

实验三 不同极化天线的发射与接收

一、实验目的

1. 掌握什么是天线以及天线的作用；
2. 掌握天线的基本特性参数以及天线的分类；
3. 掌握圆极化天线以及矩形喇叭天线的概念及特点；
4. 掌握圆极化天线以及矩形喇叭天线的测试方法；
5. 掌握收发天线极化失配接收信号的影响，增强对电磁波极化及天线极化的理解；
6. 掌握手持式微波分析仪在矢量网络分析仪模式下的校准方法。

二、实验仪器

1. X 波段（8-12GHz）线性极化矩形喇叭天线两个，如图 1 所示：



图 1 线性极化矩形喇叭天线

2. 双圆极化喇叭天线两个，如图 2 所示，主要性能指标如表 1 所示：



图 2 双圆极化喇叭天线

表 1 双圆极化喇叭天线主要性能指标

参数名称	参数值
频率范围(GHz)	2-18
极化方式	双圆极化
增益(dBi)	11.5
轴比(dB)	典型值：2-3 @8.5 GHz

3. 另一组双圆极化天线两个，如图 3 所示，主要性能指标如表 2 所示：

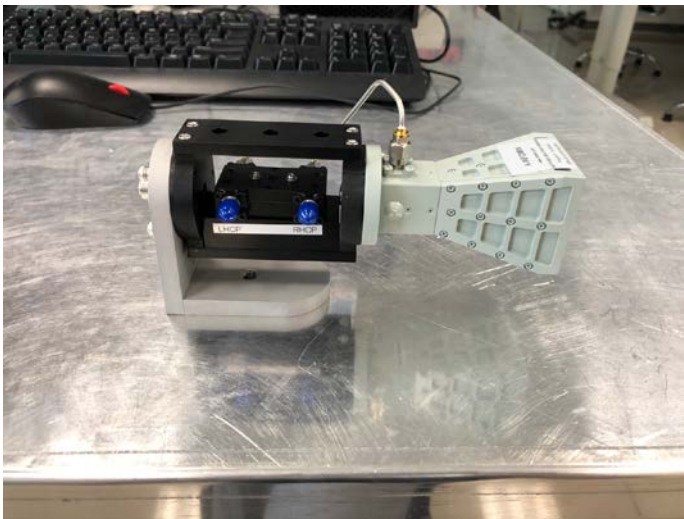


图 3 双圆极化喇叭天线

表 2 双圆极化喇叭天线主要性能指标

参数名称	参数值
频率范围(GHz)	6-18
极化方式	双圆极化
增益(dBi)	12
轴比(dB)	典型值：2-4

- 4. N9915A 或 N9916A FieldFox 手持式微波测量仪一台
- 5. 校准件 85052D 一套，同轴线、转接头、三脚架若干。

三、实验原理

天线是向空间辐射电磁能量，实现无线传输的重要设备。天线的极化是天线辐射的电磁波的极化，指的是天线最大辐射方向上某一固定点的电场矢量随时间变化的轨迹的形状

和方向。特殊情况下，形状可能是直线或圆，分别被称为线性极化和圆极化。圆极化分为左旋圆极化和右旋圆极化，顺着电波传播方向看，旋转方向为右旋的称为右旋圆极化，旋转方向为左旋的称为左旋圆极化。其中：

1. 线极化天线只能接收与它极化方向相同的极化分量，与它极化方向正交的极化分量，完全不能接收。
2. 圆极化天线只能接收与它极化手性相同的圆极化分量，与它极化手性相反的圆极化分量，完全不能接收。

天线接收的信号强度很大程度上取决于发射天线和接收天线之间的极化匹配程度，本实验利用线性极化天线和圆极化天线来测量具有不同极化关系的发射与接收天线之间的信号传输特性。

四、网络分析仪的校准

网络分析仪测试过程中的误差主要分为三类：系统误差、随机误差、漂移误差，如表 3 所示。校准可消除测试中的系统误差。校准是测量参数已知的标准元件，得到系统误差项的具体数值，然后通过计算对被测元件测试结果进行修正处理，消除其中误差成份，得到被测元件真实值。手持式微波分析仪有两个连接端口，每个端口都存在误差，因为本次实验包含发射天线和接收天线，所以我们要进行双端口校准。

1. 连线

在校准时，需要将测试所用同轴线一并与手持式微波分析仪两端口连接进行，如图 4 所示。



图 4 同轴线与手持式微波分析仪连接示意图

表 3 测量误差及特点

测量误差	特点
系统误差	<ul style="list-style-type: none"> ● 由仪表内部测试装置的不理想引起 ● 可预示和可重复出现，变化有规律 ● 能够被定量描述 ● 可通过校准消除
随机误差	<ul style="list-style-type: none"> ● 随时间随机变化 ● 不能通过校准消除 ● 引起随机误差的原因:设备噪声（激励源相位噪声、采样噪声及中频接收机本底噪声等）、开关重复性、连接器重复性
漂移误差	<ul style="list-style-type: none"> ● 主要由温度变化造成，可通过进一步校准消除。校准后仪表能够保持稳定精度的时间长短取决与测试环境中仪表的漂移速度. ● 通过定期计量消除

2. 参数设置

网络分析仪在校准时设置测试状态应该和被测件实际测试状态相同。这些测试状态包含：频率范围、功率、测试点数、接收机带宽、扫描时间等。测试参数需要在校准前设置，若在校准后改变设置，则校准无效。

- (1) 将手持式微波分析仪 N9915A/N9916A 复位（【Preset】→[Preset(Factory)]）后，选择进入网络分析仪模式（【Mode】→[NA]）；
- (2) 根据天线使用频段以及手持式微波分析仪 N9916A 的工作频段选择合适的频率范围，设置起始频率和终止频率：【Freq/Dist】→[Start] 6 GHz；[Stop] 14 GHz；N9915A 由于频率上限影响，设置为[Start] 8.2 GHz；[Stop] 8.8 GHz，在本次实验中仅用于测量矩形喇叭天线。
- (3) 【BW】选择中频带宽 1KHz；
- (4) 【Meas Setup】→[Output Power]设为 High；
- (5) 【Sweep】→[resolution]根据频率范围选择，本次实验中建议取 801（6~14Ghz）与 201（8.2~8.8Ghz）。

3. 选择校准件，通过仪器校准的 Guide 完成校准

- (1) 在面板上按下软键【Cal】后，如图 4 所示，选择“Mechanical Cal”后，选择“Change Cal Type”为“Full 2-Port”后，选择“Select and Finish”使配置生效，并出现图 5 所示界面；

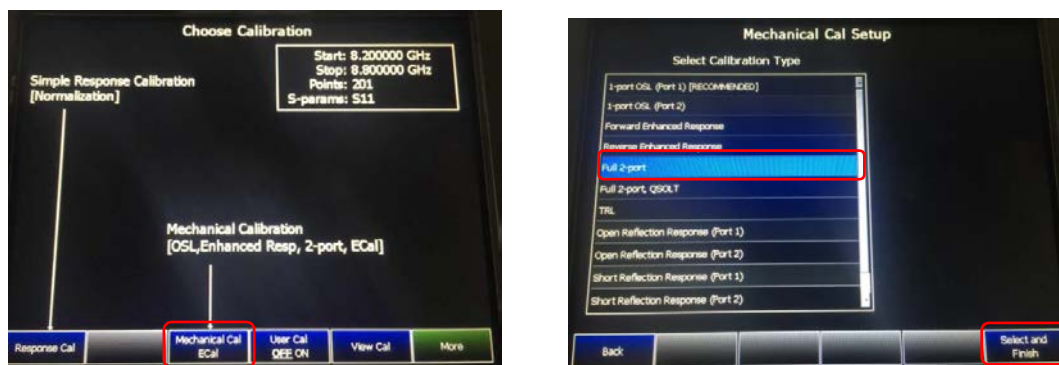


图 5 Mechanical Cal 以及校准端口选择

- (2) 图 6 所示界面中，选择“Change DUT Connectors”，DUT 是指被测器件，在本次试验中特指天线的接头，请根据实际情况将 Port1 和 Port2 分别设置为“3.5 mm Female”（通过“Next Port2”进行端口选择）；

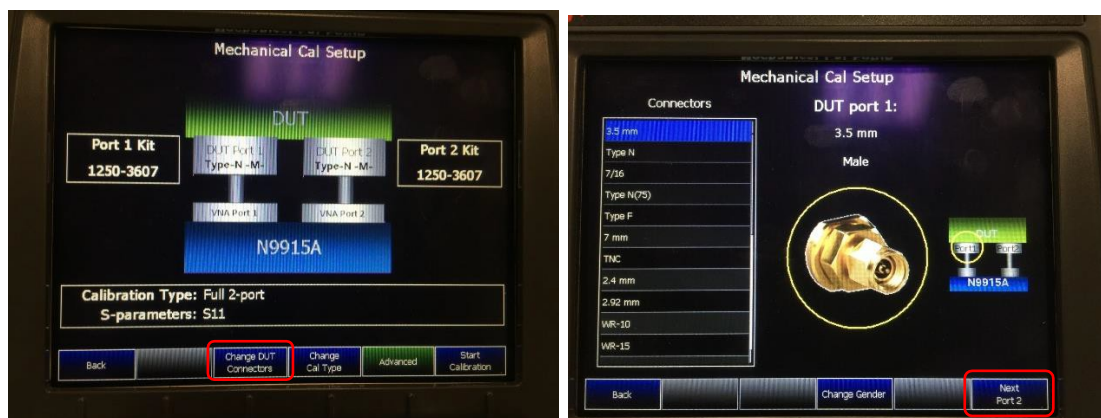


图 6 选择 Connector 类型

- (3) 如图 7 所示，将 Port 1 和 Port 2 校准件分别设置为: 85052D:3.5mm Calibration Kit(通过“Next Port2”进行端口选择)，并选择“Finish”使配置生效；

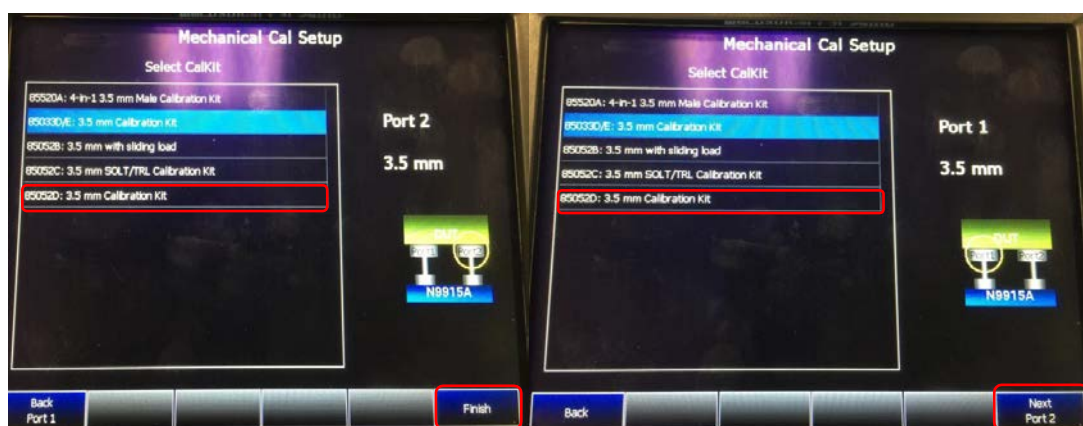


图 7 选择 Calibration Kit

- (4) 如图 8 所示，校准接头以及校准件选择完毕后，选择“Start Calibration ”开始校准；

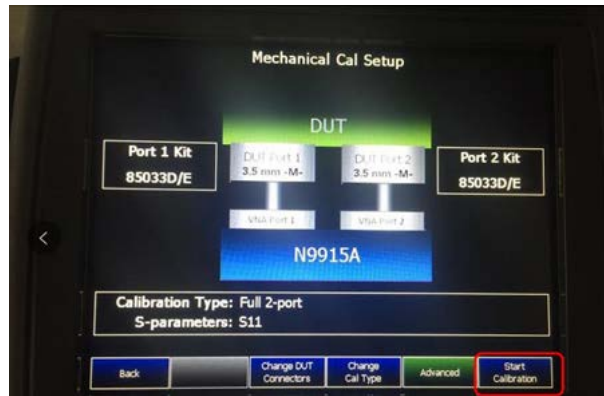


图 8 开始校准

(5) 取出校准器件，二端口矢量校准方法为 Open-Short-Load-Thru，进行 7 次连接校准，即为：

- Port1 依次连接开路 Open(O)、短路 SHORT(S)、负载 LOAD(L)；
- Port2 依次连接开路 Open(O)、短路 SHORT(S)、负载 LOAD(L)
- Port1 和 Port2 直通连接(Through)

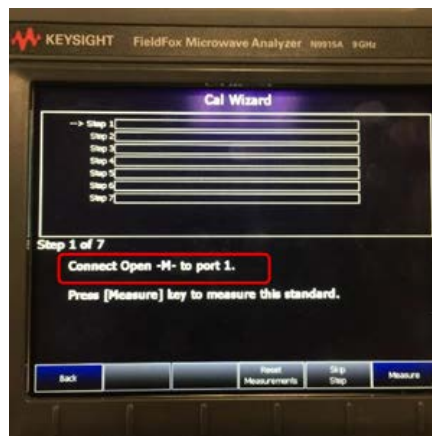


图 9 Open-Short-Load-Thru 校准

如图 9 所示，将校准件的 OPEN 端连接至 Port1 所连同轴线，连接后点击 Measure。当屏幕上出现“连接短路器到端口”时，将 SHORT 端连接至同轴线，连接后点击 Measure。当屏幕上出现“连接负载到端口”时，将校准件 Load 端连接至同轴线，连接后点击 Measure。此后，重复以上的步骤，对 Port2 进行 Open-Short-Load 校准。

完毕后，如图 10 所示，使用合适的 Thru 件将两条同轴线连接起来，点击 Measure。完成后点击 Finish 后将校准件拧下，放回原处，准备测试。



图 10 Thru 件及直通连接校准

五、测试

1. 圆极化天线的接收特性测试：测试示意图如图 11 所示。首先将一对圆极化天线对准，两个天线顶端相距约 20cm；然后将手持式微波分析仪两个端口所连同轴线分别与两个天线的同轴输入端口相连，按照 R-R、L-L、R-L 以及 L-R 的顺序依次进行测试，使用 Marker 功能辅助读数，分别拍照并记录 S_{21} 在 8.5GHz 的幅值并填入下表；



图 11 圆极化天线的接收特性测试示意图

天线极化模式	R-R	L-L	R-L	L-R
$ S_{21} $ @8.5GHz				

2. 矩形喇叭天线间的接收特性测试：测试示意图如图 12 所示，首先将一对矩形喇叭天线调水平（0 刻度）并正对，两个辐射面相距约 40cm；然后将手持式微波分析仪两个端口所连同轴线分别与两个天线的同轴输入端口相连。

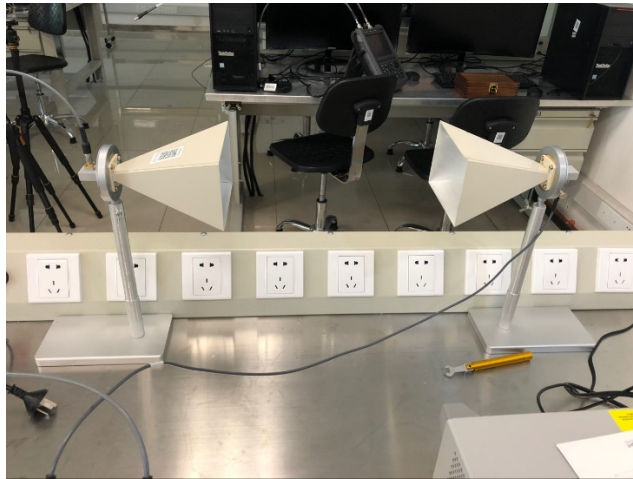


图 12 矩形喇叭天线的接收特性测试示意图

- (1) 将其中一个矩形喇叭天线固定，将另一个喇叭天线从 0° 开始逆时针逐次旋转 10° ，使得收发天线极化失配，测得 0° 到 90° 共 10 组数据,拍照并使用 Marker 功能辅助读数，记录 S_{21} 在 8.5GHz 的幅值和与转角的对应关系填入下表，然后画图。

天线旋转角度	0°	10°	20°	30°	40°
$ S_{21} $ @8.5GHz					
天线旋转角度	50°	60°	70°	80°	90°
$ S_{21} $ @8.5GHz					

- (2) 将其中一个矩形喇叭天线固定，将另一个喇叭天线从 0° 开始顺时针逐次旋转 10° ，使得收发天线极化失配，测得 0° 到 90° 共 10 组数据,拍照并使用 Marker 功能辅助读数，记录下 S_{21} 在 8.5GHz 的幅值和与转角的对应关系填入下表，然后画图。

天线旋转角度	0°	10°	20°	30°	40°
$ S_{21} $ @8.5GHz					
天线旋转角度	50°	60°	70°	80°	90°
$ S_{21} $ @8.5GHz					

3. 圆极化天线和矩形喇叭天线间的接收特性测试：测试示意图如图 13 所示，首先将圆极化天线和矩形喇叭天线正对，两个辐射面相距约 40cm；然后将手持式微波分析仪两个端口所连同轴线分别与两个天线的同轴输入端口相连。

- (1) 将同轴线连接至圆极化天线的左旋输入端口，将矩形喇叭天线从 0° 开始逆时针逐次旋转 10° ，测得 0° 到 90° 共 10 组数据,拍照并使用 Marker 功能辅助读数，记录下 S_{21} 在 8.5GHz 的幅值和与转角的对应关系填入下表，然后画图。

天线旋转角度	0°	10°	20°	30°	40°
$ S_{21} $ @8.5GHz					
天线旋转角度	50°	60°	70°	80°	90°
$ S_{21} $ @8.5GHz					

- (2) 将同轴线连接至圆极化天线的右旋输入端口，将矩形喇叭天线从 0° 开始逆时针逐次旋转 10° ，测得 0° 到 90° 共 10 组数据,拍照并使用 Marker 功能辅助读数，记录下 S_{21} 在 8.5GHz 的幅值和与转角的对应关系填入下表，然后画图。

天线旋转角度	0°	10°	20°	30°	40°
$ S_{21} $ @8.5GHz					
天线旋转角度	50°	60°	70°	80°	90°
$ S_{21} $ @8.5GHz					



图 13 圆极化天线和矩形喇叭天线的接收特性测试示意图

六、实验报告

1. 文字通顺，数据齐全，图表规范清晰，并注明测试条件（特别是天线间的距离），完整而又真实地将实验结果表达出来；
2. 报告需要包括测试过程中的各项图表数据以及对数据的处理，并对实验结果进行解释；
3. 分析可能引起测量误差的因素。