June 2025

電子式掃描衛星終端天線(ESA)的全球認證

-邱宗文 (川升創辦人&現任總經理)

講者介紹

邱宗文 博士
台北工專電機科
中山大學電機博士

經歷

- 第四屆臺灣天線工程師學會理事長
- 成功/逢甲/台北大學等 兼任助理教授
- 資深科大/技術學院教學品保委員
- 連展無線通訊事業處處長
- 川升股份有限公司創辦人暨現任總經理
- 至高頻科技/正于微波共同創辦人
- 2022低軌衛星工業局科專計畫負責人
- 2022國家發明獎/經濟部創新研究獎獲獎人
- 約200項發明專利發明人
- 2021亞太微波會議衛星workshop共同組織者
- 川升學苑創辦人

專長

- OTA量測、天線設計及微波電路應用

大綱

- 低軌道衛星產業現況
- 國際認證 (GSOA/ATE/MRA/SSOTA)
- OTA暗室國際認證驗測分析
- 結論 - 衛星產業商業模式

更廣連結：3D通訊(NtN) ➔ LEO

- Large Path Loss ➔ EIRP(熱) & G/T(高靈敏度)
- Environment Condition ➔ 電離層、溫溼度
- LEO Satellite Tracking ➔ CP & 3D radiation pattern
- 高精準系統 ➔ 0.1度誤差?!
- Satellite condition : Handover、EL and Doppler effect

高-功率/靈敏/精度/智能

Air Path Loss	800 km	8000 km	36000 km
L band (~1.5GHz)	~ -154dB	~ -174dB	~ -187dB
Ku band (~15GHz)	~ -174dB	~ -194dB	~ -207dB
Ka band (~30GHz)	~ -180dB	~ -200dB	~ -213dB

➔ High Tx power & Rx sensitivity

$$SNR = satellite\ transponder\ EIRP\ (dBW) - transponder\ BW\ (dBHz) - FSPL\ (dB) - atmospheric\ loss\ (dB) + G/T\ of\ terminal\ (dB/K) - k(dBW/K/Hz)$$

$$T = T_{ext} + T_A + T_e$$

$$\left(T_{ext} = \frac{\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} T_B(\theta,\emptyset)D(\theta,\emptyset)\sin\theta\, d\theta\, d\emptyset}{\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} D(\theta,\emptyset)\sin\theta\, d\theta\, d\emptyset}\right)$$

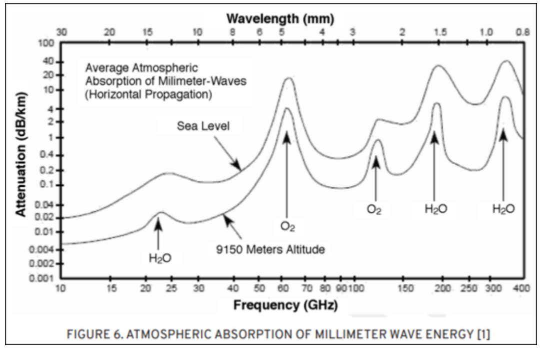
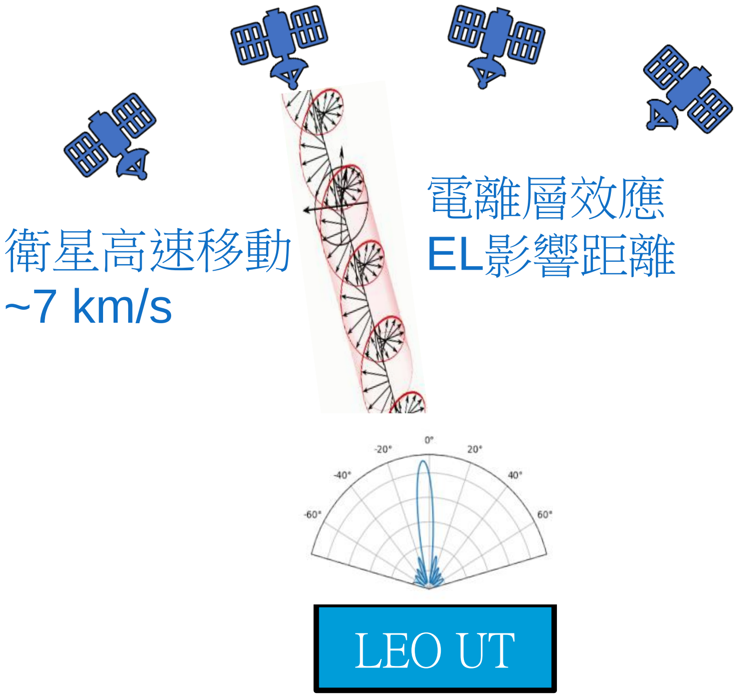
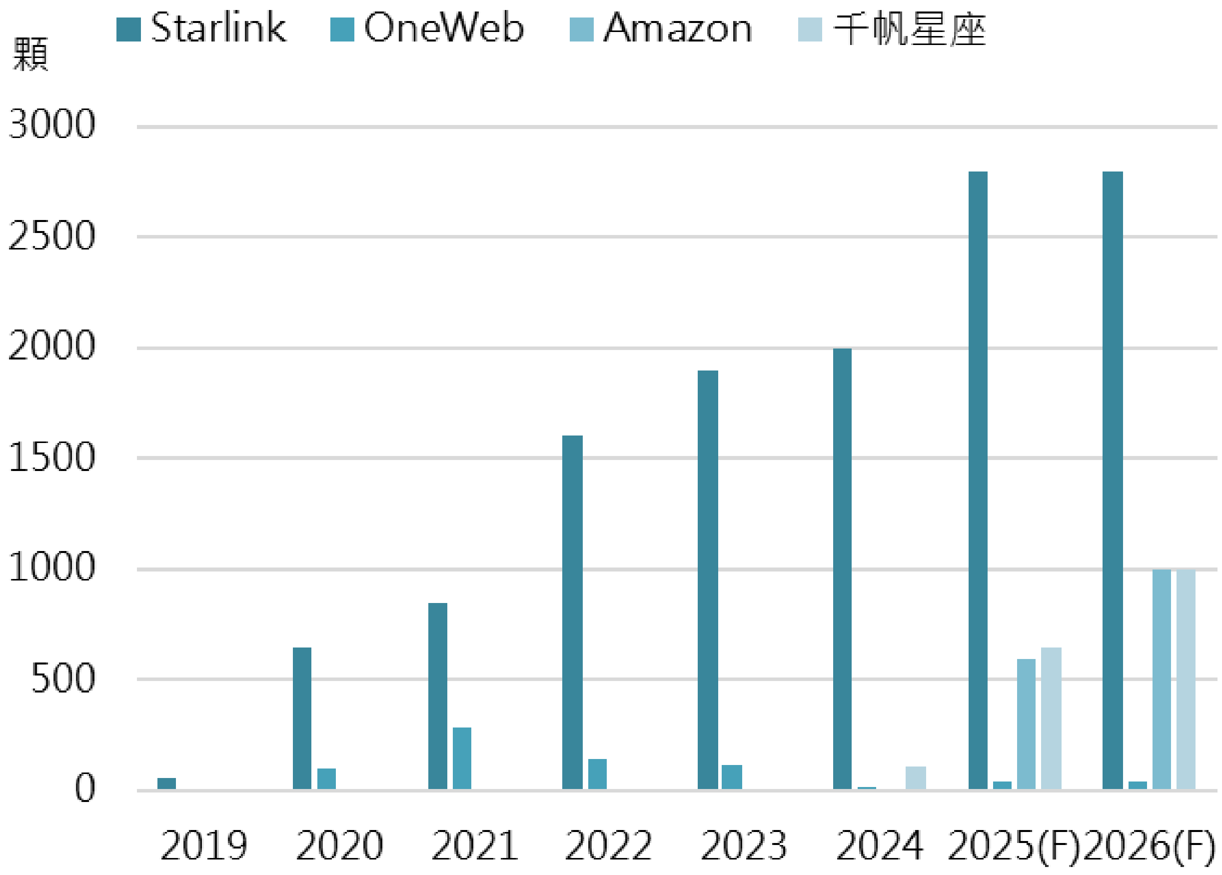


FIGURE 6. ATMOSPHERIC ABSORPTION OF MILLIMETER WAVE ENERGY [1]



2025年預估發射3500~4000顆衛星



低軌道衛星營運商

	Starlink (SpaceX)	Project Kuiper (AMAZON)	OneWeb	IRIS	Iridium	Telesat
1Q25在軌衛星數	約7,100顆	2(原型衛星)	648	0	81	0
FCC許可顆數	12,000+ 7500(部分許可)	3,236	720	--	82	1,671
總計畫顆數	42,000	3,236	720	290	82	1,671
軌道高度(公里)	500~600	590~630	1200	500~100	781	--
衛星發射商	SpaceX	ULA、Arianespace、Blue Origin、SpaceX總計92次。	Arianespace、SpaceX、 ISRO	尚未公布	SpaceX	SpaceX 總計14次
衛星重量	V2 mini 800 kg V2 2000 kg	400~600Kg	150 kg	尚未公布	680Kg	750 kg
每次發射乘載衛星數	Falcon 9:23顆 (V2 mini)	27~60	Falcon 9:約40顆 LVM3: 36顆	尚未公布	--	--

資料來源 :國泰證期研究部-衛星產業展望-202504

川升股份有限公司

LEO/MEO衛星商現況整理

公司	SpaceX (Starlink)	Telesat	SES (Astra/O3b)	Amazon (Kuiper)	OneWeb、Eutelsat	IRIS²		Iridium	AST SpaceMobile
國家	美國		盧森堡	美國	英國	歐盟 (布魯塞爾)		美國 (維吉尼亞州)	美國 (佛州)
成立	2002(Starlink服務始於2019)	2023 Lightspeed	O3b MEO始於2013	2019(計畫啟動)	2012	2024年 (合約)		1998年	2017
軌道類型/高度	LEO ≈550 km	LEO ≈1000 km	MEO ≈8000 km	LEO ≈450 km	LEO ≈1200 km	MEO 8,000 km	high LEO 1200 km、low LEO 400－750 km	780 km (極地軌道)	約500公里 (LEO)
2025年預計發射	≈1000+(預計)	0 Lightspeed將於2026年中開始批量發射	5顆 Gen2 mPower	27(已發第一批)	0(第一代衛星2024年發射完畢)	0	0	0	續建中
累計已發射	>8,000	3(驗證衛星，2018、2023)	28(20顆Gen1+8顆Gen2 mPower)	29(含2023年2枚原型)	≈648(第一代)	0	0	75 (Iridium NEXT)	5
未來計畫總發射	~12,000(初始)	198	13(Gen2 mPower)	≈3,200	100(Eutelsat追加訂購)	18	274 (264 顆1200km + 10多顆低層LEO)	66+14 (備用)	243
FCC核准 (顆數)	FCC已批准 ≈12,000(含Gen2)	117顆	24顆Ka	FCC已批准3,236	—(非美籍，主要EU/UK許可)	–	–	– (原FCC執照無NGSO發射)	243 顆 (已核准)
頻譜 (頻段) GHz	Ku DL:10.7-12.7 Ku UL:14.0-14.5 Ka GW:26.5-40	Ka service link Q/V feeder link	Ku/Ka	Ka/Ku	Ku/Ka	Ka波段	Ku/Ka波段	L波段 (1.6 GHz)	600－2100 MHz
極化方式	DL:RHCP UL:RHCP	圓極化	圓極化	未公開	DL:RHCP UL:LHCP	右旋圓極化	線極化	左/右旋 圓極化	圓極化
最大UT EIRP	36.6~38 dBW	50－60 dBW	49.7~55 dBW	—	36.6 dBW	–	–	≈8 dBW級	–
UT G/T					9 dB/K				
頻寬	DL:250MHz UL:125MHz				DL:250MHz UL:125MHz				
傳輸速率 (上/下)	下行:30-220Mbps 上行:5-30Mbps	幾十Mbps到Gbps級	從數十Mbps到數Gbps	預計與Starlink相當	DL:~200Mbps UL:~50Mbps	高速 (政府專用寬頻)	高速 (公民寬頻服務)	上行低速Kb/s / 下行最高176 Kb/s	5G寬頻 (百Mbps等級)
終端設備合作廠商	SpaceX自研「Dishy」終端機；合作：Dish Network、UTStarcom等	Intellian	All.Space(Gen2 mPower) Intellian	Amazon	Kymeta Intellian Hughes	SES O3b、Eutelsat 等	結合Govsatcom計畫使用成員國GEO衛星 多國衛星聯盟整合	Garmin、Thales、Cobham 等	AT&T、Verizon、Rakuten 等

衛星的3GPP？

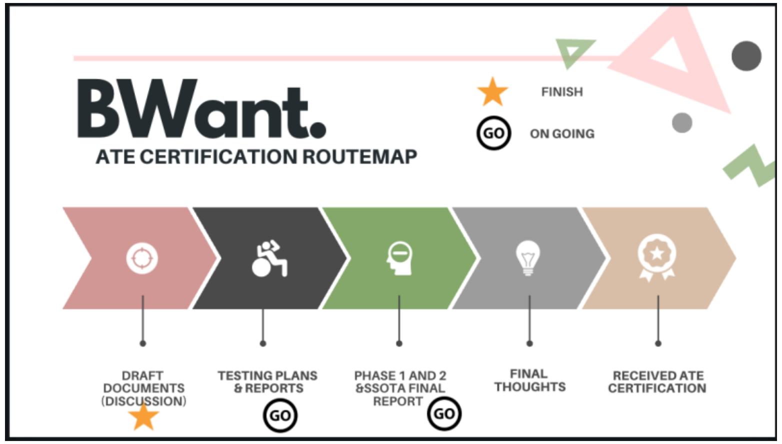
Global club for CEOs in the satellite world

Membership	Eligibility
Full membership	• Open to all sizes satellite operators • Emerging satellite operators
Associate membership	• Companies that involved in the industry who support GSOA's mission

ATE (Authorised Test Entity)

Full members

Associate members

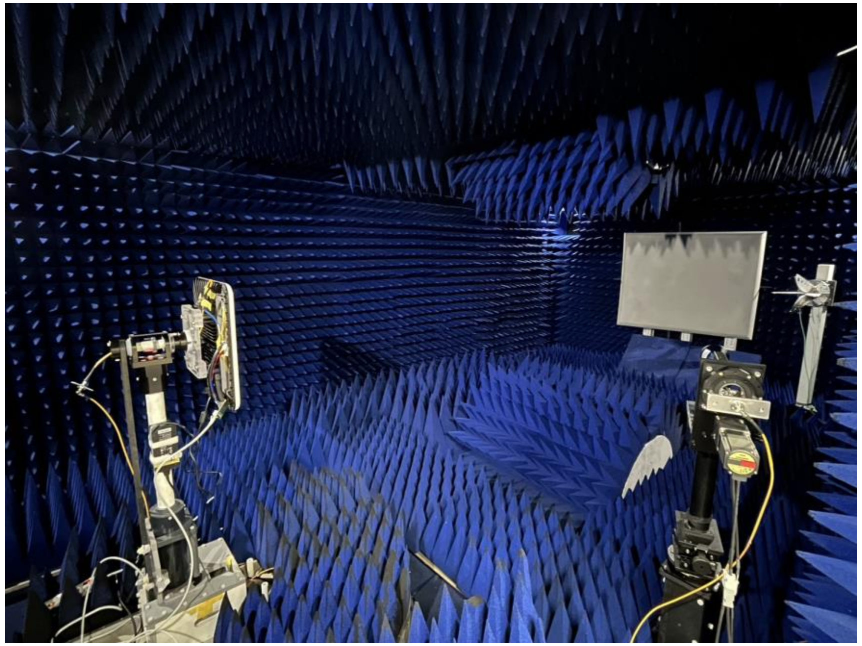


GSOA ATE/MRA測試項目

- ATE (Authorized Test Entities): as representative of GSOA
- MRA (Mutual Recognized Approval): for product approval

- TX
  - RF Frequency
  - IF Frequency
  - EIRP
  - Roll off factor
  - XPD (or AR)
  - Beamforming angle
  - HPBW
  - SLL
  - Depointing loss
  - Group delay
  - ACLR
  - EIRP flatness
- RX
  - RF Frequency
  - IF Frequency
  - Roll off factor
  - XPD (or AR)
  - Beamforming angle
  - HPBW
  - SLL
  - Depointing loss
  - G/T (or antenna temperature)
  - Group delay
  - Gain flatness

Associate members

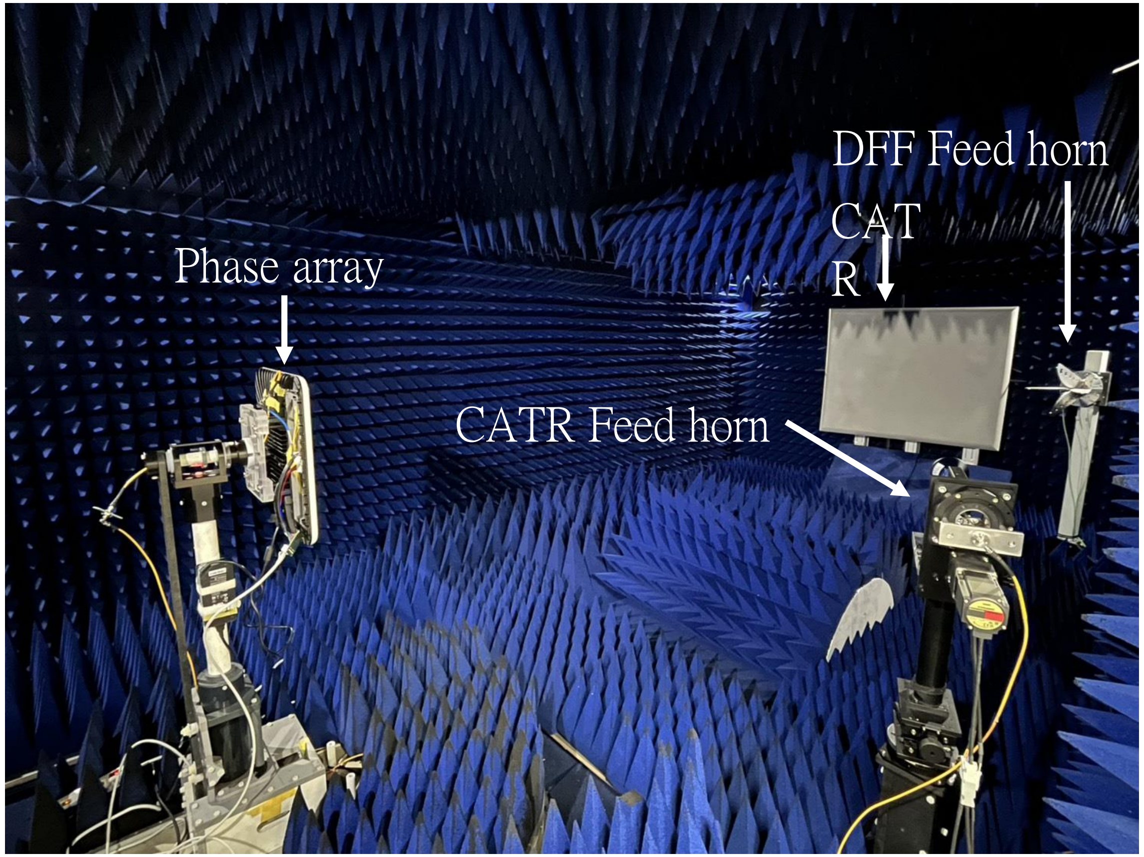


Note:
- At least low, middle, high frequency should be measured at TX and RX band.
- Sampling angle during measurement must <= 0.1*HPBW deg.
- Each beam have to be measured for ESA type product.(EL angle step 15 deg.)

衛星系統OTA方案-MS10

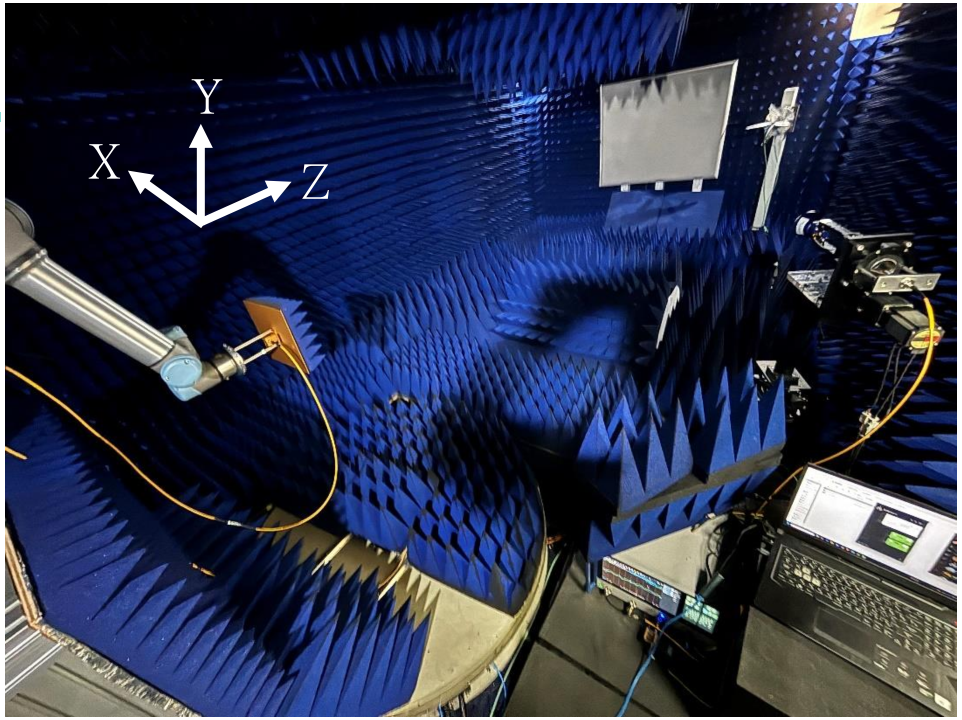
Chamber size and weight	
Chamber external size (LxWxH)	7.1x 4.1x 3.1 (m)
Weight	2000 kg
Direct far field (DFF)	
Frequency range	0.7~10 GHz
Test distance	4 m
QZ diameter	30 cm
Cross polarization	-30 dB
Compact test range (CATR)	
Reflector size	1.2x1.2 (m)
Frequency range	5~42 GHz
QZ size (diameter x deep)	60x25 cm
Cross polarization	-30 dB

- DFF and CATR test range are designed in MS10 chamber.



CATR QZ performance (10~15 GHz)				
Reflectivity (by VSWR method)	XPD	Amplitude taper	Amplitude ripple	Phase total variation
-33 dB	-30 dB	1 dB	+-0.5 dB	15 deg

MRA的OTA系統要求 - QZ



- The probe horn is mounted with the robotic arm. The robotic arm will move across the QZ with certain sampling step. The VNA will capture the S12 while the robotic arm is moving to each position of the QZ. The test conditions are listed below.

- Test range:
  - X and Y range: -30 ~ +30 cm, step: 1 cm (1.4λ@42 GHz)
  - Z range: -12.5 ~ +12.5 cm, step: 12.5 cm
- VNA power = 0 dBm, IF bandwidth = 1 kHz.

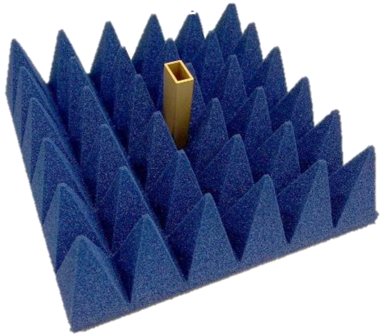
	Manufacturer/model	Description
Vector network analyzer	Rohde & Schwarz/ZNA67	Frequency 10 MHz to 67 GHz
Robotic arm	Universal robots/UR5e	Pose Repeatability +-0.03 mm
Pre-amplifier	Eravant/SBB-0117033015-0117033015-VFVF-E3	Frequency 0.01 to 70 GHz Gain 30 dB

Rohde & Schwarz/ZNA67

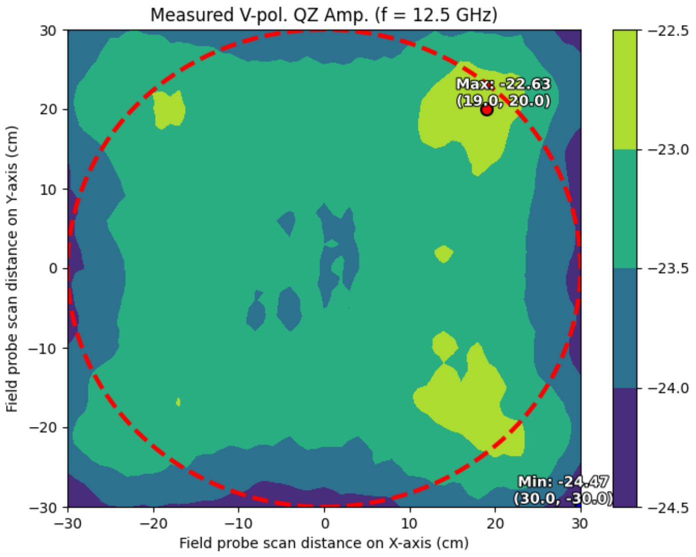
QZ驗證用標準天線(SGH)

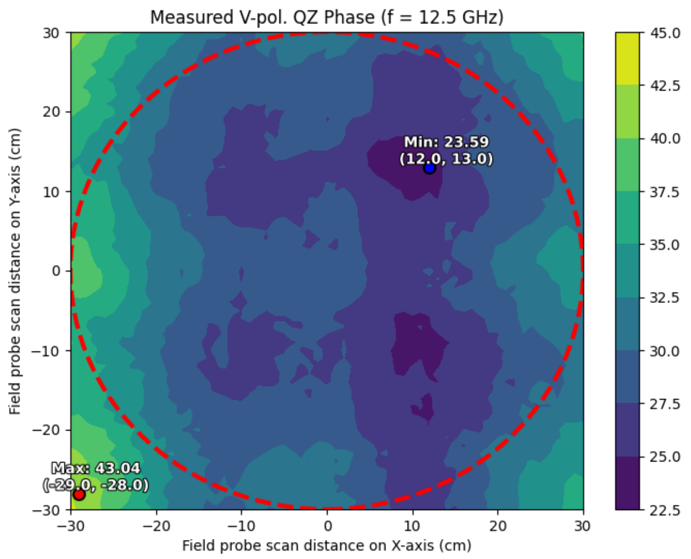
Probe horn antenna (for QZ test)				
Name	Frequency range	Antenna type	Antenna Gain	3 dB beamwidth
HA_0915G8	10~15 GHz	Open-ended waveguide horn	6~8 dBi	57~70 deg.
HA_1522G8	15~22 GHz	Open-ended waveguide horn	6~9 dBi	55~75 deg.
HA_2442G8	24~42 GHz	Open-ended waveguide horn	6~9 dBi	50~75 deg.

Probe horn antenna (for reflectivity test)				
Name	Frequency range	Antenna type	Antenna Gain	3 dB beamwidth
HA_0915G22	9~15 GHz	Rectangular horn	21~23 dBi	11~19 deg.
HA_1522G24	15~22 GHz	Rectangular horn	22~24 dBi	8~14 deg.
HA_2442G24k	24~42 GHz	Rectangular horn	22~25 dBi	9~15 deg.

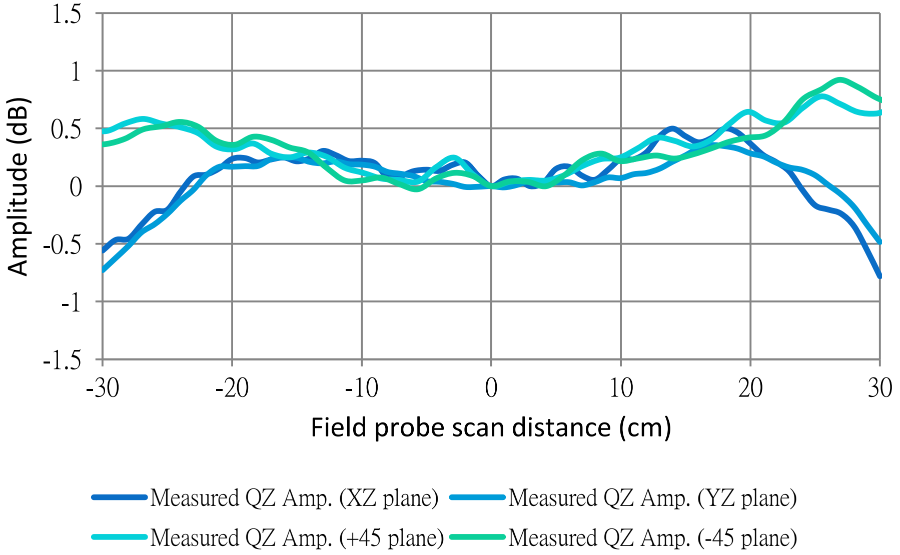


QZ Amp./Phase測試結果 – 北科大MS10

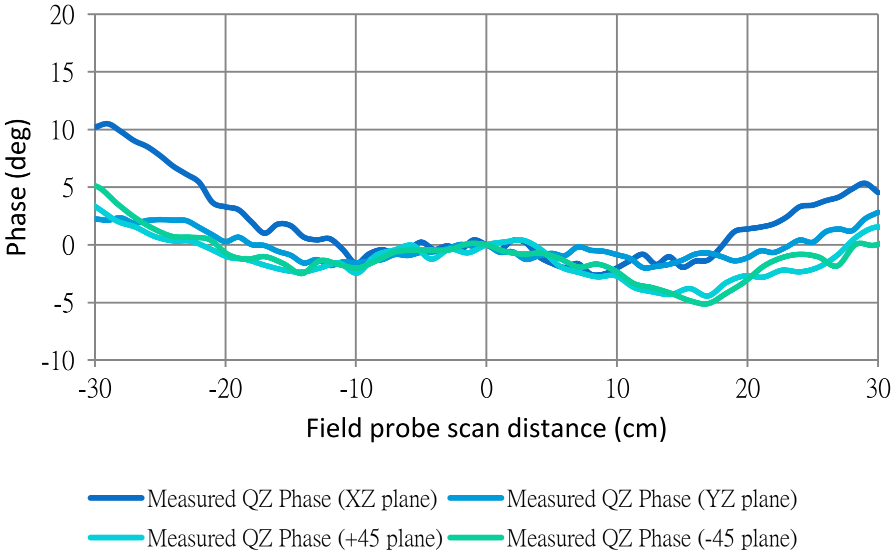




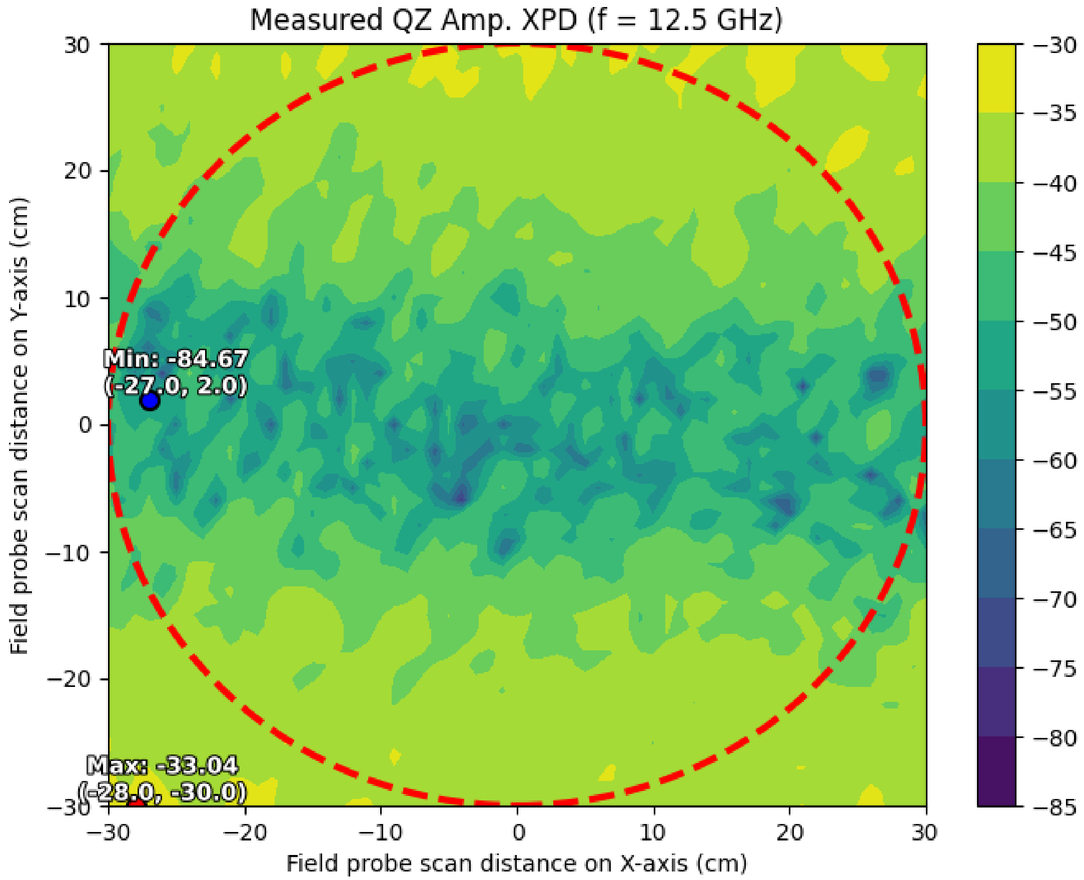
Measured V-pol. QZ Amp. (f = 12.5 GHz)

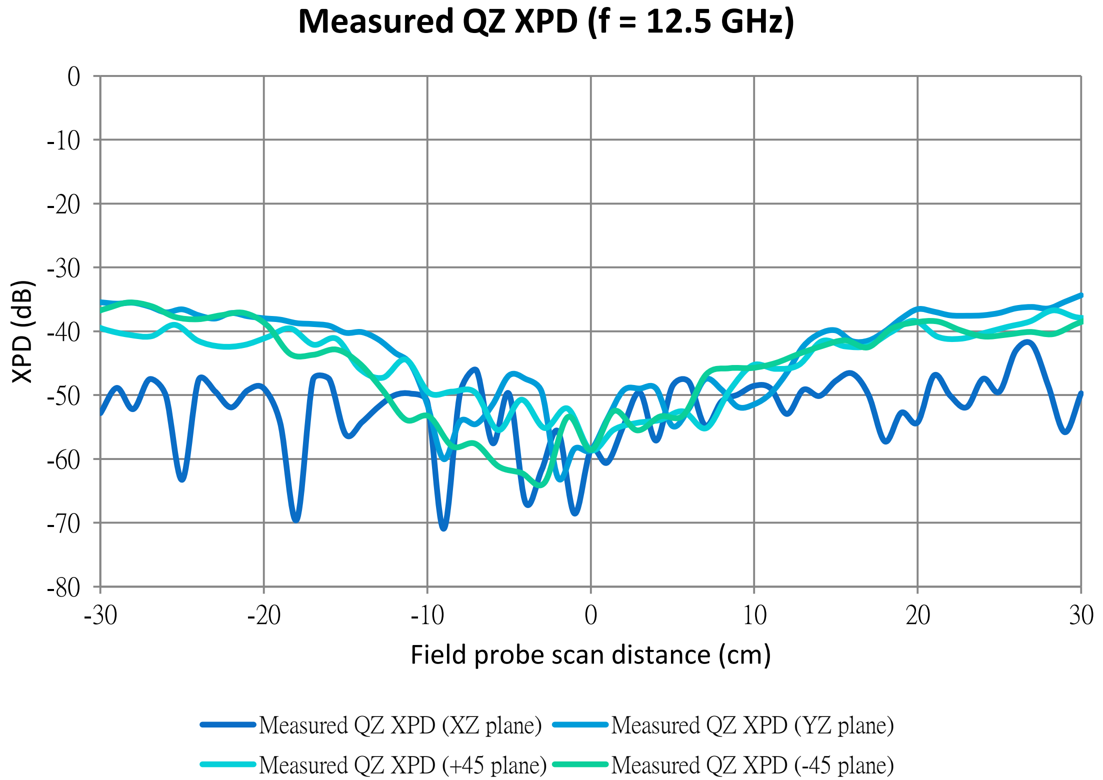


Measured V-pol. QZ Phase (f = 12.5 GHz)



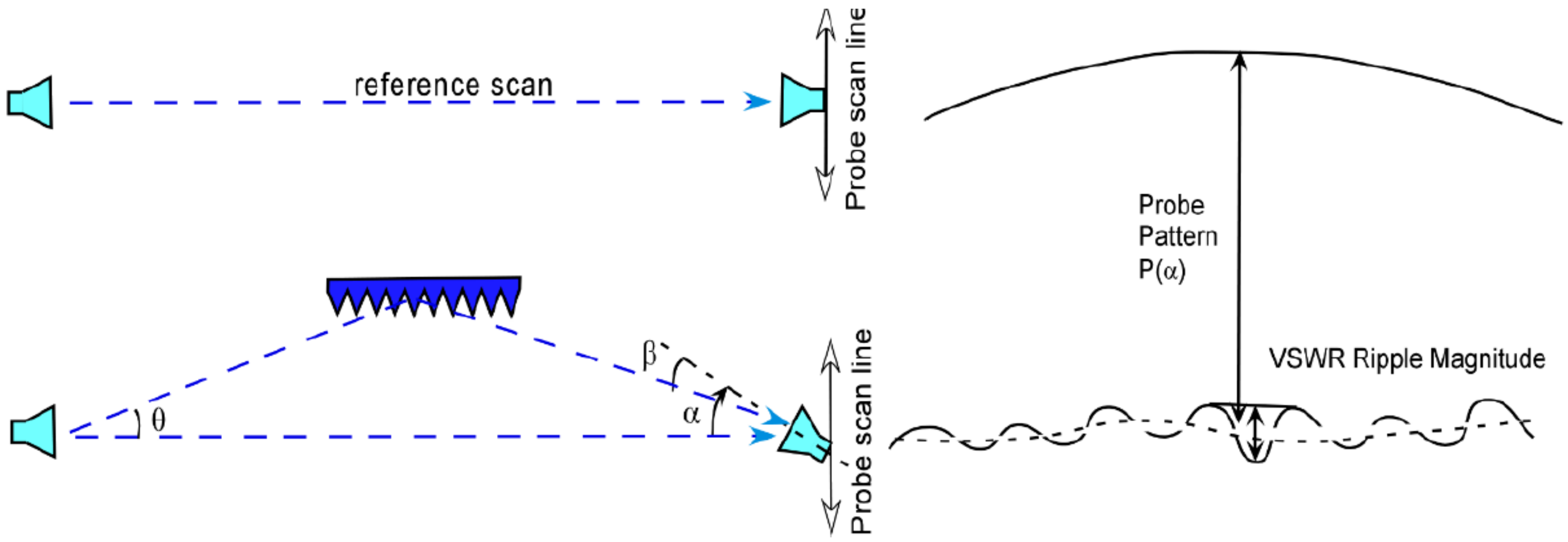
QZ XPD測試結果 – 北科大MS10





MRA的OTA系統要求 - Reflectivity

3D test fixture



$$R_{d-p-s} = 20\log_{10}\left(\frac{10^{\left(r_{p-p}/20\right)}-1}{10^{\left(r_{p-p}/20\right)}+1}\right) - \Delta L$$

$\text{Taper}_{QZ}\text{-Taper}_{multipath}$

$\text{Ripple}_{QZ}\text{-Ripple}_{multipath}$

where

R_{d-p-s} is the reflectivity for each direction (α), polarization, and scan

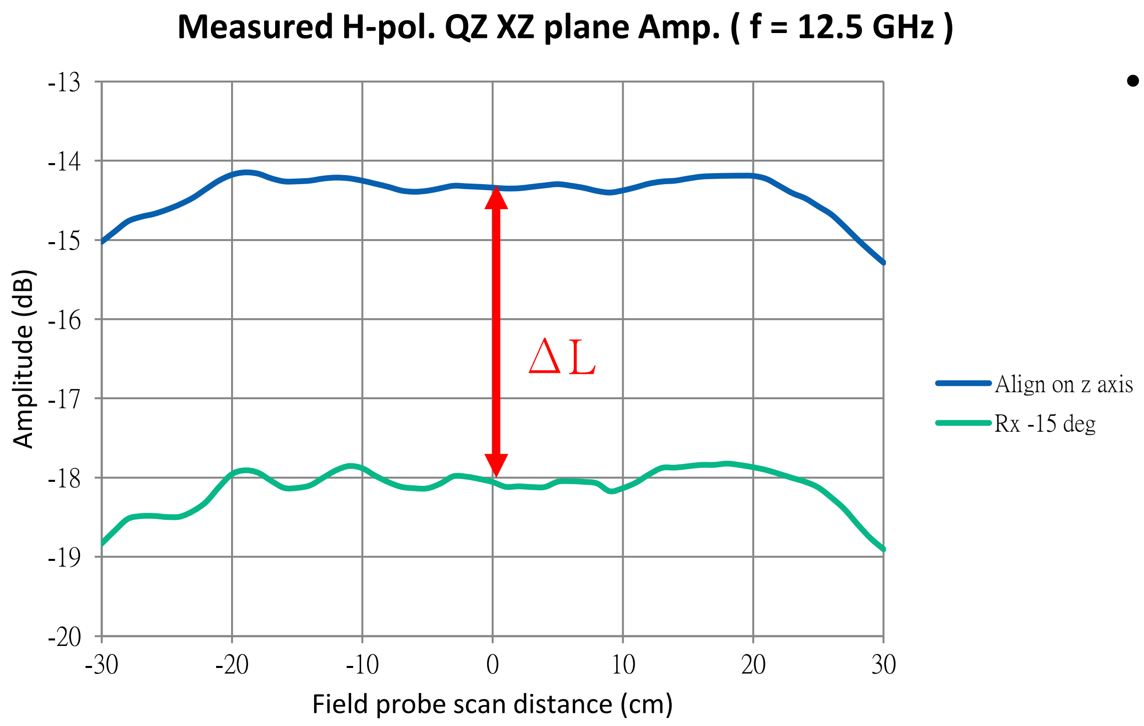
r_{p-p} is the peak-to-peak ripple in dB of the interfering signals

ΔL is the difference in level from the reference to the interference signal in dB as shown in Figure 33 and Figure 34

QZ reflectivity of chamber is related to following factor

- Probe horn Gain (Gain >= 20 dBi is recommended)
- Reflectivity of absorber
- Direction of probe horn
- Reflected signal (1st reflection or 2nd reflection)
- CATR feed horn spill over
- Shape of chamber and absorber placement

Reflectivity計算



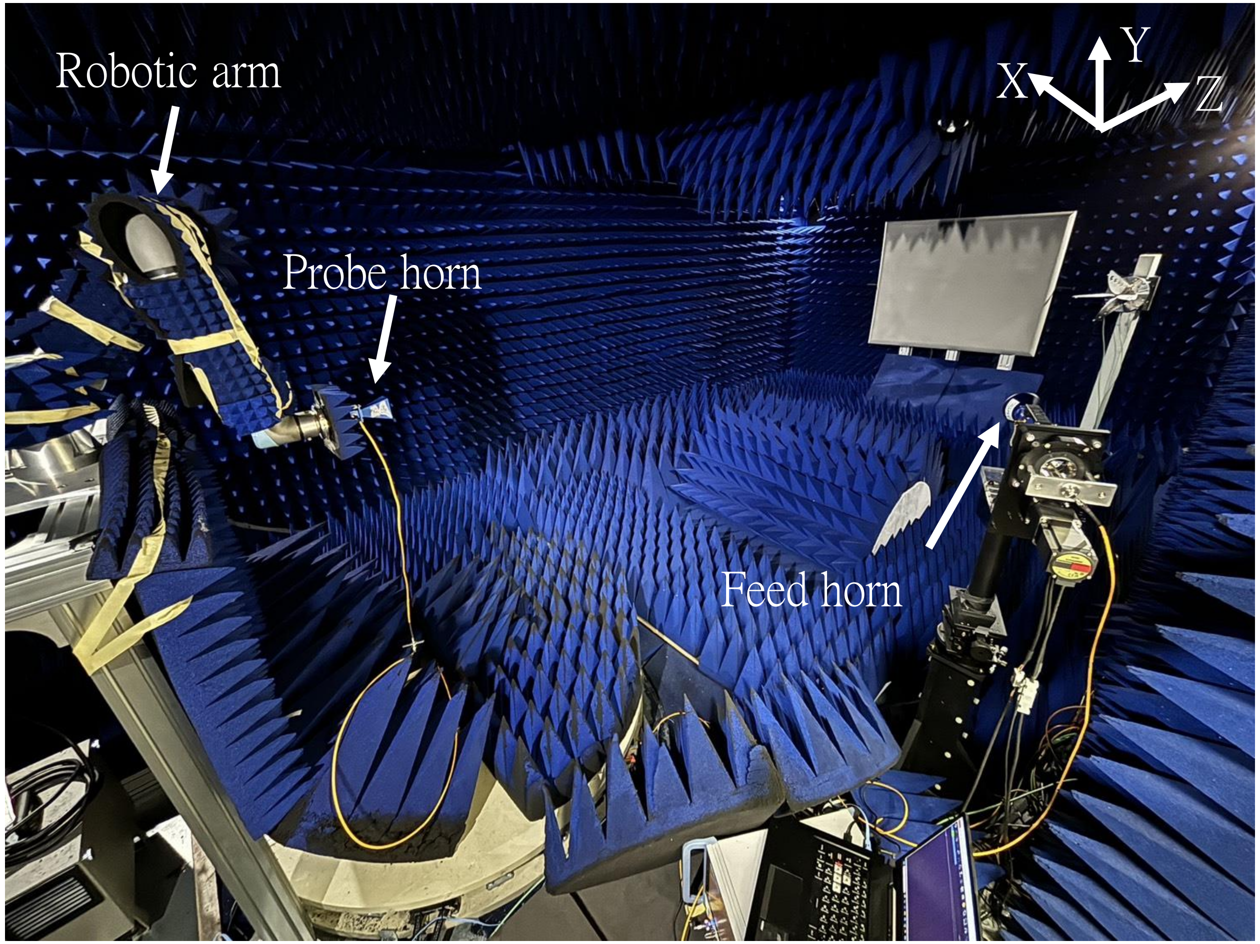
- When the on axis and the target angle (Rx -15 deg. as example) QZ amplitude is measured. Do the following calculation to quantify the reflectivity of the CATR chamber

Step	Calculation procedure
1	(Align on Z axis) – (Rx -15 deg.) unit in dB -> because the measurement result including QZ taper, QZ ripple and multiple reflection signal for "Rx -15 deg." case. First step is to take off the factor of QZ taper and ripple.
2	Calculate SWR of the reflection by Equ. 1. $r_{p\text{-}p}$ is max[(Align on Z axis) – (Rx -15 deg.)]-min[(Align on Z axis) – (Rx -15 deg.)]
3	Calculate ΔL. ΔL = [Align on Z axis(0)]-[Rx -15 deg(0)].
4	Calculate reflectivity by Equ. 2

$$\mathrm{SWR} = 20\log_{10}\left(\frac{10^{\left(r_{p-p}/20\right)}-1}{10^{\left(r_{p-p}/20\right)}+1}\right) \quad \text{- Equ. 1}$$

$$\mathrm{Reflectivity} = \mathrm{SWR} - \Delta L \quad \text{- Equ. 2}$$

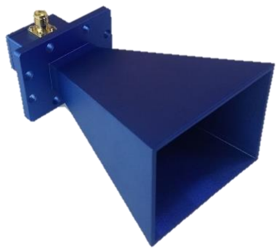
Reflectivity測試設定及流程



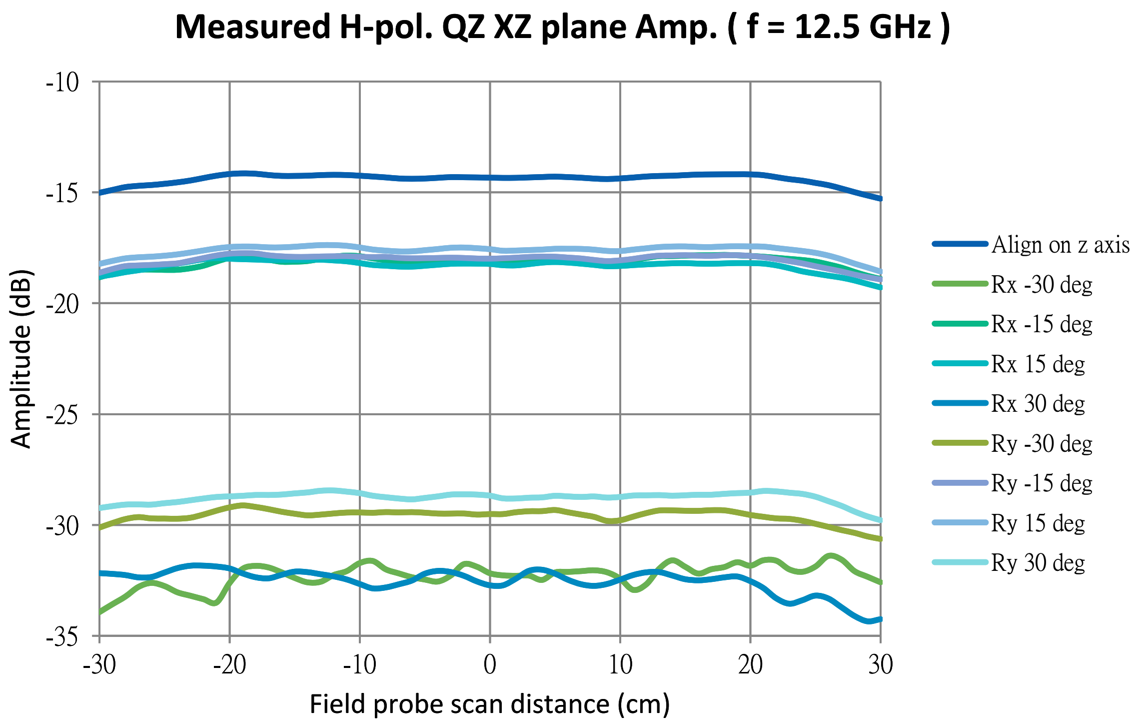
Step	Test procedure
1	Install the robotic arm in the chamber.
2	Mount the probe horn on robotic arm.
3	Align the probe horn on Z axis and aperture at the center of quiet zone.
4	Set the feed horn as V polarization.
5	Set the polarization of the probe horn same as the feed horn
6	Scan on XZ plane (X = -30 ~ +30cm, scan step 1 cm, Y&Z fix at 0cm) by moving the arm. Then acquire amplitude of S12 at each position.
7	Scan on YZ plane (Y = -30 ~ +30cm, scan step 1 cm, X&Z fix at 0cm) by moving the arm. Then acquire amplitude of S12 at each position.
8	Rotate probe horn to X axis -30 degree. And repeat Step 6~7 until probe horn rotate to X axis +30 degree (rotate step 15 deg.).
9	Rotate probe horn to Y axis -30 degree. And repeat Step 5~7 until probe horn rotate to Y axis +30 degree (rotate step 15 deg.).
10	Set the feed horn as H polarization. Repeat Step 5~9.
11	Finish measurement

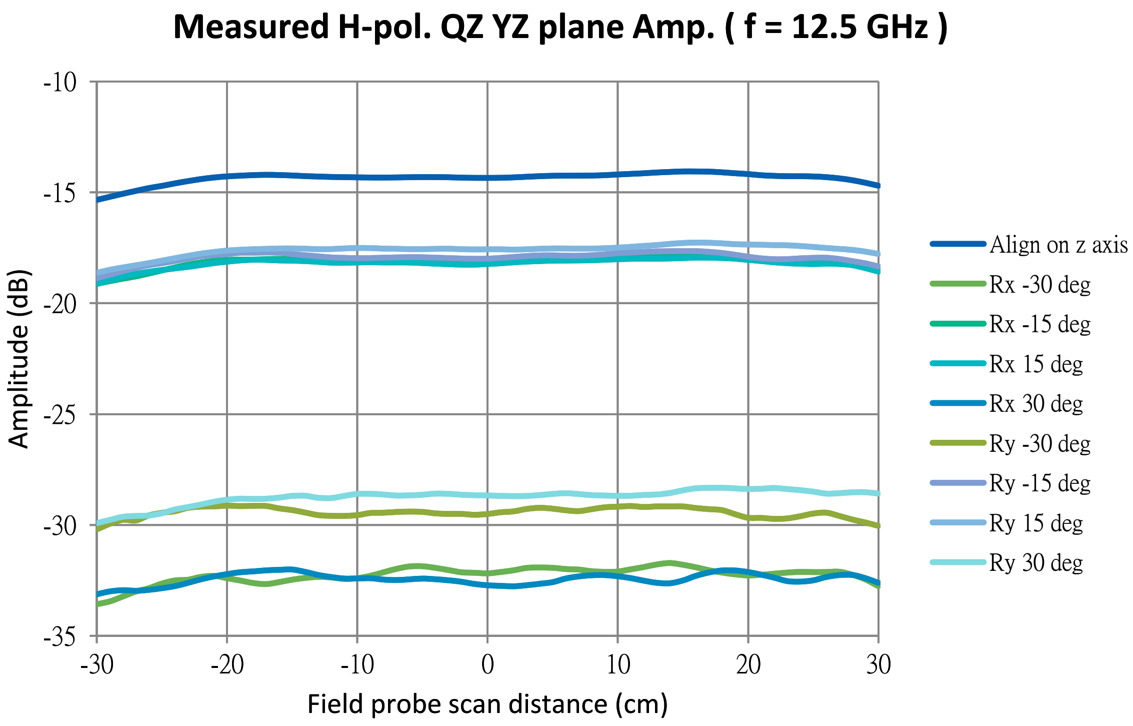
Reflectivity測試用標準天線(SGH)

CATR feed horn				
Name	Frequency range	Antenna type	Antenna Gain	3 dB beamwidth
HA_1015G17c	10~15 GHz	Corrugated horn	13.8~17.6 dBi	24~38 deg.
HAD_1522G17	15~22 GHz	Corrugated horn	15.5~18.7 dBi	21~34 deg.
HAD_2442G17	24~42 GHz	Corrugated horn	13~19 dBi	17~34 deg.
Probe horn antenna				
Name	Frequency range	Antenna type	Antenna Gain	3 dB beamwidth
HA_0915G17	10~15 GHz	Rectangular horn	15~18.2 dBi	22~33 deg.
HA_0915G22	10~15 GHz	Rectangular horn	20.5~24 dBi	11~19 deg.
HA_1524G24	15~22 GHz	Rectangular horn	20.8~24.1 dBi	10~14 deg.
HA_2442G24k	24~42 GHz	Rectangular horn	21.9~24.8 dBi	8~15 deg.



Reflectivity測試結果 – 北科大MS10

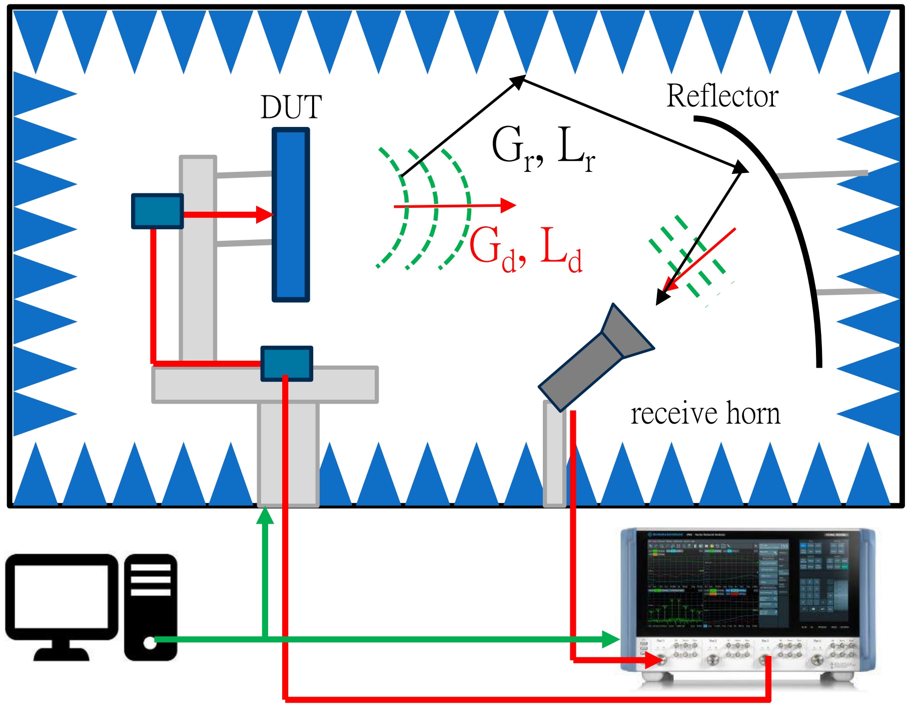




Reflectivity (dB) f=12.5GHz	Rx -30	Rx -15	Rx 15	Rx 30	Ry -30	Ry -15	Ry 15	Ry 30
XZ plane	-36.7	-35.8	-36.3	-34.7	-46.4	-42.1	-44.8	-46.9
YZ plane	-45.1	-42.3	-42.5	-43.6	-41.8	-39.2	-38.3	-40.3

Note: “Rx -30 deg.” means the probe horn is rotated to X axis -30 degree

Reflectivity對量測結果影響分析



- Control instruments
- Control DUT
- Control positioner
- Data analysis

- Receive power of the receive horn

-> $P_{receive} = (G_d\text{-}L_d)\angle\phi_d + (G_r\text{-}L_r)\angle\phi_r$

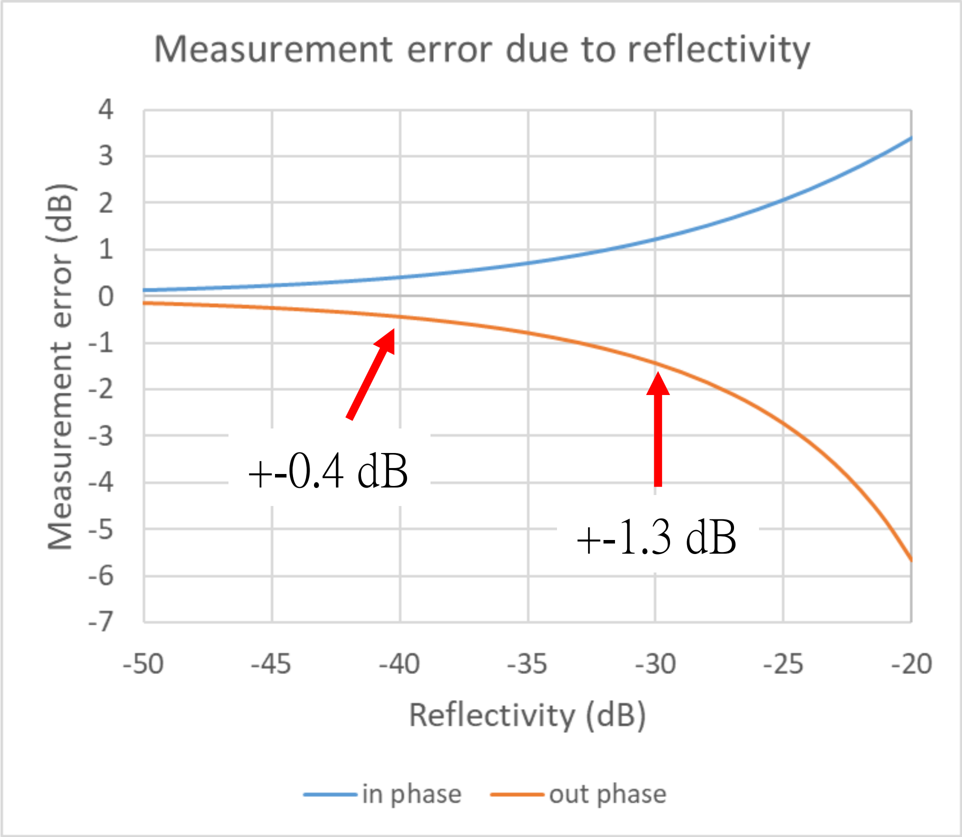
- ϕ_d and ϕ_r could be in phase or out of phase
- Reflectivity = L_r-L_d

G_d: gain of direct path
G_r: gain of reflected path
L_d: path loss of direct path
L_r: path loss of reflected path

分析結果

- When measure main lobe of the phase array (for G_d = 35 dBi, G_r = 21.4 dBi)

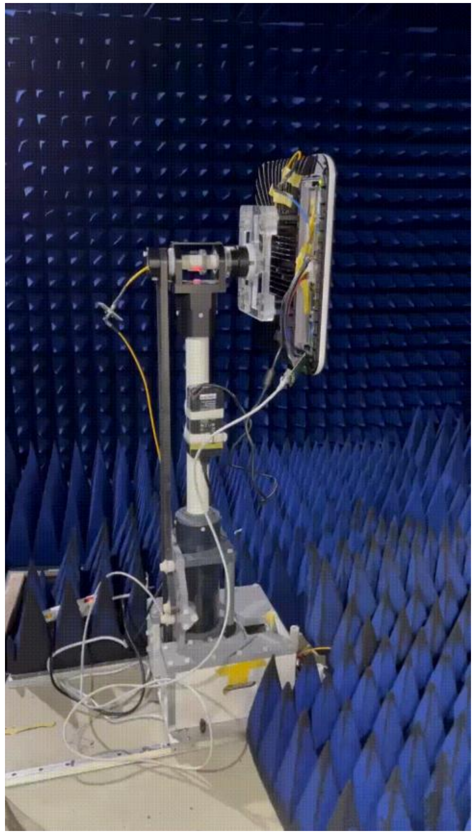
- When measure main lobe of the phase array (for G_d = 21.4 dBi, G_r = 35 dBi)

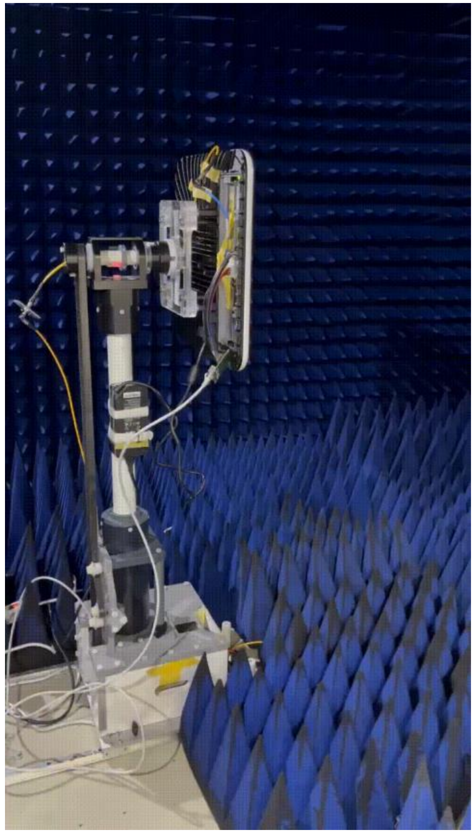


- Higher directivity DUT, lower reflectivity is required.

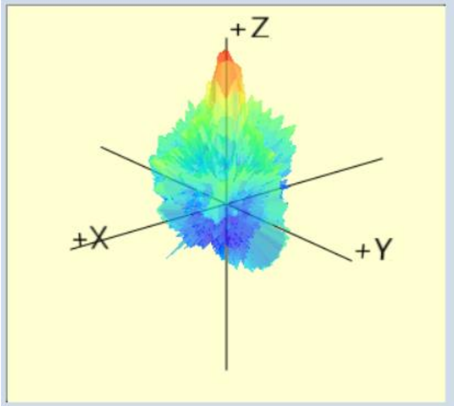
3D OTA量測速度提升

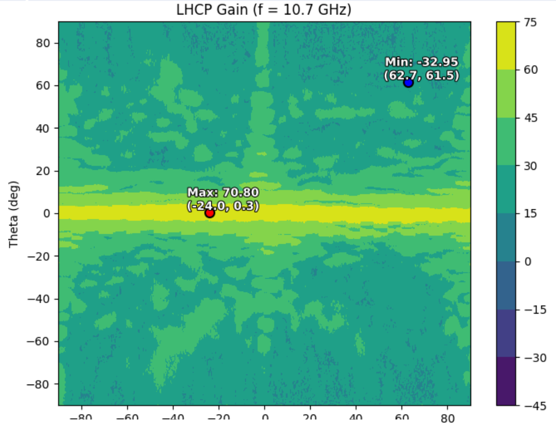
- Step measurement
- Continue measurement





	Sphere Efficiency (dB)	Hemi sphere Efficiency (dB)
11.7GHz Beam 0	43.31	43.30
11.7GHz Beam 45 0	44.37	44.35





Test Category	Test Item	Frequency point	Measurement Step	Beam Count	Time Required
half-3D	Tx beam direction x=0, y=0	1	0.3°	1	17 hrs
	Rx beam direction x=0, y=0	1	0.3°	1	17 hrs
	Tx other beam direction	1	5° for sidelobe, 0.3° for main beam	16	2 hrs x 16
	Rx other beam direction	1		16	2 hrs x 16
2D	vertical cut	3	0.3°	17	5 hrs
	horizontal cut	3	0.3°	17	5 hrs
parameter	EIRP	26	20 MHz	-	1 hrs
	Tx depointing loss	1	-	5	1 hrs
	Rx depointing loss	1	-	5	1 hrs
	group delay	-	-	-	8 hrs
	G/T	26	125 MHz	-	4 hrs
					123 hrs

- Hemisphere measurement 1000 hrs by step measurement -> reduced to 17 hrs by continue measurement

Total 7235 hr ~ 301天!!!???

BWant Co., Ltd 川升股份有限公司

衛星終端認證流程

- ATE需要見證(監督)MRA test過程，以確認該測試是準確且完整的
- ATE需要審查MRA test結果，然後ATE需要簽署表示認可測試結果

GSOA Full Members
衛星營運商

UT Manufacturer
終端設備製造商

ATE
Authorized Test Entity
授權測試機構

遞交測試報告
申請SSOTA

Operator A

某設備商 第一代終端

MRA testing

Data Package

某ATE

由於測試是互認的，
可以遞交同一份測試報告
來申請SSOTA

MRA testing

Operator B

某設備商 第二代終端

Operators如果覺得有需要，
可以要求額外測項

MRA(Mutual Recognition Arrangement) testing 互認協議 測試
- 設備製造商的產品**通過1次**MRA testing後，可以向**多家**衛星運營商**分別申請**該產品的SSOTA

SSOTA (Satellite System Operator Type Approval)衛星系統運營商 型式認證
- 設備製造商的產品如果具備某家衛星運營商的SSOTA，即**該產品得到該運營商的認證**，可以連接該運營商的衛星並正常運作，且不需要額外進行現場驗證

結論-國際標準的韌性執行模式

技術、人才及國際標準!!!

一款天線認證費用 >100萬
一座暗室滿載認證測試產能　約20次/年

產發署

MRA推廣單位

衛星UT量測

MRA執行單位
(學校、法人)

未來延伸：
其他衛星相關量測

衛星營運商	衛星UT商
SES/Iridium	正于微波
OneWeb	Sharp
Starlink	WNC
Amazon	國碁
Viasat	永辰
TASA	工研院
Telesat	芳興

量測技術

衛星UT
取得MRA

川升
2025 H2
取得GSOA ATE

未來延伸：
其他衛星相關認證

衛星相關技術、
衛星天線應用經驗、
量測技術挑戰

專家技術團隊 (學會、法人...)

3GPP
MTK
工研院
Sharp

衛星地面站
Kratos
昇達科
工研院

衛星/HAPS/無人載具
昇達科
稜研
中光電/神耀

BWant Co., Ltd 川升股份有限公司

BWant Co., Ltd 川升股份有限公司

221新北市汐止區新台五路一段104號16樓
(東方科學園區B棟16樓)

02-27951002

02-27951009

川升股份有限公司　BWant

service@bw-ant.com

https://www.bw-ant.com/

NKUST

高雄研發中心
高科大楠梓校區立誠樓5樓

戰略夥伴I ： 至高頻科技股份有限公司
300 新竹市東區慈雲路118號4樓 / 03-6109663

戰略夥伴II ： 正于微波股份有限公司
806 高雄市前鎮區新生路248之1號3樓
(臨廣科技產業園區)

火箭發射商與發射相關資訊(一)

火箭發射商	發射衛星類型	衛星所屬公司	每次發射成本（億美元）	每次發射數量	平均每顆衛星發射成本（萬美元）	發射場地	發射時間區段（年）	平均發射衛星總顆數(顆/年)
Arianespace	通訊、小型	SES、Eutelsat、Intelsat、OneWeb、亞馬遜（Kuiper計劃）	0.6	36	167	法屬圭亞那庫魯發射中心	2020-2025	288
SpaceX	通訊、星鏈	SpaceX（Starlink）、OneWeb、亞馬遜（Kuiper計劃）、NASA、國際商業公司	0.5	60	83	佛羅里達州甘迺迪航天中心	2018-2025	1200
ISRO	通訊、地球觀測	印度政府（ISRO）、Bharti Airtel、OneWeb、國際科研機構	0.5	36	139	印度薩迪什·達萬航天中心	2015-2025	216
Blue Origin	通訊、科研	亞馬遜（Kuiper計劃）、NASA、國際商業公司	0.65	45	144	美國德克薩斯州發射場	2022-2025	135
Rocket Lab	小型、科研	NASA、Planet Labs、Spire Global、Capella Space、BlackSky	0.075	10	75	紐西蘭馬希亞發射場	2018-2025	120

火箭發射商與發射相關資訊(二)

火箭發射商	發射衛星類型	衛星所屬公司	每次發射成本（億美元）	每次發射數量	平均每顆衛星發射成本（萬美元）	發射場地	發射時間區段（年）	平均發射衛星總顆數(顆/年)
Northrop Grumman	通訊、軍事	美國國防部（DoD）、NASA、商業公司	0.7	20	350	美國維珍尼亞州瓦勒普斯島	2020-2025	100
Relativity Space	小型	國際商業公司、科研機構	0.12	6	200	美國佛羅里達州卡納維拉爾角	2023-2025	12
ULA	通訊、軍事	美國國防部（DoD）、NASA、Boeing、Lockheed Martin、亞馬遜（Kuiper計劃）	1.65	20	825	佛羅里達州甘迺迪航天中心	2015-2025	80
Mitsubishi Heavy Industries	地球觀測、通訊	日本政府（JAXA）、Sky Perfect JSAT Corporation、科研機構	0.9	30	300	日本種子島宇宙中心	2015-2025	90
Firefly Aerospace	小型、科研	NASA、科研機構、商業公司	0.15	8	187.5	美國德克薩斯州發射場	2021-2025	32
Roscosmos	通訊、軍事	俄羅斯政府（Roscosmos）、OneWeb、俄羅斯國防部、科研機構	0.4	34	118	俄羅斯拜科努爾航天發射場	2010-2025	204

BWant Co., Ltd 川升股份有限公司