



实验五

二端口微波网络参量的测量

一、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。



二、实验原理

○ 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。

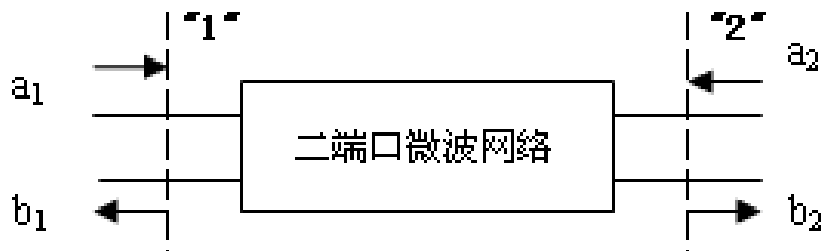
测量无源网络的参量，有很多的方法，并且有多种表达形式，如阻抗参量 $[Z]$ ，导纳参量 $[Y]$ ，散射参量 $[S]$ 等。

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、实验原理（续）

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、实验原理（续）

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



二、实验原理（续）

○ 测量方法：

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：

- Γ_{1s} 对应短路点的反射系数；
- Γ_{1o} 对应开路点的反射系数；
- Γ_{1L} 对应接匹配负载时的反射系数；

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

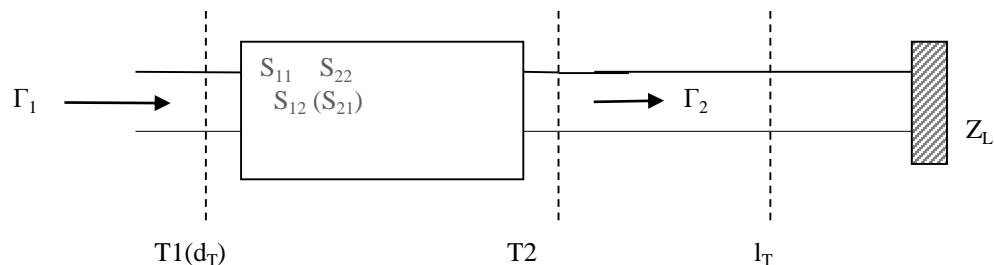
$$S_{22} = ((\Gamma_{1o} + \Gamma_{1s}) - 2\Gamma_{1L}) / (\Gamma_{1o} - \Gamma_{1s})$$

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



二、实验原理（续）

- 输入端面的反射系数 Γ_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：

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

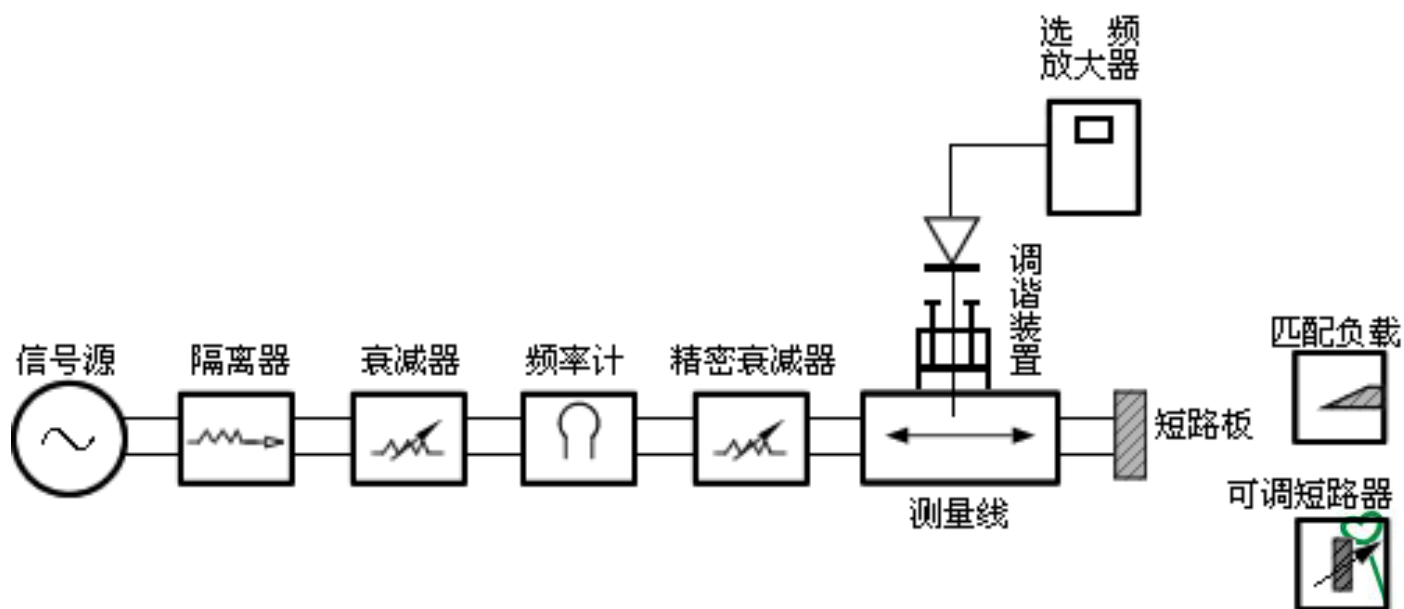
- **测相位**：测量 d_T 左边（向信号源一边）相邻驻波节点的位置 d_{\min} ，对反射系数的相角而言，离波源越近，相角越滞后，故：

$$\psi = 720 \bullet (d / \lambda_g) - 180^\circ, \text{其中 } d = |d_{\min} - d_T|$$



二、实验原理（续）

○ 实验系统框图：



三、实验内容及步骤

○ 系统的调整与基本参数测量：

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。

测量系统的波导波长 λ_{g1} (此次实验中无需重复测量，直接使用前面实验的数据)

- 测量线终端接短路板，用交叉读数法测量波导波长 λ_{g1} ，选定等效截面 d_T （一个波节点的位置），记录相关数据。

测量可调短路器的波导波长 λ_{g2}

- 测量线终端换接可调短路器,测量线探针准确地位置于 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} ，并选作 l_T ，记录测量数据。
- 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 λ_{g2} ，记录测量数据。



三、实验内容及步骤(续)

○ 用三点法测量“单螺调配器 + 微波衰减器”的散射参量:

测量线与可调短路器中间接入待测元件，使单螺调配器位于正中位置，单螺钉深度约5mm，微波衰减器衰减量约3-4db(深度4~5mm)。

可调短路器活塞置于 l_T 位置，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_{min} ，按公式计算 Γ_{IS} ，记录测量数据。

可调短路器活塞置于 $(l_T + \lambda_{g2} / 4)$ 位置，测量出 S 和 d_{min} ，计算 Γ_{I0} ，记录测量数据。

取下可调短路器，待测元件终端接匹配负载，测出 S 和 d_{min} ，计算 Γ_{IL} ，记录测量数据。

四、报告处理

- 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）。



五、思考题

- 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？
- 能否用三点法测量铁氧体隔离器的散射参量，为什么？

