

# 实验六

## 二端口微波器件S参量的测量

# 实验目的



- 掌握用三点法测量任意二端口微波网络器件的散射参量

# 微波网络参数



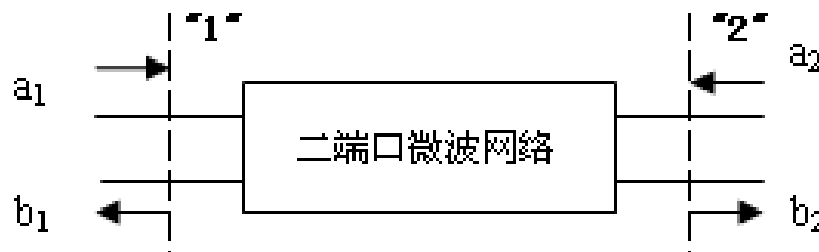
- 基本理论：

- 研究微波元件的特性，通常有两种方法：
  - 场的方法
  - 网络分析法
- 每个微波元件，如衰减器、定向耦合器等，都可以看成一个网络，这些网络的特点是输出功率比输入功率小，所以称为无源网络。
- 测量无源网络的参量，有很多的方法，并且有多种表达形式，如阻抗参量  $[Z]$ ，导纳参量  $[Y]$ ，散射参量  $[S]$  等。
- 微波频段通常采用  $[S]$  参量，它可以比较容易用实验方法测量出来，并且可以通过相关的公式换算成其它的参量。



# 二端口网络表示

- 一个二端口微波元件用二端口网络来表示:



- $a_1, a_2$ 分别为网络端口“1”和端口“2”向内的入射波， $b_1, b_2$ 分别为端口“1”和端口“2”向外的出射波。对于线性网络，可以用如下线性代数方程表示：

$$\begin{cases} b_1 = S_{11}a_1 + S_{12}a_2 \\ b_2 = S_{21}a_1 + S_{22}a_2 \end{cases}$$



# 二端口网络S参数

- 矩阵形式如下：

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

- 式中 $S_{11}, S_{12}, S_{21}, S_{22}$ 组成[S]参量,它们的物理意义如下：
  - $S_{11}=b_1/a_1$  ( $a_2=0$ ) 表示“ 2” 端口匹配时,“1”端口的反射系数；
  - $S_{21}=b_2/a_1$  ( $a_2=0$ ) 表示“ 2” 端口匹配时,“1”端口至“ 2”端的传输系数；
  - $S_{12}=b_1/a_2$  ( $a_1=0$ ) 表示“ 1” 端口匹配时,“2”端口至“ 1”端的传输系数；
  - $S_{22}=b_2/a_2$  ( $a_1=0$ ) 表示“ 1” 端口匹配时,“2”端口的反射系数



# S参数测量原理

- 对于无源互易二端口网络有： $S_{12}=S_{21}$ ，则仅有三个独立参数
- 测量微波网络[S]参量的方法很多，本实验主要介绍用三点法测量任意二端口微波网络的[S]参量
- 三点法介绍如下：
  - 三点法是将待测网络的输出面依次短路（反射系数为 - 1）、开路（反射系数为1）和接匹配负载（反射系数为0），并在输入端面依次测量反射系数的方法。然后根据测量得到的资料代入如下公式计算得出 [ S ] 参量：
  - $\Gamma_{1S}$  对应短路点的反射系数；
  - $\Gamma_{1O}$  对应开路点的反射系数；
  - $\Gamma_{1L}$  对应接匹配负载时的反射系数；

$$S_{11} = \Gamma_{1L}$$

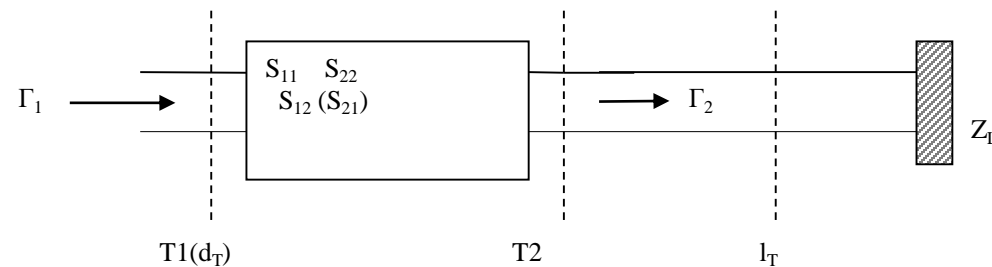
$$S_{22} = ((\Gamma_{1O} + \Gamma_{1S}) - 2\Gamma_{1L}) / (\Gamma_{1O} - \Gamma_{1S})$$

$$S_{12}^2 = S_{11}S_{22} + [\Gamma_{1L}(\Gamma_{1O} + \Gamma_{1S}) - 2\Gamma_{1O}\Gamma_{1L}] / (\Gamma_{1L} - \Gamma_{1S})$$



# 反射系数测量方法

- 输入端面的反射系数 $\Gamma_1$ 的测量方法如下：



- $d_T$ 为待测网络输入端面（“1”端口）在测量线的等效位置， $l_T$ 为网络输出端面（“2”端口）在可调短路器上的等效位置

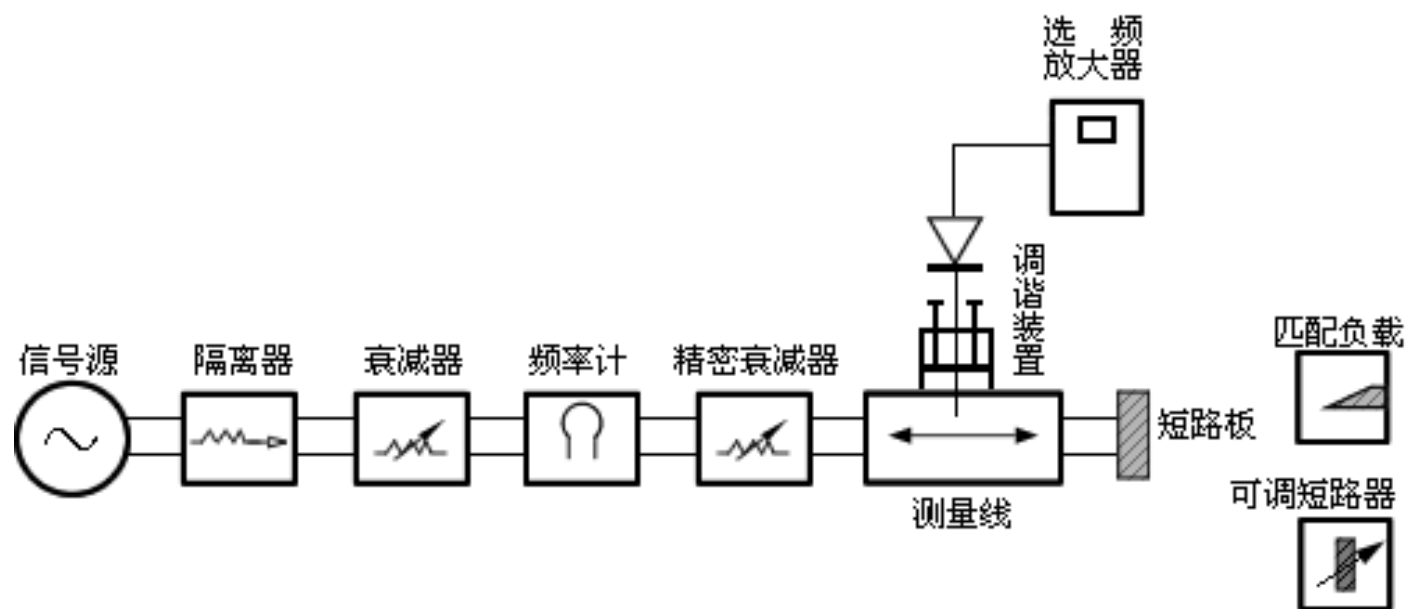
- 测模值：要求  $\Gamma_1 = |\Gamma_1| e^{j\varphi}$ ，先测量驻波比 $S$ ，再求得反射系数模值：

$$|\Gamma_1| = (S - 1) / (S + 1)$$

- 测相位：测量 $d_T$ 向信号源方向相邻驻波节点的位置 $d_{T'}$ ；对反射系数的相角而言，离波源越近，相角越滞后，故：

$$\psi = 720 * \left( \frac{d_{min}}{\lambda_g} \right) - 180^\circ \quad \text{其中 } d_{min} = |d_{T'} - d_T|$$

# 实验系统框图







# 系统调整与参数测量

## 一. 系统的调整与基本参数测量：

1. 调整系统，使信号源工作频率为9370MHz，调整衰减，使信号源输出合适信号。
2. 测量系统的波导波长 $\lambda_{g1}$ 
  - ① 测量线终端接短路板，用交叉读数法测量波导波长 $\lambda_{g1}$ ，选定等效截面 $d_T$ （一个波节点的位置），记录相关数据。
3. 测量可调短路器的波导波长 $\lambda_{g2}$ 
  - ① 测量线终端换接可调短路器，将测量线探针置于 $d_T$ 位置。可调短路器活塞由“0”刻度开始缓慢向后移动，直至测量线上 $d_T$ 位置又出现驻波波节点，按交叉读数法确定此时短路活塞位置刻度值 $l_{01}$ ，并作 $l_T$ ，记录测量数据。
  - ② 继续向后移动短路器活塞，使位置 $d_T$ 再次出现驻波波节点，按交叉读数法确定时活塞位置的刻度 $l_{02}$ ，计算输出波导的波导波长 $\lambda_{g2}$ ，记录测量数据。



# 散射参量的测量

## 二. 用三点法测量“单螺调配器 + 微波衰减器”的散射参量

1. 在测量线终端接入单螺调配器、可变衰减器，将单螺调配器螺钉置于正中间位置，调节单螺钉深度约5mm，调整可变衰减器衰减刻度约5mm（衰减量约3-4dB）。
2. 再在终端接入可调短路器，将活塞置于 $l_T$ 位置（短路状态），用功率衰减法测量待测量元件的输入驻波比 $s$ ，用交叉读数法测量出 $d_T$ 左边相邻波节点位置 $d_T'$ ，得到 $d_{\min}$ ，按公式计算 $\Gamma_{1S}$ ，记录测量数据。
3. 可调短路器活塞置于 $(l_T + \lambda_{g2} / 4)$ 位置（开路状态），测量出 $s$ 和 $d_{\min}$ ，计算 $\Gamma_{1O}$ ，记录测量数据。
4. 取下可调短路器，接上匹配负载，测出 $s$ 和 $d_{\min}$ ，计算 $\Gamma_{1L}$ ，记录测量数据。

# 实验报告处理要求



- 根据测量的数据计算所测二端口微波器件的散射参数（S参数）。



# 实验报告思考题

1. 如果用三点法测量单螺钉（后面不接衰减器）的散射参量有什么困难？
2. 能否用三点法测量铁氧体隔离器的散射参量，为什么？