

## 实验四 微波定向耦合器和功分器特性测量

### 一、 实验目的

- 1、了解微波定向耦合器和功分器的结构及功能特性；
- 2、掌握用矢量网络分析仪测量微波定向耦合器和功分器性能参数的方法。

### 二、 实验原理

#### （一） 定向耦合器

定向耦合器是一种电子元件，主要用于将微波信号从一个端口传输到另一个端口，同时保持信号的方向性。它可以将信号从一个端口引导到另一个端口，而不会影响其他端口的信号传输。定向耦合器在无线通信、雷达、天线等领域有着广泛的应用。



图 4-1 同轴型结构的定向耦合器

主要特性有：

**定向性：**定向耦合器可以将一部分输入信号传输到输出端口，同时将另一部分信号反向传输到反向端口，从而实现信号的定向耦合。

**平衡性：**定向耦合器在传输信号时保持平衡状态，即输入端口和输出端口的阻抗相等，从而避免信号反射和损耗。

**带宽宽广：**定向耦合器具有宽带特性，可以传输多个频段的信号。

**低插入损耗：**定向耦合器在传输信号时，插入损耗很小，可以保持信号的强度和质量。

**高隔离度：**定向耦合器可以将输入信号和反向信号隔离，从而避免信号互相干扰。

**可调性：**一些定向耦合器可以通过调整其结构或参数来改变其性能，从而满足不同的应用需求。

定向耦合器的特性参量主要有（1）耦合度（2）方向性（3）输入驻波比（4）带宽范围。

**耦合度（过渡衰减）**指输入至主线的功率  $P_1$  与副线中正向传输的功率  $P_3$  之比称为定向耦合器的耦合度  $C$ ，也称为过渡衰减。

$$C = 10\lg \frac{P_1}{P_3} (dB) = 20\lg \frac{U_1}{U_3} (dB) \quad (5-1)$$

式中  $P_1, U_1$  分别为主线输入端的功率及电压； $P_3, U_3$  分别为副线正方向传输的功率及电压。

**方向性**指副线中正方向传输的功率与反方向传输的功率之比称为定向耦合器的方向性一般用  $D$  表示。

$$D = 10\lg \frac{P_3}{P_4} (dB) = 20\lg \frac{U_3}{U_4} (dB) \quad (5-2)$$

式中  $P_3, U_3$  分别为耦合器至副线正方向传输的功率及电压； $P_4, U_4$  分别为耦合至副线反方向传输的功率及电压。

**隔离度**表示输入至主线的功率与副线反方向传输的功率之比，是反映定向程度的另一指标，即

$$L = 10\lg \frac{P_1}{P_4} (dB) = 20\lg \frac{U_1}{U_4} (dB) \quad (5-3)$$

耦合度、方向性和隔离度三者之间有关系为：

$$D = 10\lg \frac{P_3}{P_4} = 10\lg \frac{P_1}{P_4} - 10\lg \frac{P_1}{P_3} = L - C \quad (5-4)$$

一个理想的定向耦合器，方向性为无穷大，即功率由主线端“1”输入，则副线仅端“3”有输出，而端“4”无输出；反之，若功率由主线端“2”输入，副线仅端“4”有输出，端“3”无输出。然而实际情况并非如此，即功率由端“1”输入，端“4”还有一定的输出，所以方向性为一有限值。

## （二）微波功分器

微波功分器是一种用来分配和测量微波功率的仪器。它可以将输入的微波信号分成两个或多个输出，以便对不同的输出进行测试。微波功分器通常用于微波通信、雷达系统、卫星通信等领域。它的主要作用是将微波信号分配到不同的接收器或天线中，以便进行测量和控制。



图 4-2 SMA 型的功分器

功分器全称功率分配器，英文名 Power divider，是一种将一路输入信号能量分成两路或多路输出相等或不相等能量的器件，也可反过来将多路信号能量合成一路输出，此时可也称为合路器。一个功分器的输出端口之间应保证一定的隔离度。功分器按输出通常分为一分二（一个输入两个输出）、一分三（一个输入

三个输出)等。

功分器的主要技术参数有功率损耗(包括插入损耗、分配损耗和反射损耗)、各端口的电压驻波比,功率分配端口间的隔离度、幅度平衡度,相位平衡度,功率容量和频带宽度等。

功分器从结构上分为两大类:

无源功分器,它的主要特点是:工作稳定,结构简单,基本上无噪声;而它的主要缺点是接入损耗太大。有源功分器由放大器组成,它的主要特点是:有增益,隔离度较高,而它的主要缺点是有噪声,结构相对复杂一些,工作稳定性相对较差。功分器输出的端口有二功分、三功分、四功分等。

### 三、实验要求

- 1) 严格按照实验操作规范进行操作,注意安全,避免损坏仪器;
- 2) 按照本文档提供的操作步骤完成实验,认真记录实验结果,按要求完成实验报告。

### 四、实验内容

正确连接同轴电缆,注意公头母头的配对使用。连接转接头时一定要注意对正,缓慢旋紧,不可强行旋转连接,以防损坏接头。

- **数据记录:** 表格要求记录的数据记在表格,其他测试数据保存为 excel 文件。

#### (一) 矢量网络分析仪的校准

**实验器材:** N-SMA 连接线 2 根、SMA 双阴接头 2 个、SMA 公头校准件 1 套(开路、短路、匹配负载)。

- 1、按下 PRESET 按键重置矢量网络分析仪;
- 2、设定矢网的扫描频率范围: START-380MHz, STOP-3000MHz;
- 3、矢网 PORT1 和 PORT2 端口分别连接 N-SMA 连接线,设置校准件型号为 85033E,按照双端口校准的设置和过程完成测试校准。

#### (二) 微波功分器特性测量

**实验器材:** SMA 公头匹配负载 1 只、功分器 1 只。

注:功分器是三端口微波器件,实验中使用的功分器三个端口为 COM、PORT1, PORT2,分别标记为 1、2、3 端口。

- 1、**测量 COM 端口的 S11(回波损耗), SWR(驻波比):** 功分器的 PORT1、PORT2 端口连接匹配负载,COM 端口连接到矢网 PORT1 端口的 SMA 同轴电缆接口。矢网 TRACE 窗口显示 S11 和 VSWR。
- 2、**测量 PORT1 端口的插入损耗:** 功分器的 PORT2 端口连接匹配负载,功分器的 COM 端口连接到矢网 PORT1 端口的 SMA 同轴电缆接口,功分器的 PORT1 端口连接到矢网 PORT2 端口的 SMA 同轴电缆接口。矢网 TRACE 窗口显示 S21。
- 3、**测量 PORT2 端口的插入损耗:** 功分器的 PORT1 端口连接匹配负载,功分器的 COM 端口连接到

矢网 PORT1 端口的 SMA 同轴电缆接口，功分器的 PORT2 端口连接到矢网 PORT2 端口的 SMA 同轴电缆接口。矢网 TRACE 窗口显示 S21。

- 4、**测量分支隔离度：**功分器的 COM 端口连接匹配负载，功分器的 PORT1 端口连接到矢网 PORT1 端口的 SMA 同轴电缆接口，功分器的 PORT2 端口连接到矢网 PORT2 端口的 SMA 同轴电缆接口。矢网 TRACE 窗口显示 S21。

测量数据记录入下表：

参数\频率	380MHz	1. 0GHz	2. 0GHz	3. 0GHz	参考
COM 端口回波损耗(S11)					
COM 端口驻波比(SWR)					$\leq 1.3$
COM-PORT1 插入损耗(S21)					$\geq 3$
COM-PORT2 插入损耗(S31)					$\geq 3$
PORT1-PORT2 隔离度(S32)					$>20\text{dB}$

### (三) 微波定向耦合器特性测量

**实验器材：**N-SMA 转接头 3 只、SMA 匹配负载 2 只、N 型定向耦合器 1 只。

**注：**定向耦合器是四端口微波器件，实验中使用的定向耦合器可见的三个端口为 IN、OUT、COUPLER，分别标记为 1、2、3 端口。

- 测量 S11(回波损耗)、SWR(驻波比)：**定向耦合器的 OUT、COUPLER 端口连接匹配负载，IN 端口连接到矢网 PORT1 端口的电轴电缆接口。矢网 TRACE 窗口显示 S11 和 VSWR。
- 测量 S21(插入损耗)：**定向耦合器的 COUPLER 端口连接匹配负载，IN 端口连接到矢网 PORT1 端口的电轴电缆接口，OUT 端口连接到矢网 PORT2 端口的电轴电缆接口。矢网 TRACE 窗口显示 S21。
- 测量 S31(耦合度)：**定向耦合器的 OUT 端口连接匹配负载，IN 端口连接到矢网 PORT1 端口的电轴电缆接口，COUPLER 端口连接到矢网 PORT2 端口的电轴电缆接口。矢网 TRACE 窗口显示 S21。
- 测量 S32(隔离度)：**定向耦合器的 IN 端口连接匹配负载，OUT 端口连接到矢网 PORT1 端口的电轴电缆接口，COUPLER 端口连接到矢网 PORT2 端口的电轴电缆接口。矢网 TRACE 窗口显示 S21。

测量数据记录入下表：

参数\频率	800MHz	1. 2GHz	2. 0GHz	2. 2GHz	2. 7GHz	参考
IN 端口回波损耗(S11)						
IN 端口驻波比(SWR)						$\leq 1.4$
IN-OUT 插入损耗(S21)						$<0.8\text{dB}$

IN-COUPLER 耦合度 (S31)						$\approx 10\text{dB}$
OUT-COUPLER 隔离度 (S32)						$\geq 25\text{dB}$

## 五、 报告处理

请查资料理解回波损耗、插入损耗、耦合度、隔离度的定义与含义，结合实验数据分析不同频率下性能的优劣，考虑器件设计的主要指标的目的。