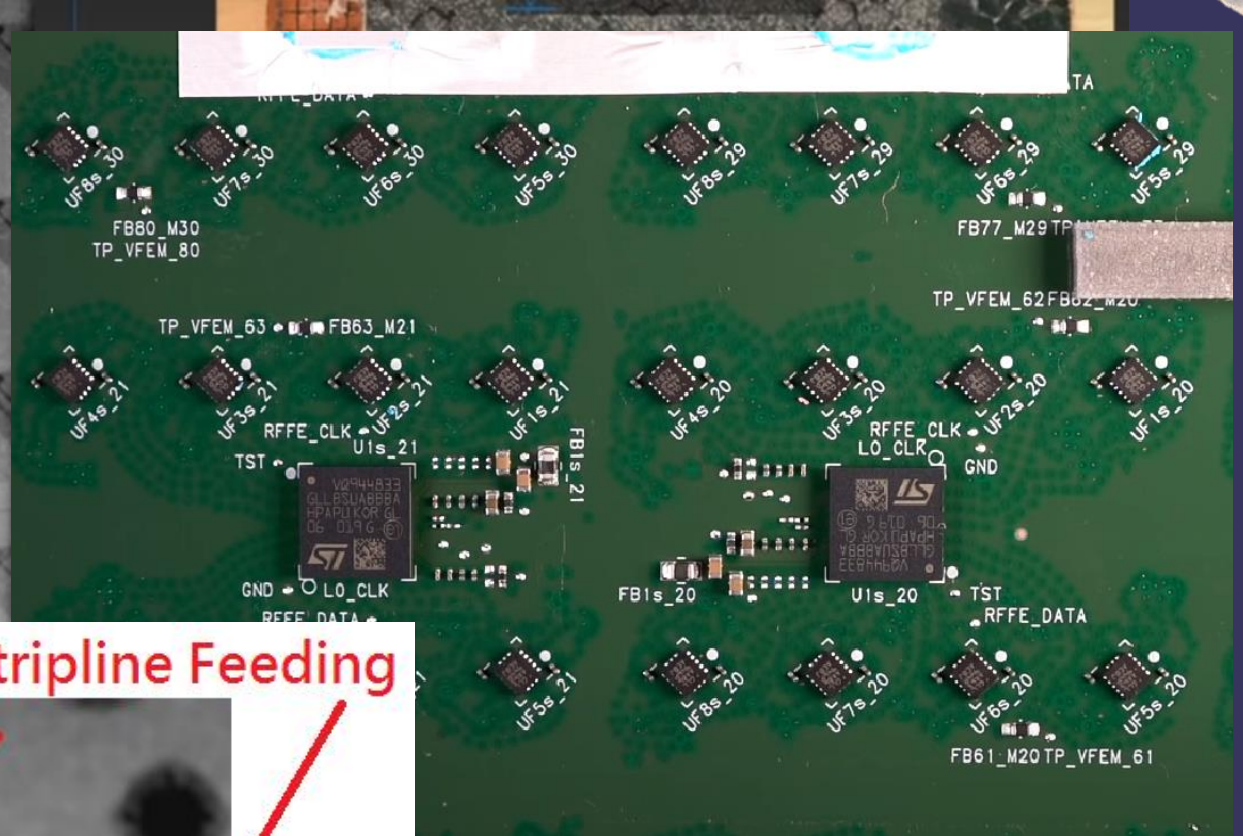
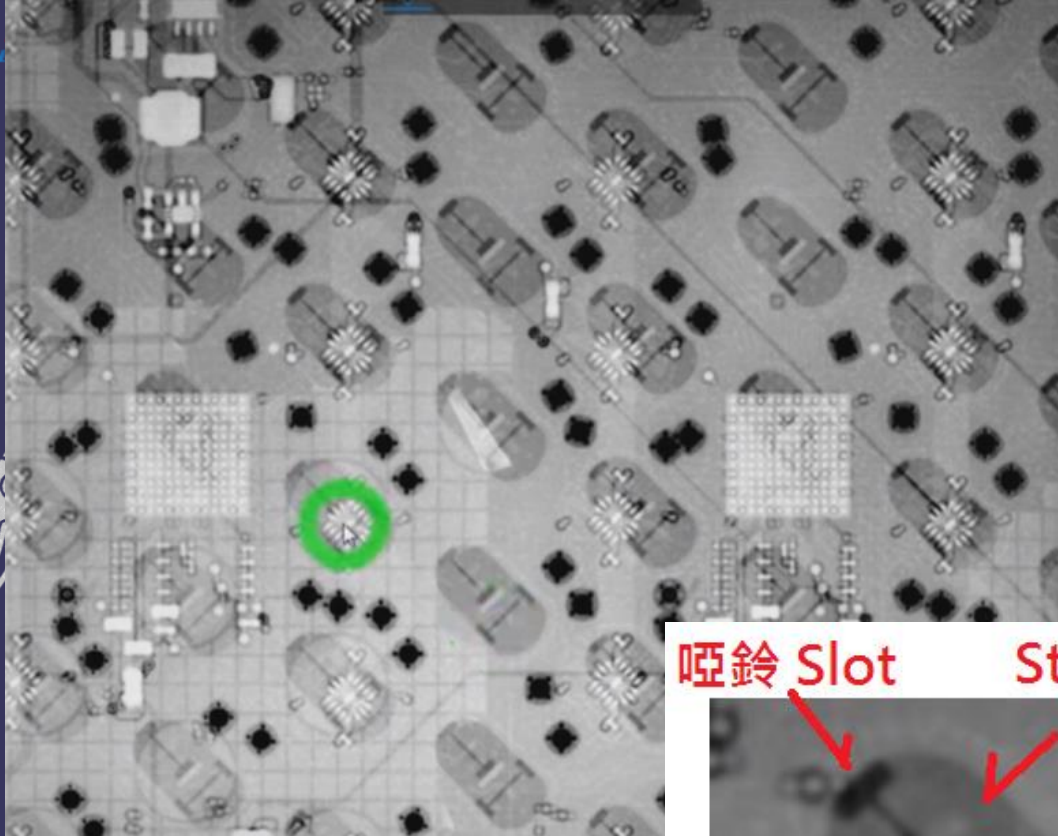


Item		SpaceX UT	
		Value	Unit
RF frequency	Tx	14 ~ 14.5	GHz
	Rx	10.7 ~ 12.7	GHz
IF frequency	Tx	NA	
	Rx	NA	
BW	Tx	--	MHz
	Rx	--	MHz
Tx EIRP		36.7	dBW
Rx G/T		7	dB/K
free space propagation loss		174.8	dB
99% Rain fading factor		2.4	dB
Modulation		DVB-S2X	
Antenna ohmic loss		<1	dB
Array gain		>32.5	dBi
beam scan angle		53	degree
beam switching time		NA	us
Polarization	Tx	LHCP	
	Rx	RHCP	
antenna axial		<2	dB
access mode		TDD	
Tx/Rx switching time for TDD		NA	

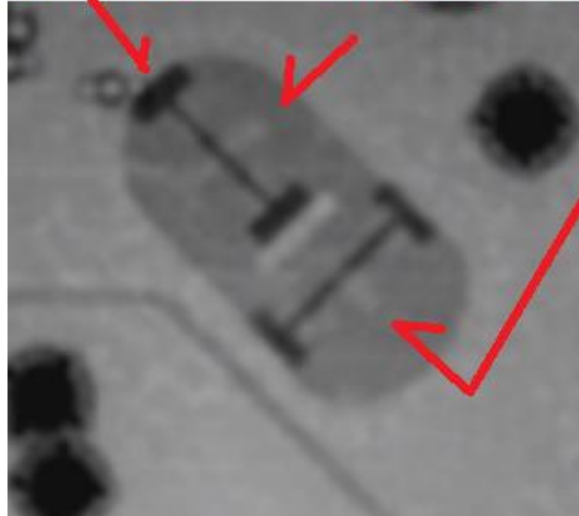
STACK UP



Feeding structure of the antenna



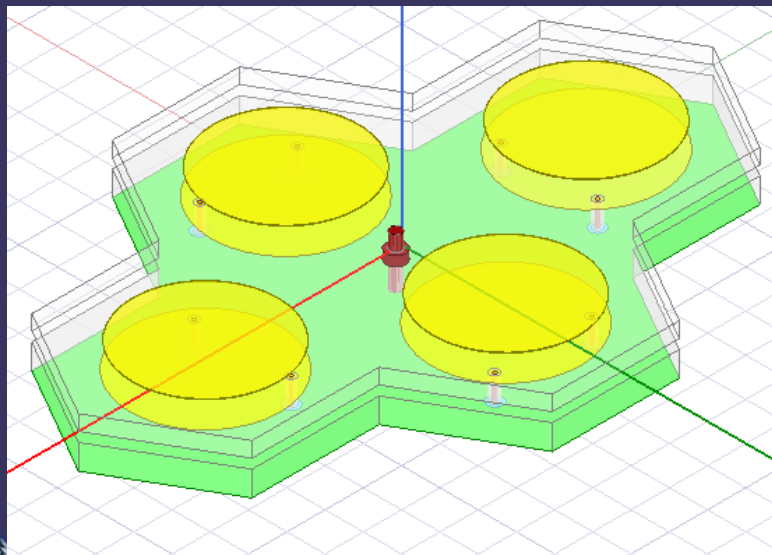
啞鈴 Slot Stripline Feeding



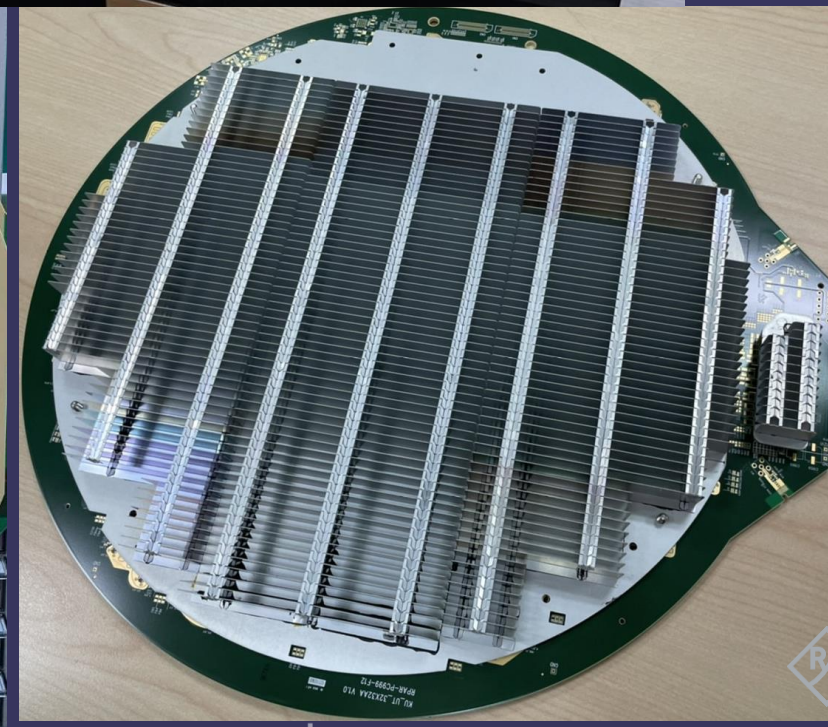
Tx/Rx single panel design for UT application

Product spec. for Tx/Rx single panel array

- EIRP: >34 dBW
- G/T: >7 dB/k
- Beam switching time: <0.5 ms
- DC power consumption: <150 W
- UC/DC embedded
- Polarization: RHCP for Rx, LHCP for Tx



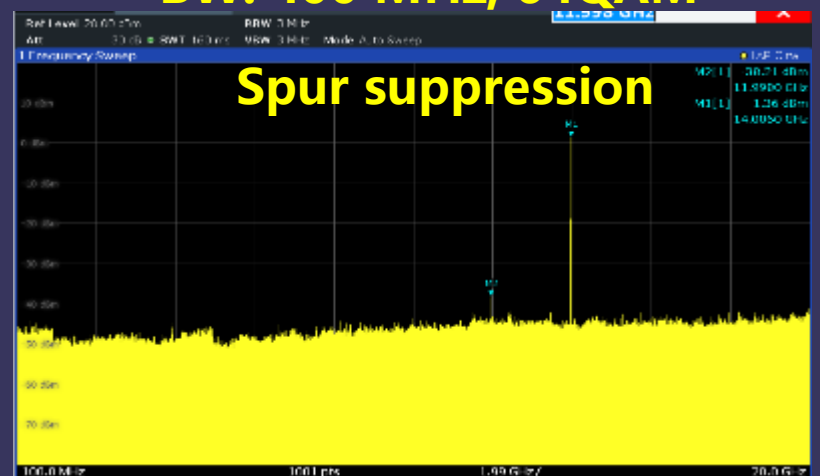
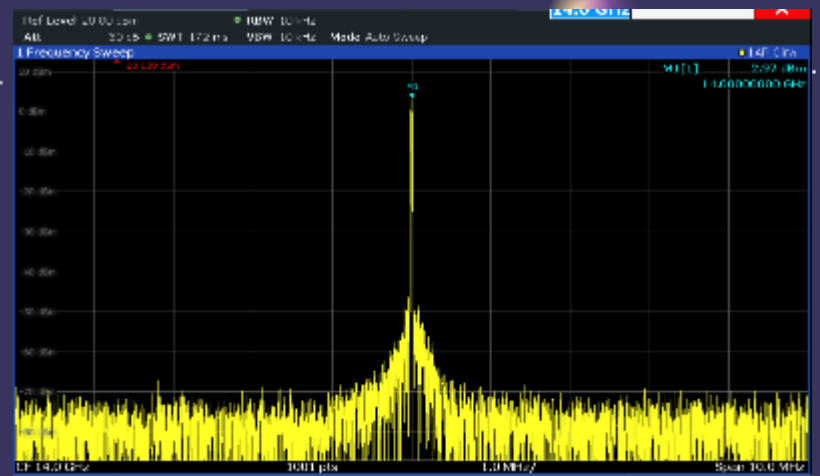
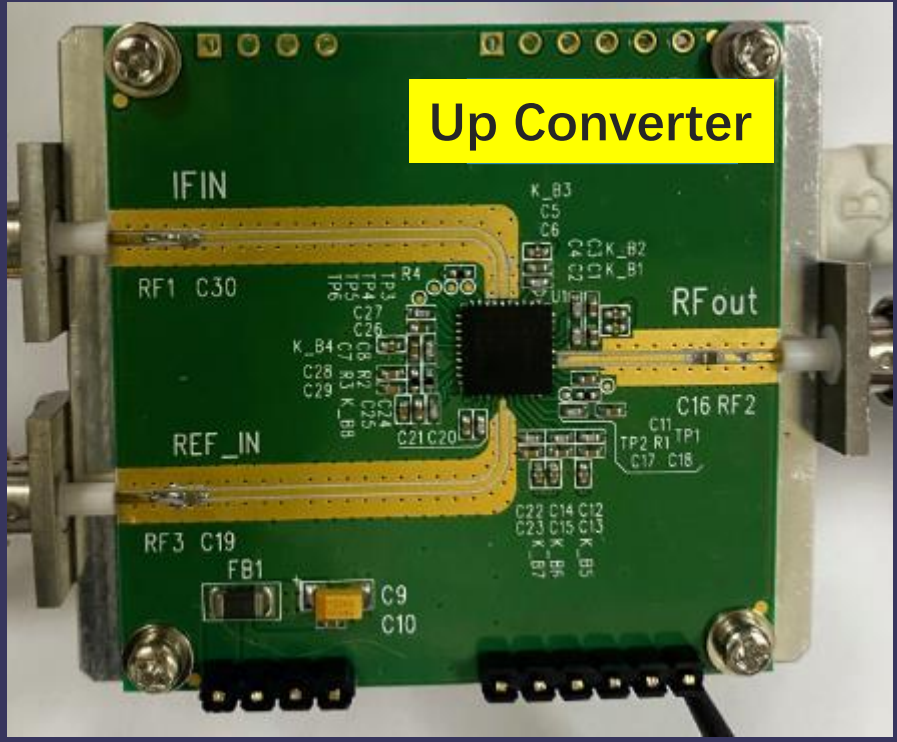
2x2 unit cell



Ku-band UDC module for UT



Up Converter

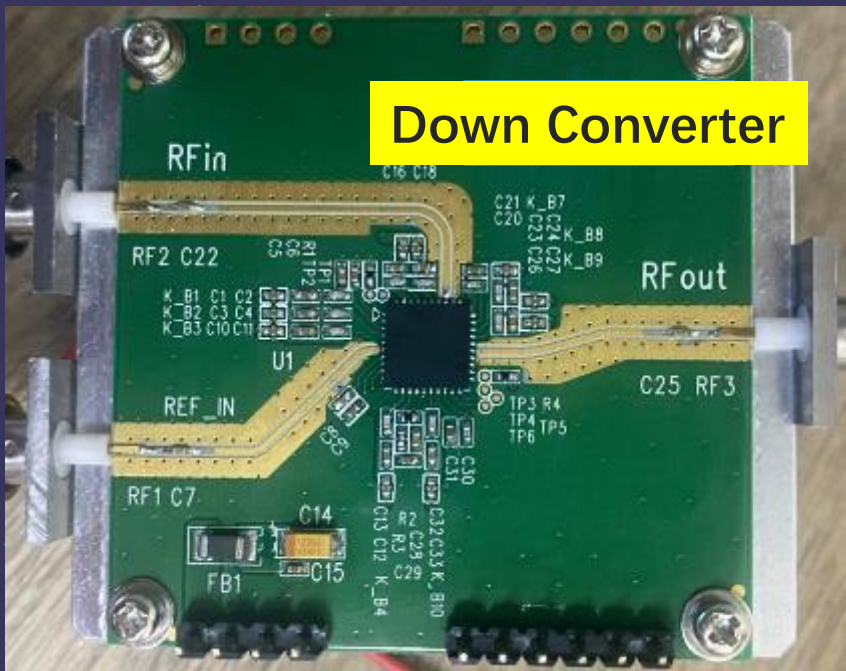
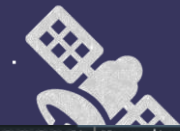


Ku band UC module

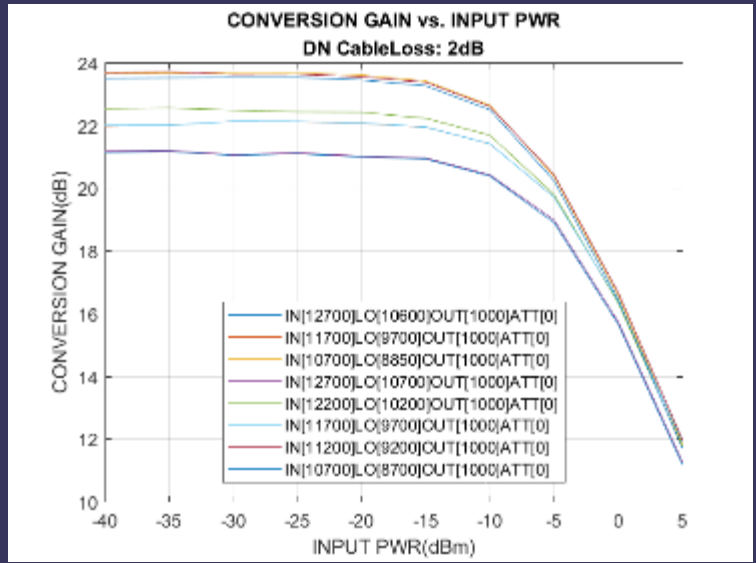
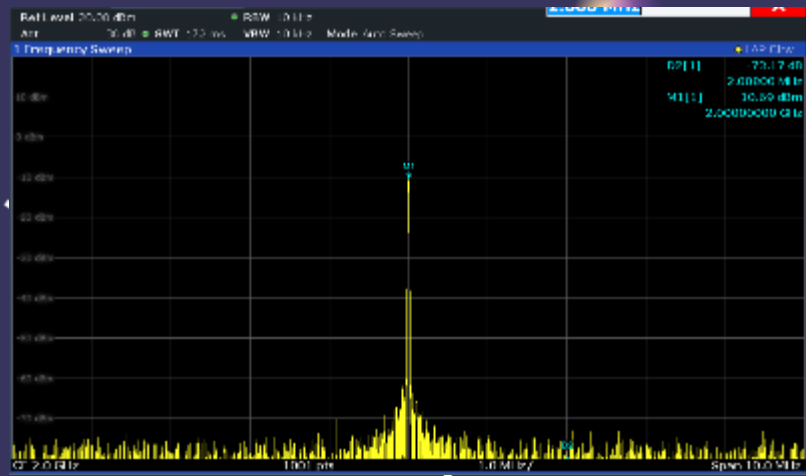
- Embedded synthesizer within single chip
- Conversion gain: ~15 dB



Ku-band UDC module for UT



Down Converter



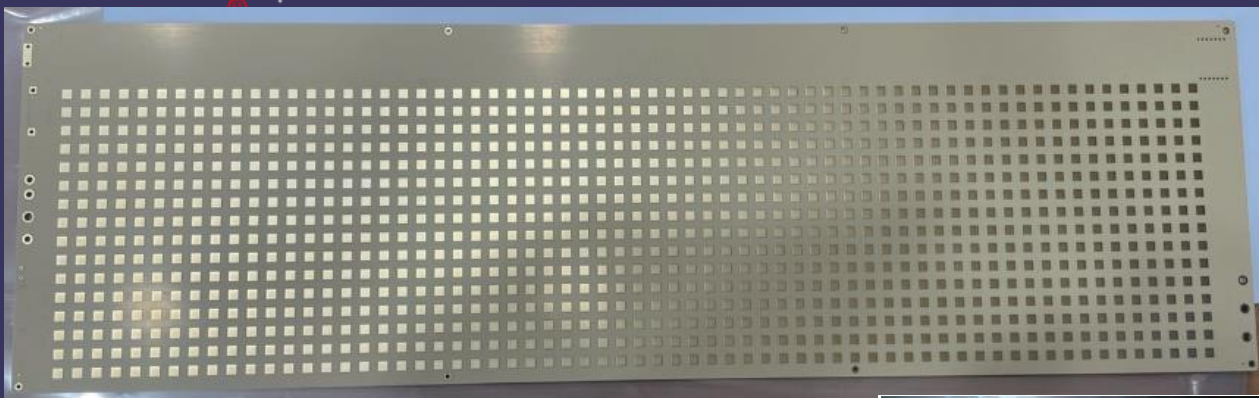
Ku band DC module

- Embedded synthesizer within single chip



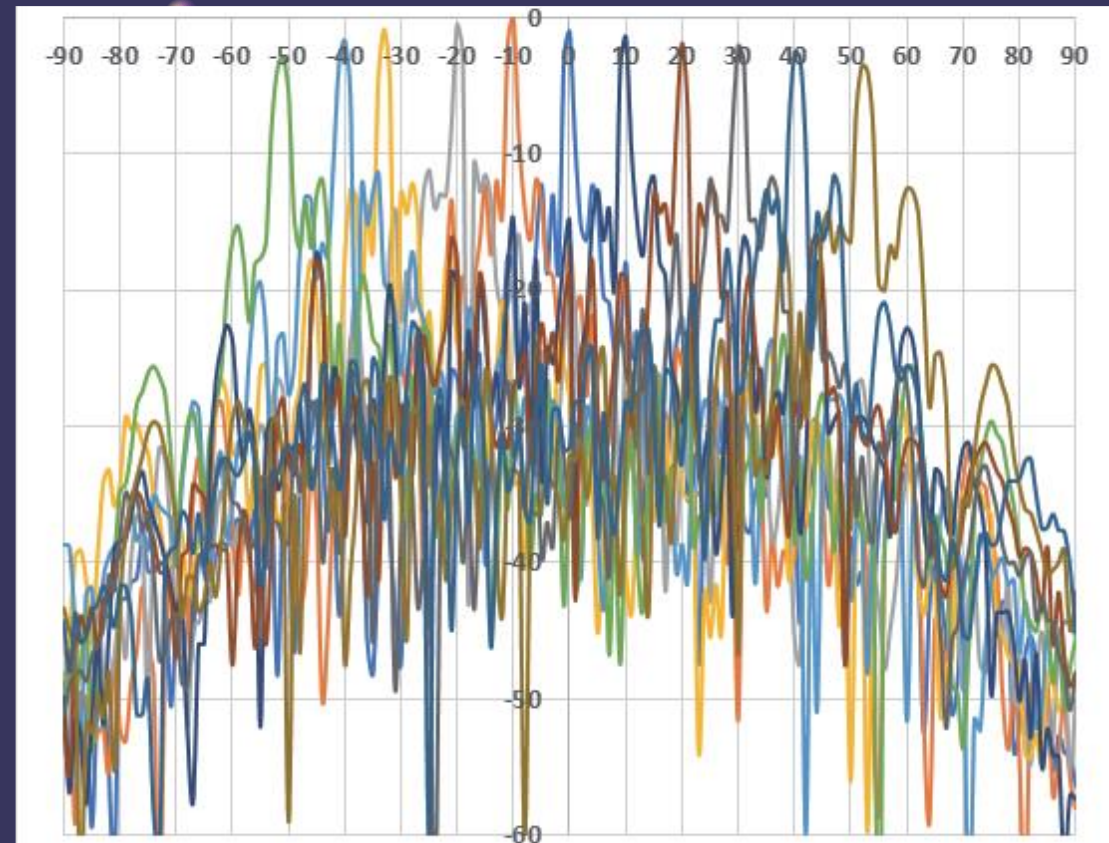
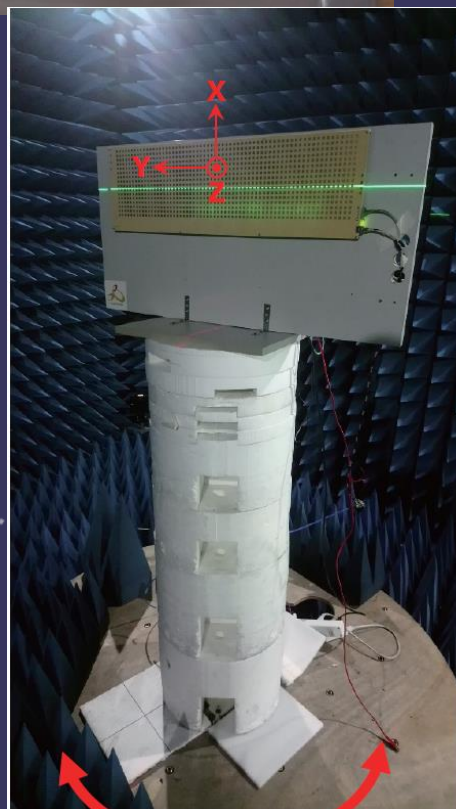
5G

Tx 16x64 array module for payload application



Product spec. for Tx array

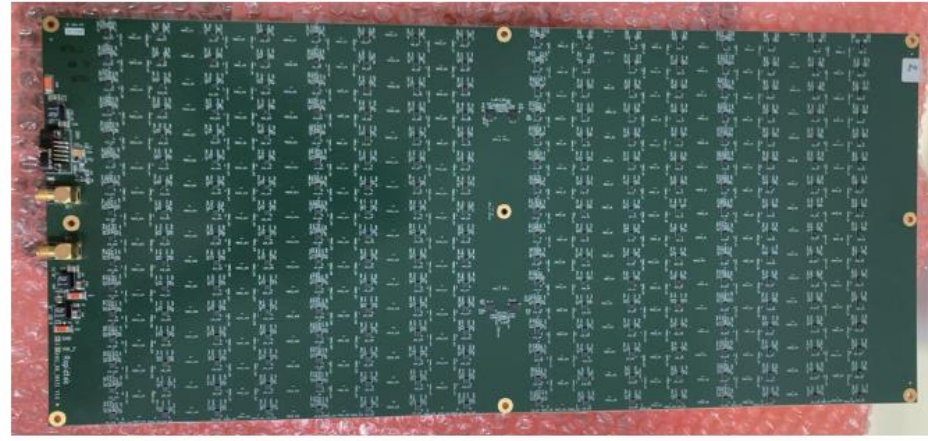
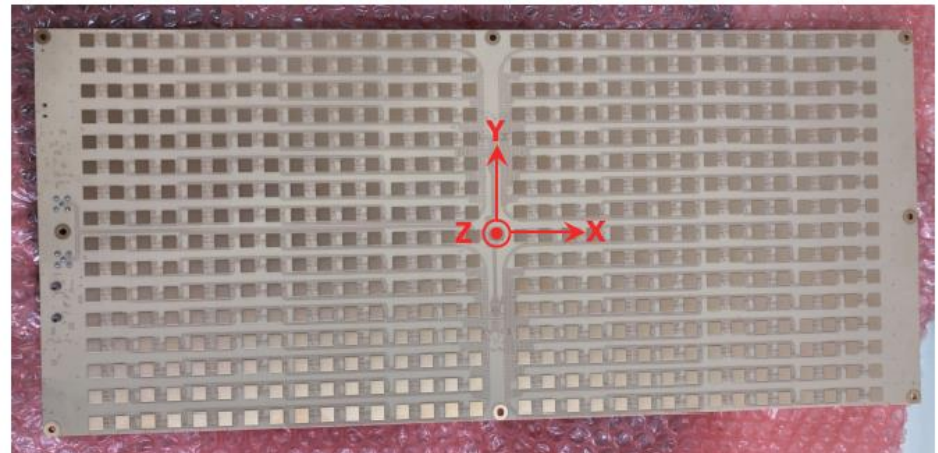
- EIRP: >39 dBW
- Active array gain: >70 dBi
- Power consumption: <50 W
- Beam scan area: +/- 50 degree (AZ)



- test_1 (beam at 0 deg)
- test_2 (beam at -10 deg)
- test_3 (beam at -20 deg)
- test_4 (beam at -30 deg)
- test_5 (beam at -40 deg)
- test_6 (beam at -51 deg)
- test_7 (beam at 10 deg)
- test_8 (beam at 20deg)
- test_9 (beam at 30deg)
- test_10 (beam at 53 deg)
- test_11 (beam at 40 deg)

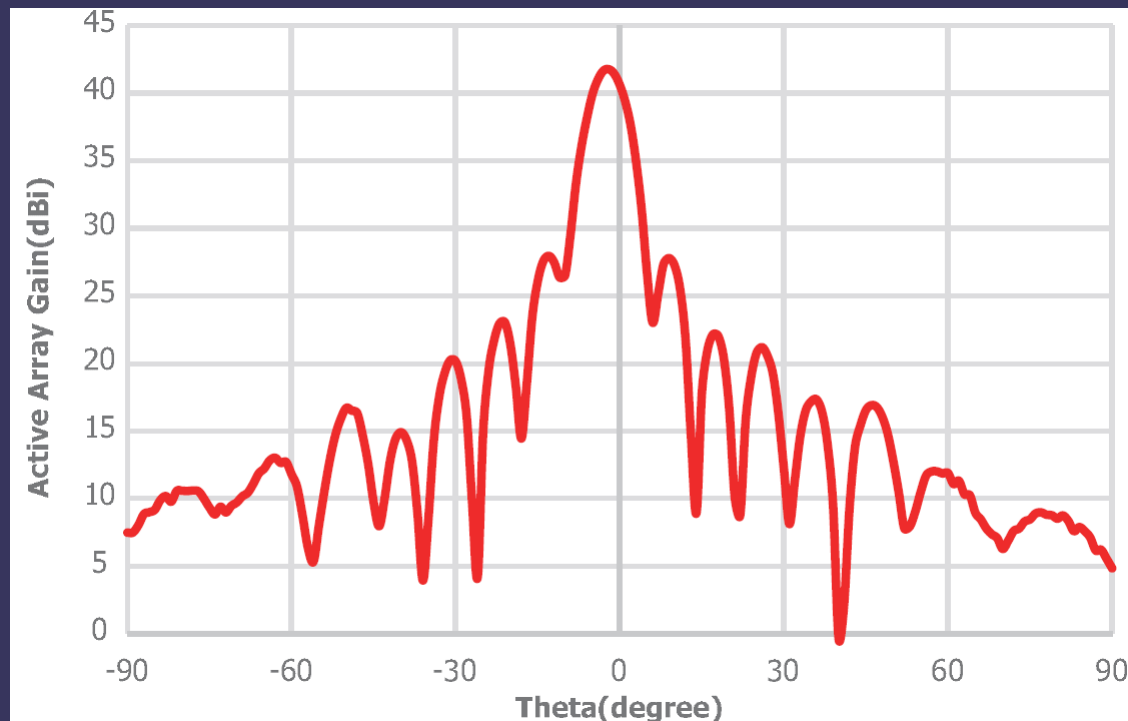


Rx 16x32 array module for payload application



Product spec. for Rx array

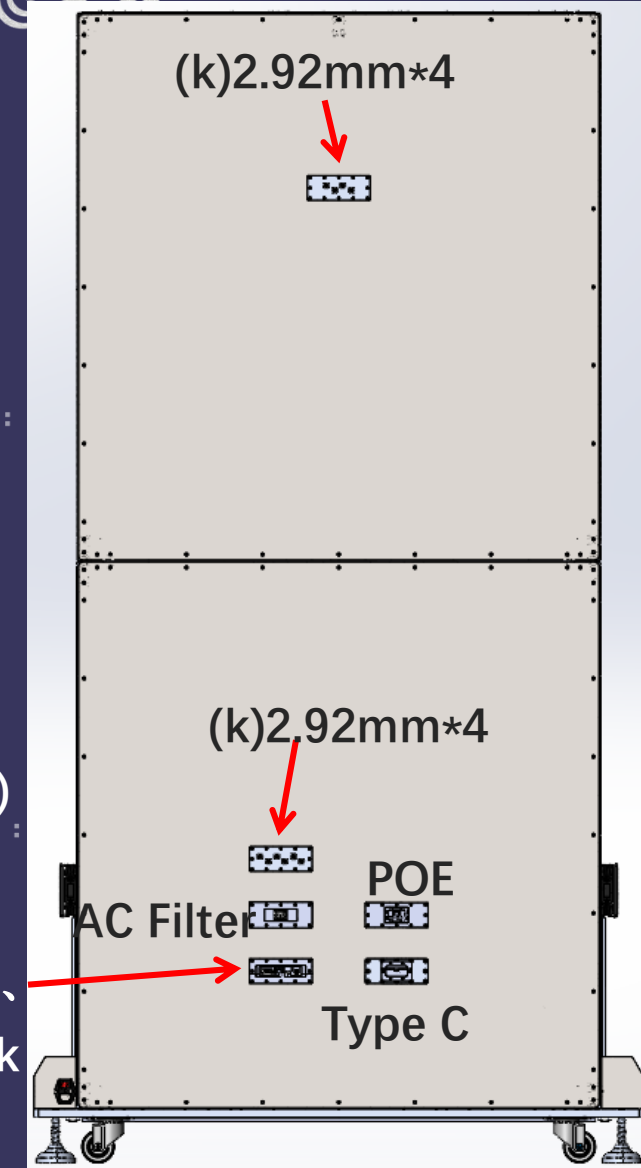
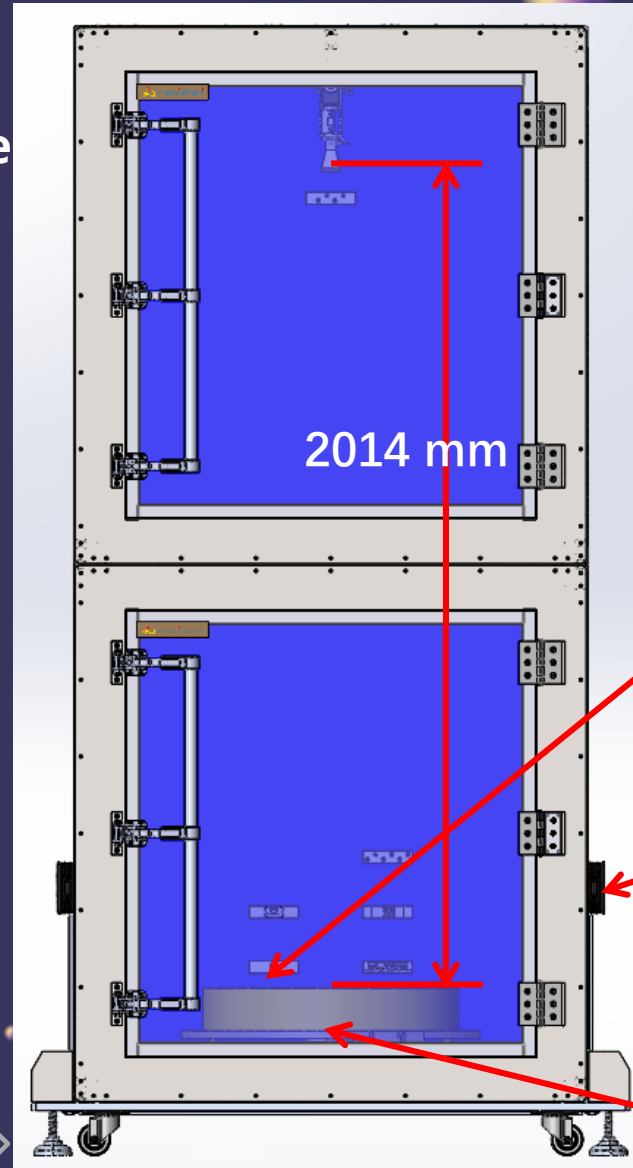
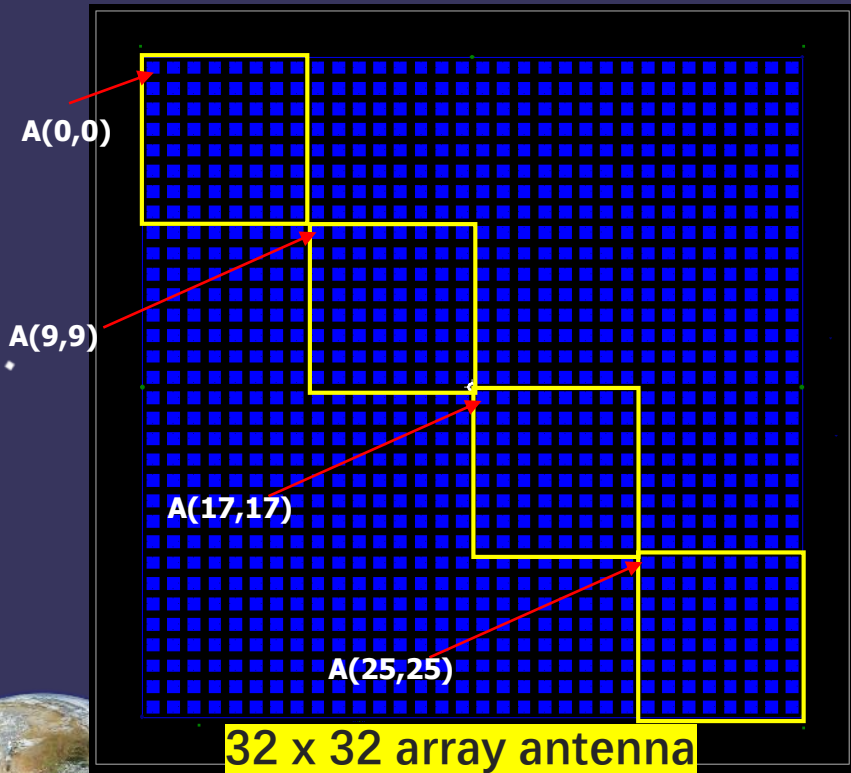
- G/T: ~ 5 dB/k
- Active array gain: >42 dBi
- Power consumption: <10 W
- Beam scan area: +/- 50 degree



Shielding box design for large array calibration

Developed:
Single element calibration procedure

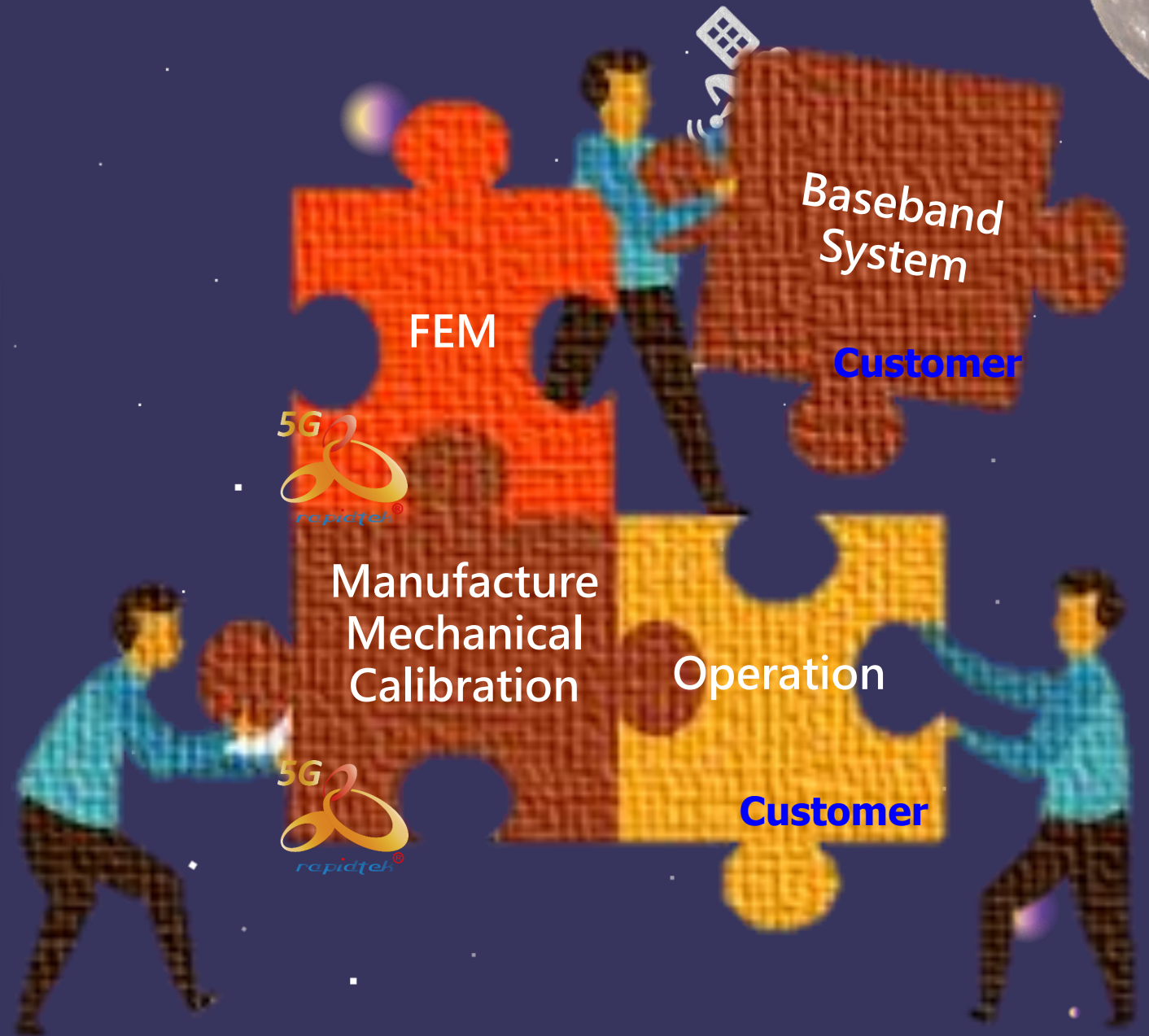
Under-develop:
Multi-element calibration procedure



Summary



Complementary cooperation





Thank
you 😊

Contact us



📍 17F, No.75, Sec. 1, Xintai 5th Rd., Xizhi Dist., New Taipei City 221, Taiwan

☎️ +886-2-86981068

☎️ +86-21-32123698

📞 +886-2-86981018

✉️ service@rapidtek.net



THINK FUTURE ACT NOW

