

微波技术基础实验

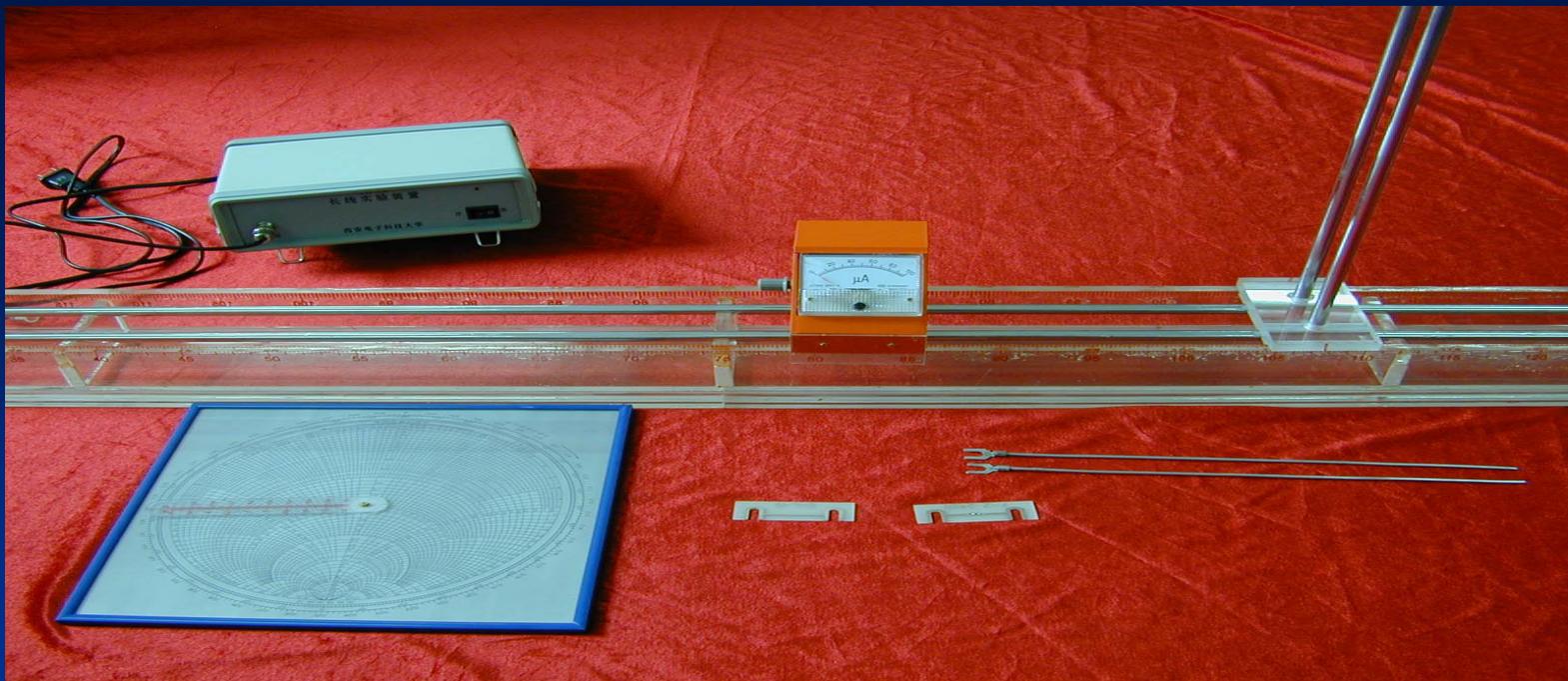
一、双导线传输线的阻抗测量与阻抗匹配实验：

双导线传输线阻抗测量和阻抗匹配实验（也称长线实验）是微波技术课程的经典实验，也是西电早年开发的传统实验，具有西电特色。实验概念清晰、联系理论紧密、测试项目全面、易做易懂等特点，尤其是配合本实验室开发的传输线理论CAI软件的使用，使传统实验增添了新的光彩。在2004年教育部专家组对学校电子电工教学基地验收时，此实验得到专家们的一致好评。

长线实验是微波技术系列实验和微波网络系列实验的基础。本实验装置可以测量传输线不同负载（短路、开路、匹配）状态下沿传输线驻波电压的分布；可以测量一个给定天线的负载阻抗；可以对所测的负载进行单枝节匹配或双枝节匹配。利用设备所附的软件可以演示短路、开路、匹配状态下入射波、反射波、驻波的电压、电流波形及其相位变化情况；可以利用软件的单枝节匹配或双枝节匹配功能直接计算出匹配点位置和枝节长度；软件还有典型例题计算功能，增强对理论的理解与认识。

- 功能：
- 1 观察双导线传输线负载端接不同负载时，沿线驻波分布。
 - 2 测量双导线传输线的负载阻抗。
 - 3 用单枝节对负载阻抗进行匹配。
 - 4 用双枝节对负载阻抗进行匹配。

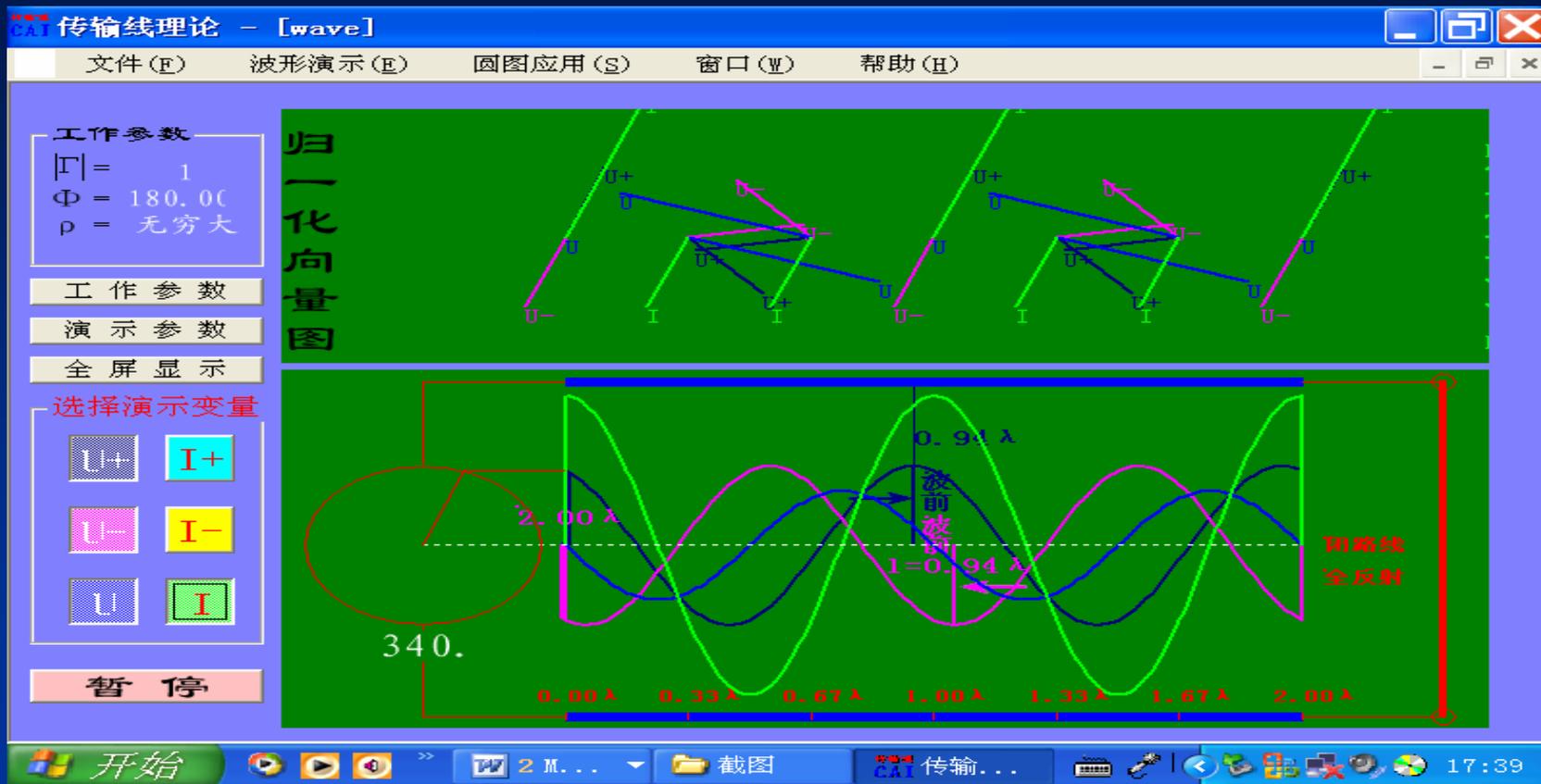
- 组成：
- 1 微波信号源（300MHz、大于20mW）
 - 2 长线盒（铜棒、有机玻璃）
 - 3 驻波表（量程100、精度4）
 - 4 短路枝节（铜棒）
 - 5 短路片
 - 6 匹配电阻
 - 7 阻抗圆图
 - 8 传输线理论CAI软件



短路状态:

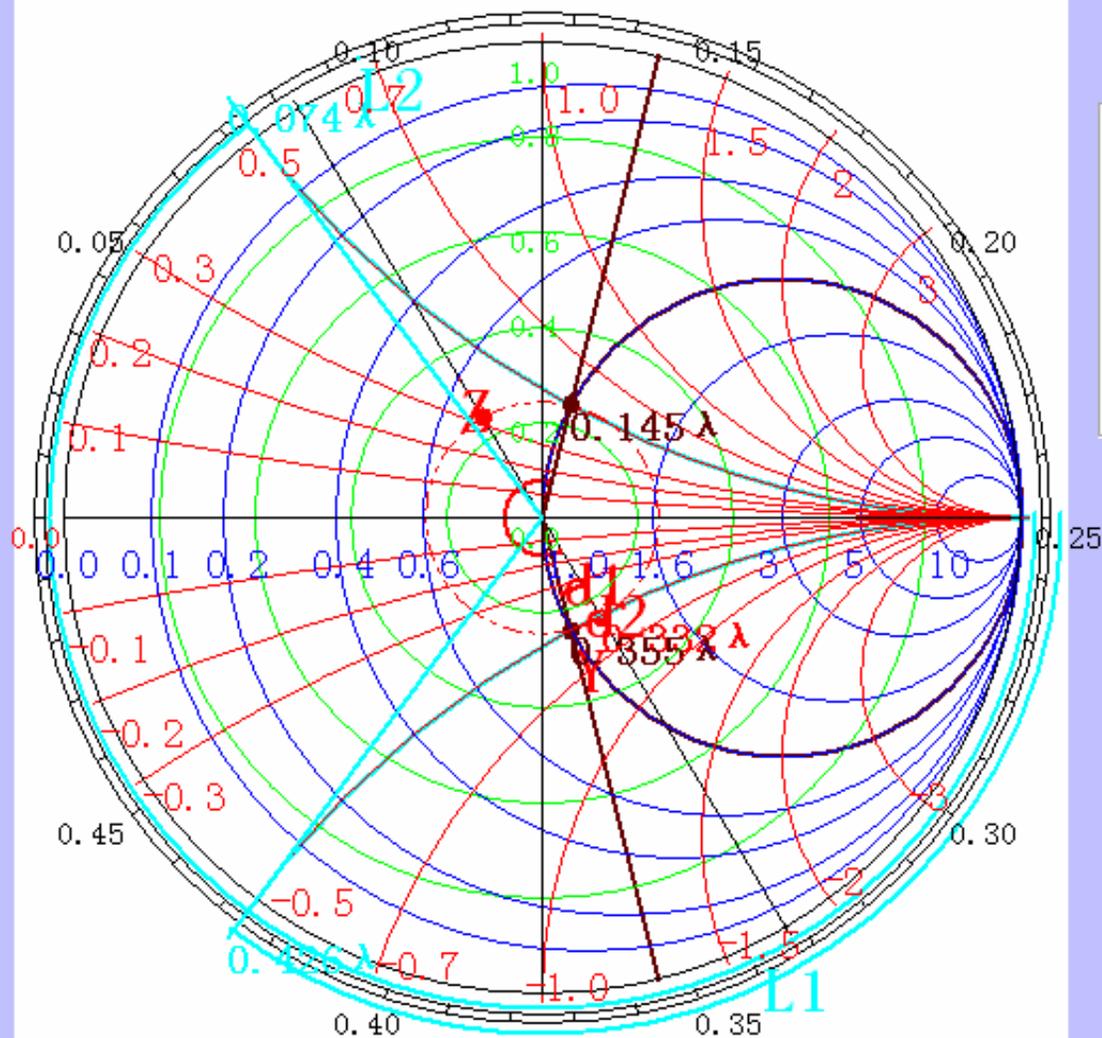


开路状态:



用圆图求出天线负载阻抗:

用单枝节对负载阻抗进行匹配:



并联单枝节匹配

$$Z_0 = 250 \Omega$$

$$Z_L = 180 + j80 \Omega$$

$$\bar{Z}_L = 0.72 + j0.32 \Omega$$

确定

第一组解

$$d1 = 0.312 \lambda$$

$$l1 = 0.176 \lambda$$

第二组解

$$d2 = 0.023 \lambda$$

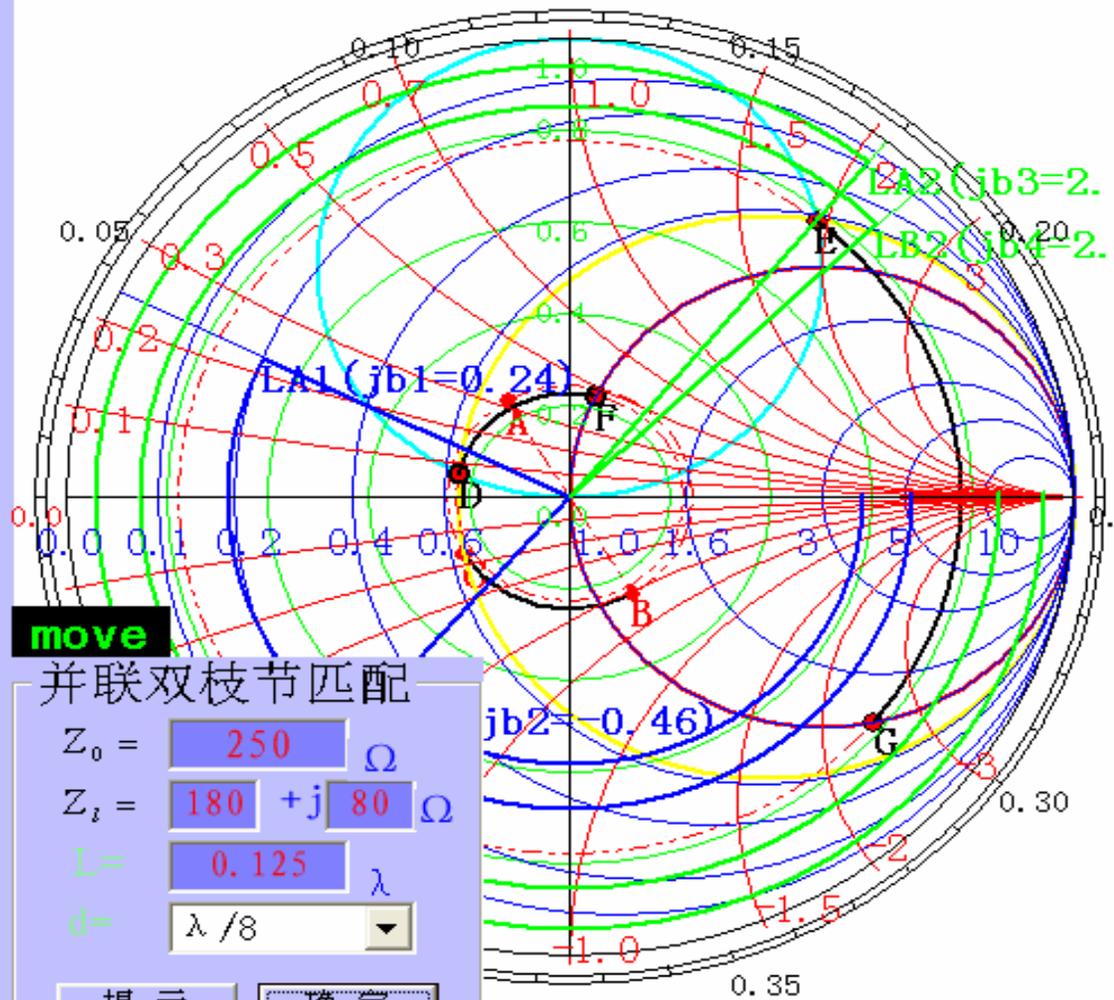
$$l2 = 0.324 \lambda$$

隐藏圆图

用双枝节对负载阻抗进行匹配:

CAT 传输线理论 - [Smith chart 应用]

文件(F) 波形演示(E) 圆图应用(S) 窗口(W) 帮助(H)



move

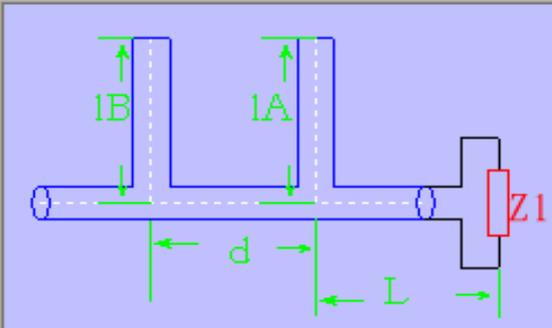
并联双枝节匹配

$Z_0 =$ Ω

$Z_L =$ $+j$ Ω

$L =$ λ

$d =$ ▼



第一组解

$1A1 = 0.287 \lambda$

$1B1 = 0.181 \lambda$

第二组解

$1A2 = 0.429 \lambda$

$1B2 = 0.439 \lambda$

开始
CAT 传输线理论 ...

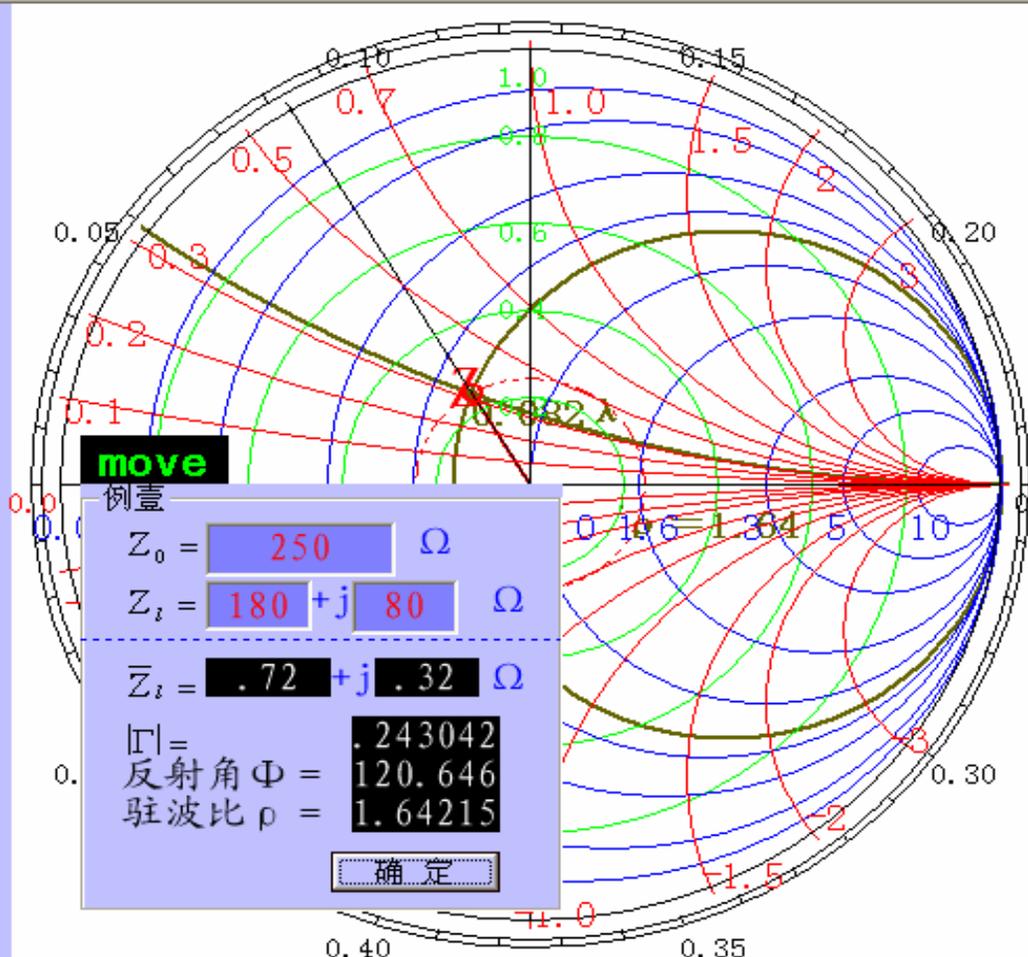
10:33

圆图的其他用途:

圆图可以用来进行一些典型例题的计算,可以更直观的感受各类题型的实际意义,增强对理论的理解与认识。

CAI 传输线理论 - [Smith chart 应用]

文件(F) 波形演示(E) 圆图应用(S) 窗口(W) 帮助(H)



move

例壹

$Z_0 = 250 \Omega$

$Z_L = 180 + j80 \Omega$

$\bar{Z}_L = .72 + j.32 \Omega$

$|\Gamma| = .243042$

反射角 $\Phi = 120.646$

驻波比 $\rho = 1.64215$

确定

例贰

已知特性阻抗和负载阻抗,求反射系数和驻波比

例参

已知归一化负载和线长度求归一化输入阻抗

例肆

已知特性阻抗、驻波比及电压波节点与负载间距D求负载阻抗

例伍

已知开路、短路及接负载的输入阻抗 $Z_{in1}, Z_{in2}, Z_{in3}$ 求负载阻抗。(即三点法)

开始 传输线理论 ... 文档 1 - M... 17:17

微波技术与天线实验

实验二、双口网络参数测量

一、基本要求

- 1掌握互易双口网络阻抗参数 $[Z]$ 散射参数 $[S]$ 测量的三点法原理
- 2掌握用测量线 $[Z]$ 和 $[S]$ 参数的测量方法，了解参数间等效关系

二、实验原理

1 互易双口网络参数的三点法测量原理

互易双口网络参数可用 2×2 复矩阵表征，互易条件 $S_{21} = S_{12}$ 约束一个复矩阵参数。因此互易双口网络有三个独立复参数，三次独立测量，决定四个参数。

做法是：在双口网络的输出端分别接三个不同已知负载，形成三个单口网络，再分别测出三个不同的输入端阻抗或反射系数，利用复矩阵变换关系，确定互易双口网络全部参数。

2 互易双口网络[Z]参数测量

$[\bar{Z}]$ 参数定义双口网络归一化电

压和电流 u_1, u_2, i_1, i_2

$$\begin{cases} u_1 = \bar{Z}_{11}i_1 + \bar{Z}_{12}i_2 \\ u_2 = \bar{Z}_{21}i_1 + \bar{Z}_{22}i_2 \end{cases}$$

$\bar{Z}_{12} = \bar{Z}_{21}$ (约束条件), 用 $\bar{Z}_1 = u_1/i_1$
 $\bar{Z}_L = -u_2/i_2$ 输出端接已知阻抗 \bar{Z}_L

$$\bar{Z}_1 = \bar{Z}_{11} - \frac{\bar{Z}_{21}^2}{\bar{Z}_{22} + \bar{Z}_L}$$

选择三个已知阻抗, 短路 $\bar{Z}_L = 0$ 开路 $\bar{Z}_L = \infty$ 和匹配负载 $\bar{Z}_L = 1$
 解方程组可决定四个阻抗参数。可见三点法并不是唯一的方法

短路 $\bar{Z}_{LS} = \bar{Z}_{11} - \frac{\bar{Z}_{12}^2}{\bar{Z}_{22}}$

开路 $\bar{Z}_{LO} = \bar{Z}_{11}$

负载 $\bar{Z}_{Lm} = \bar{Z}_{11} - \frac{\bar{Z}_{12}^2}{\bar{Z}_{22} + 1}$

解方程

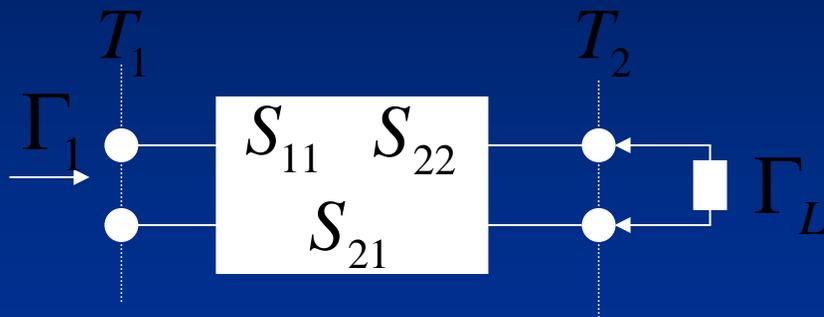
$$\bar{Z}_{11} = \bar{Z}_{Lo}$$

$$\bar{Z}_{22} = \frac{\bar{Z}_{Lo} - \bar{Z}_{Lm}}{\bar{Z}_{Lm} - \bar{Z}_{Ls}}$$

$$\bar{Z}_{12} = \frac{(\bar{Z}_{Lo} - \bar{Z}_{Lm})(\bar{Z}_{Lo} - \bar{Z}_{Ls})}{\bar{Z}_{Lm} - \bar{Z}_{Ls}}$$

结论：双口网络Z参数测量转化为在输出端分别接三种已知负载测出三种状态下的阻抗，解方程求解。即双口网络Z参数测量转化为单口负载阻抗的测量。

3 互易双口网络S参数的测量



原理同上，在待测网络输出端依次接入短路、开路、匹配负载，并在输入端依次测量 Γ_1 、 Γ_{ls} 、 Γ_{lm}

$$\Gamma_1 = S_{11} - \frac{S_{12}^2}{S_{22} - \frac{1}{\Gamma_L}}$$

$$\Gamma_{ls} = S_{11} - \frac{S_{12}^2}{S_{22} + 1}$$

$$\Gamma_{lo} = S_{11} - \frac{S_{12}^2}{S_{22} - 1}$$

$$\Gamma_{lm} = S_{11}$$

解方程求出S参数

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{11} = \Gamma_{lm} \\ S_{22} = \frac{\Gamma_{lo} + \Gamma_{ls} - 2\Gamma_{lm}}{\Gamma_{lo} - \Gamma_{ls}} \\ S_{21}^2 = S_{11}S_{22} + \frac{\Gamma_{lm}(\Gamma_{lo} + \Gamma_{ls}) - 2\Gamma_{lo}\Gamma_{ls}}{\Gamma_{lo} - \Gamma_{ls}} \end{array} \right.$$

S参数测量方法与阻抗的测量方法相同。计算参数是反射系数 Γ 如网络互易对称，则 $S_{12} = S_{21}, S_{11} = S_{22}$ 只要进行两次独立测量即可

三、实验方法

- 1 开启固态振荡器，进行探针调谐，使系统正常工作
- 2 测量线接短路板，测 D_T 、 λ_g 。
- 3 做开路负载，置探针于 D_T 处，现检波器指示为0，测量线端接可移动短路器，移动短路器，使指示最大，记下短路器刻度，实现开路负载。

- 4 接待测双口网络，依次接短路、开路、匹配负载，在 D_T 靠信号源测量 D_{\min} 和驻波比 ρ 。
- 5 按公式计算网络阻抗参数 $[Z]$ 和散射参数 $[S]$

	D_{\min}	i_{\max}	i_{\min}	$\bar{D} = D_T - D_{\min} $	$\rho = \sqrt{i_{\max} / i_{\min}}$
短路					
开路					
匹配					

微波技术与天线

实验三：晶体定标

一、基本要求

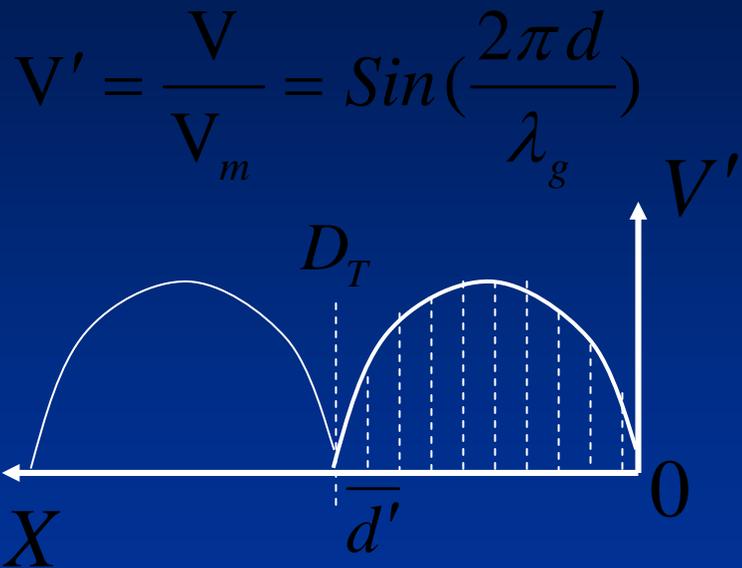
掌握晶体定标方法，确定晶体的电压与电流关系即检波律n

二、实验原理

1 晶体定标原理 波导测量线技术的基本原理是通过伸入测量线中的可移动探针检取内部场的电压(即正比于场强幅值)信号来了解待测负载的驻波场分布情况。实际上，探针电压是通过晶体检波转化为电流由光点检流计指示的。因此，测量晶体的电压与电流关系 $I = CV^n$ ，即确定晶体检波律n是十分最要的基本实验。

2 原理图

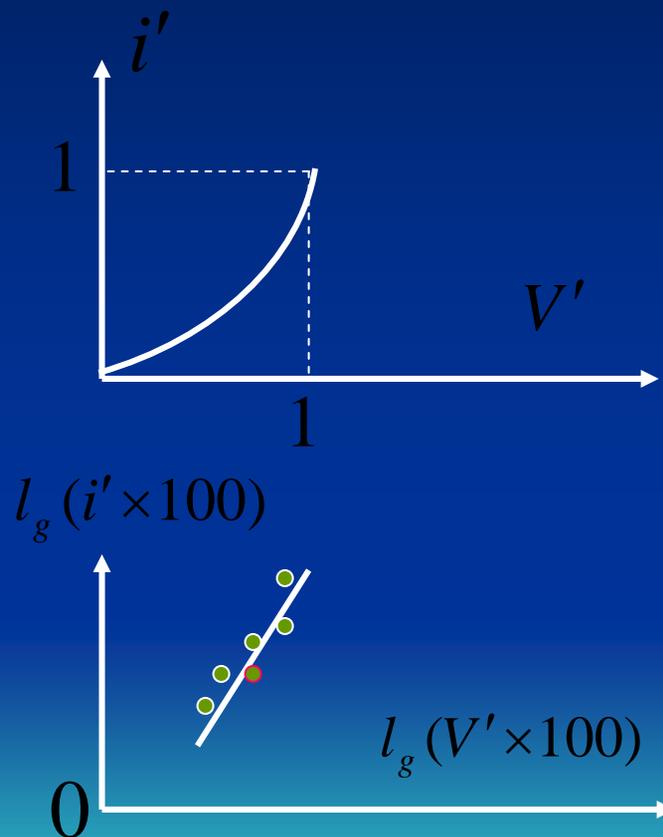
电压 V' 相对值测量是根据理想短路对驻波分布



电流 i' 相对值测量是根据光点检流计读数归一

$$i' = \frac{I}{I_m} = \left[\text{Sin}\left(\frac{2\pi d'}{\lambda_g}\right) \right]'$$

画出电流 i' 和电压 V' 归一曲线定出晶体检波律 n



三、实验方法

- 1、开启固态振荡器电源，在测量后接匹配负载，进行探针调谐
- 2、去掉匹配载接短路板，用交叉读数法测量波导波长 λ_g
- 3、将探针移动到波腹位置，调可变衰减器使检流计指示为100
- 4、在波节点至波腹点之间取10点，电表读数5,10,15,20, Λ , 100。

从波节点开始将探针逐次移动到这些点。记下 $i_1, i_2, \Lambda, i_{10}$ 所对应探针的读数 $D_1, D_2, \Lambda, D_{10}$ i' ，将数据记录于表中。

- 5、以 D 为横轴以 i' 为纵轴将它们的数据标在坐标纸上，连成光滑曲线。
$$i' = \left[\text{Sin} \frac{2\pi d}{\lambda_g} \right]^n$$
$$n = l_g i' / l_g (\text{Sin} \frac{2\pi d}{\lambda_g})$$
- 6、将公式 $i' = \left[\text{Sin} \frac{2\pi d}{\lambda_g} \right]^n$ 两边取对数解出检波律

