

实验四 微波定向耦合器和功分器特性测量

PB22231827 孔令茹

PB22051128 林莉淇

9号试验台

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)	-12.777	-26.613	-28.718	-9.9230	
COM 端口驻波比(SWR)	1.5964	1.0980	1.0761	1.9370	≤ 1.3
COM-PORT1 插入损耗(S21)	-3.3108	-3.1529	-3.2502	-3.7599	≥ 3
COM-PORT2 插入损耗(S31)	-3.3039	-3.1448	-3.1931	-3.5211	≥ 3
PORT1-PORT2 隔离度(S32)	-13.455	-27.523	-41.143	-10.783	$>20\text{dB}$

(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。

- 1、**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。
- 2、**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。
- 3、**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。
- 4、**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)	-24.396	-23.331	-25.490	-35.405	-24.230	
IN 端口驻波比(SWR)	1.1283	1.1463	1.1123	1.0347	1.1309	≤ 1.4
IN-OUT 插入损耗(S21)	-0.5754	-0.6553	-0.5285	-0.6182	-0.7890	$<0.8\text{dB}$

IN-COUPLER 耦合度 (S31)	-10.045	-9.3841	-10.417	-10.09	-9.1712	$\approx 10\text{dB}$
OUT-COUPLER 隔离度 (S32)	-34.643	-42.050	-36.832	-38.441	-25.920	$\geq 25\text{dB}$

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。

1、回波损耗：

定义：回波损耗是指从信号源到设备的反射信号与原始信号的比值，表示反射信号的强度。回波损耗通常用分贝（dB）表示，表示信号在传输过程中，由于反射导致的信号损失。

含义：

- 回波损耗越大，表示反射信号越小，设备匹配性越好，信号损失较小。
- 如果回波损耗很小，说明设备的输入和输出端口之间有较强的反射，信号传输效果差。

微波功分器：2.0 GHz 的回波损耗（-28.718 dB）表现最好，信号反射最小，匹配性最好。1.0 GHz 的回波损耗（-26.613 dB）也很不错，表明匹配性较好。380 MHz 和 3.0 GHz 的回波损耗相对较差，特别是 3.0 GHz（-9.9230 dB）表现不佳，信号反射较大，匹配性差。

微波定向耦合器：2.2 GHz 下的回波损耗（S11）表现最好（-35.405 dB），反射信号最少，因此该频率的匹配性最好，系统性能较好。其他频率如 2.0 GHz 和 800 MHz 的回波损耗也很不错（-25.490 dB 和 -24.396 dB）。1.2 GHz 和 2.7 GHz 的回波损耗稍微差一些。

设计目的：优化回波损耗的目的是提高设备的输入端口与源信号的匹配，减少信号反射。回波损耗越大，器件工作效率越高，适合高质量信号传输的应用场合。

2、插入损耗：

定义：插入损耗是指当一个设备（如滤波器、连接器等）被插入到信号传输路径中时，信号的衰减量。它表示信号传输经过该设备后，相对于原始信号的损耗。

含义：

- 插入损耗越小，说明设备对信号的衰减越小，传输效果越好。
- 常用于评价信号处理设备（如放大器、衰减器、滤波器等）的性能。

微波功分器：在插入损耗方面，1.0 GHz 的插入损耗（-3.1529 dB）最小，表明信号损耗最少，传输性能最佳。2.0 GHz 和 380 MHz 的插入损耗也接近 -3 dB，性能较好。3.0 GHz 的插入损耗（-3.7599 dB）最大，说明传输损耗较大，传输性能较差。

微波定向耦合器：所有频率下的插入损耗均小于 0.8 dB，符合标准。2.0 GHz 下的插入损耗（-0.5285 dB）最好，说明信号损耗最小。2.7 GHz 的插入损耗（-0.7890 dB）最大，但仍然在允许范围内。其他频率的插入损耗差异较小。

设计目的：通过降低插入损耗，提高信号传输的质量。尤其在低损耗通信链路或长距离信号传输中，插入损耗是关键设计指标。

3、耦合度：

定义：耦合度是指在分配器、合路器或耦合器中，由于能量从一个端口传递到另一个端口时，信号的损失或衰减量。它表示从主信号路径到副信号路径（或者从输入端到输出端）的能量传递效率。

含义：

- 耦合度越大，表示信号从主路径传递到副路径的能力越强，耦合器的衰减越大。
- 在光纤通信或无线通信中，耦合器的性能通常通过耦合度来衡量。

微波功分器：所有频率的耦合度都接近 3 dB，表现良好，尤其是 1.0 GHz 和 2.0 GHz（分别为 -3.1448 dB 和 -3.1931 dB），都非常接近 3 dB。380 MHz 和 3.0 GHz 的耦合度稍差一些，但仍然接近理想值 3 dB，性能表现仍然较好。

微波定向耦合器：所有频率下的耦合度都接近 10 dB，表现良好。1.2 GHz 的耦合度（-9.3841 dB）稍差一点，但仍然非常接近理想值。

设计目的：根据应用场景选择合适的耦合度。例如在无线通信系统中，耦合度决定了信号能量的分配。如果是用于信号分配或功率监测的设备，适当的耦合度非常重要。

4、隔离度：

定义：隔离度是指两个信号源之间的信号干扰抑制程度，表示信号在一个路径中传播时，另一路径中信号的抑制程度。通常用于描述耦合器、滤波器等设备在不同端口之间的隔离效果。

含义：

- 隔离度越高，表示两个信号路径之间的干扰越小，信号的互相干扰程度越低。
- 在无线通信系统中，隔离度通常用来衡量天线之间的干扰抑制能力。

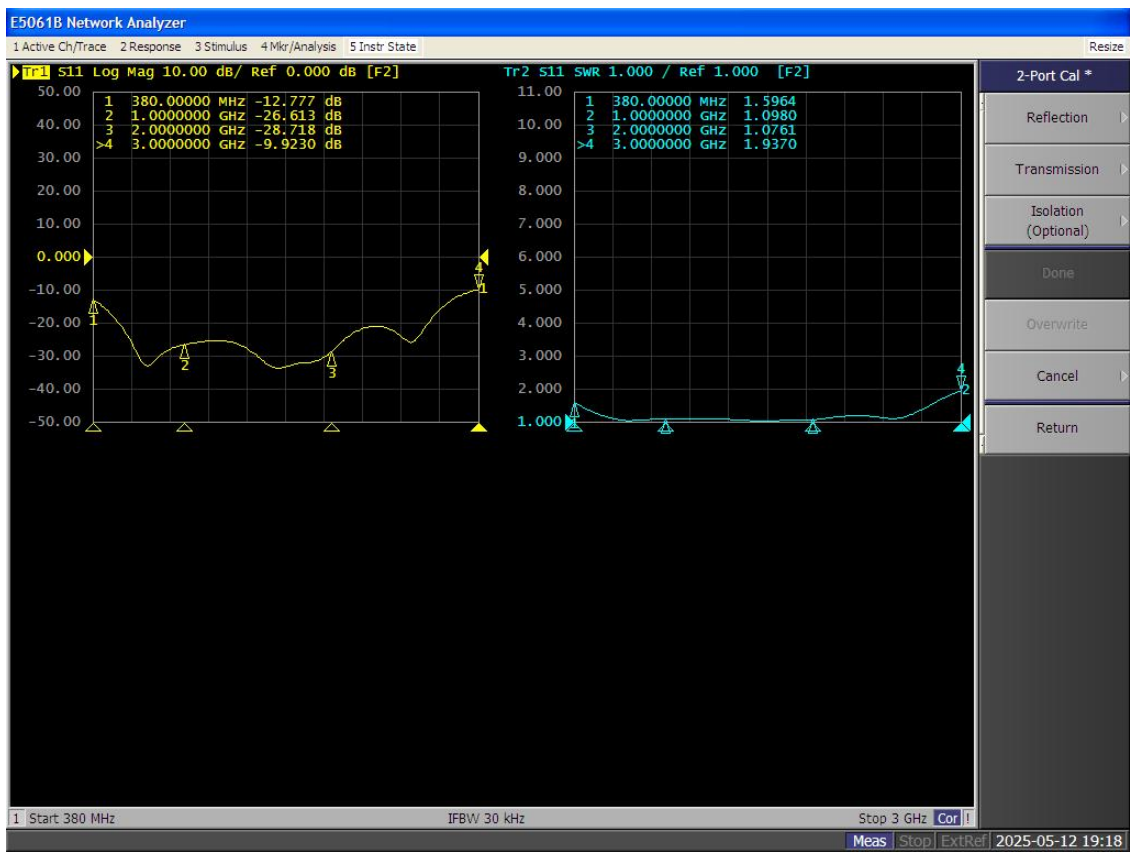
微波功分器：在隔离度方面，2.0 GHz 的表现最好，隔离度为 -41.143 dB，远超过 20 dB 的标准，表示信号干扰抑制能力非常强。1.0 GHz 的隔离度（-27.523 dB）也很好，明显高于 20 dB 标准。380 MHz 和 3.0 GHz 的隔离度较低，尤其是 380 MHz（-13.455 dB）和 3.0 GHz（-10.783 dB）都远低于 20 dB，表示信号干扰抑制能力较差。

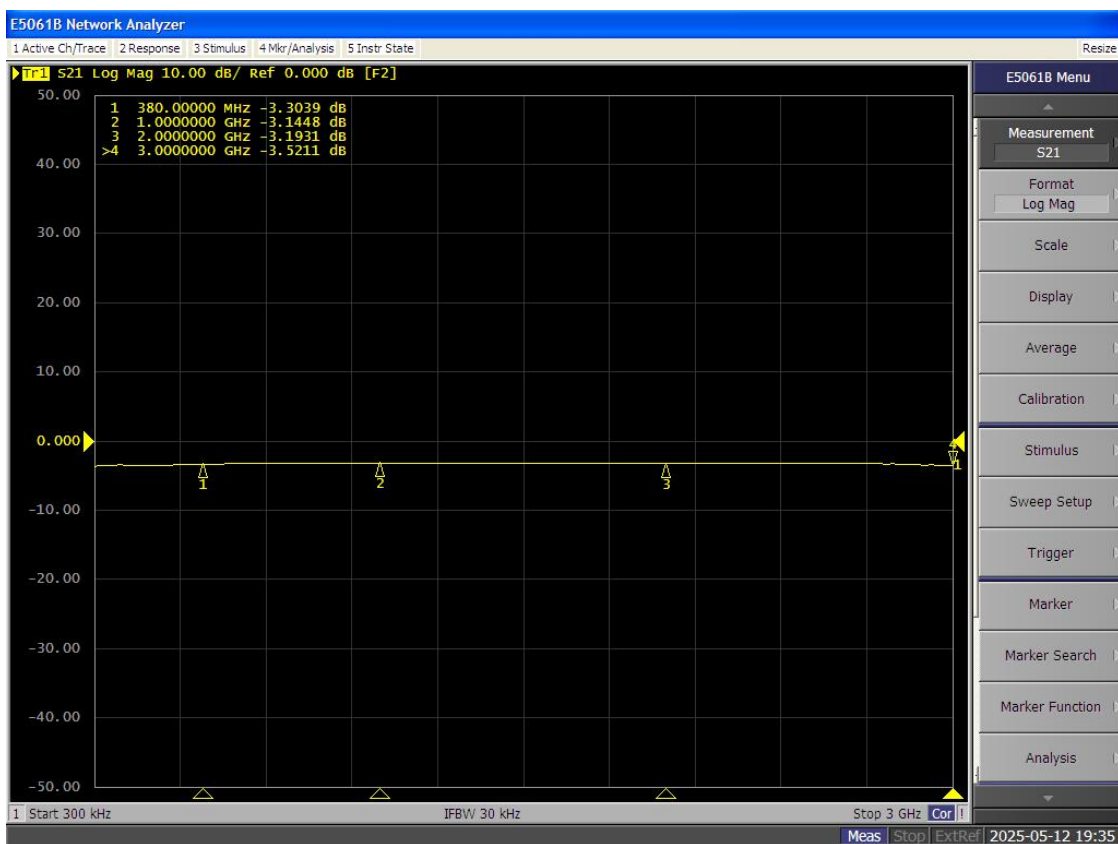
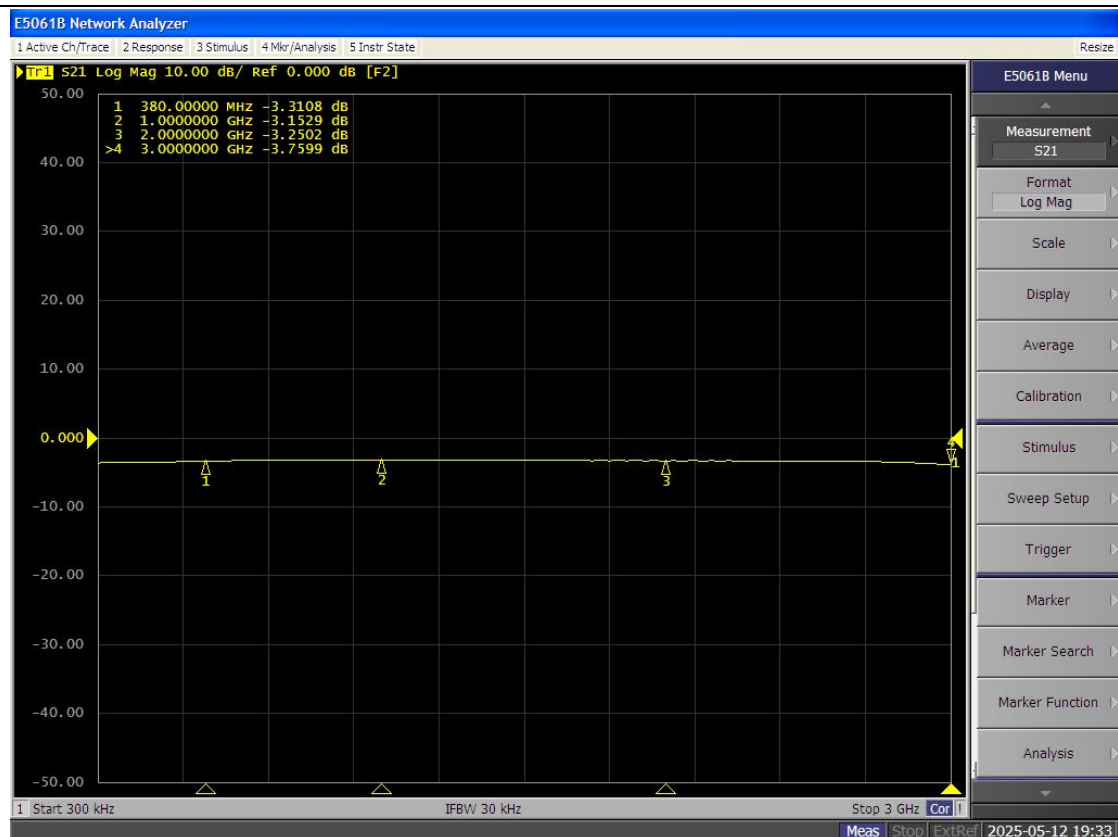
微波定向耦合器：所有频率的隔离度都大于 25 dB，符合标准。1.2 GHz 下的隔离度（-42.050 dB）最好，表示信号干扰抑制能力最强。其他频率的隔离度也都符合要求，表现良好。

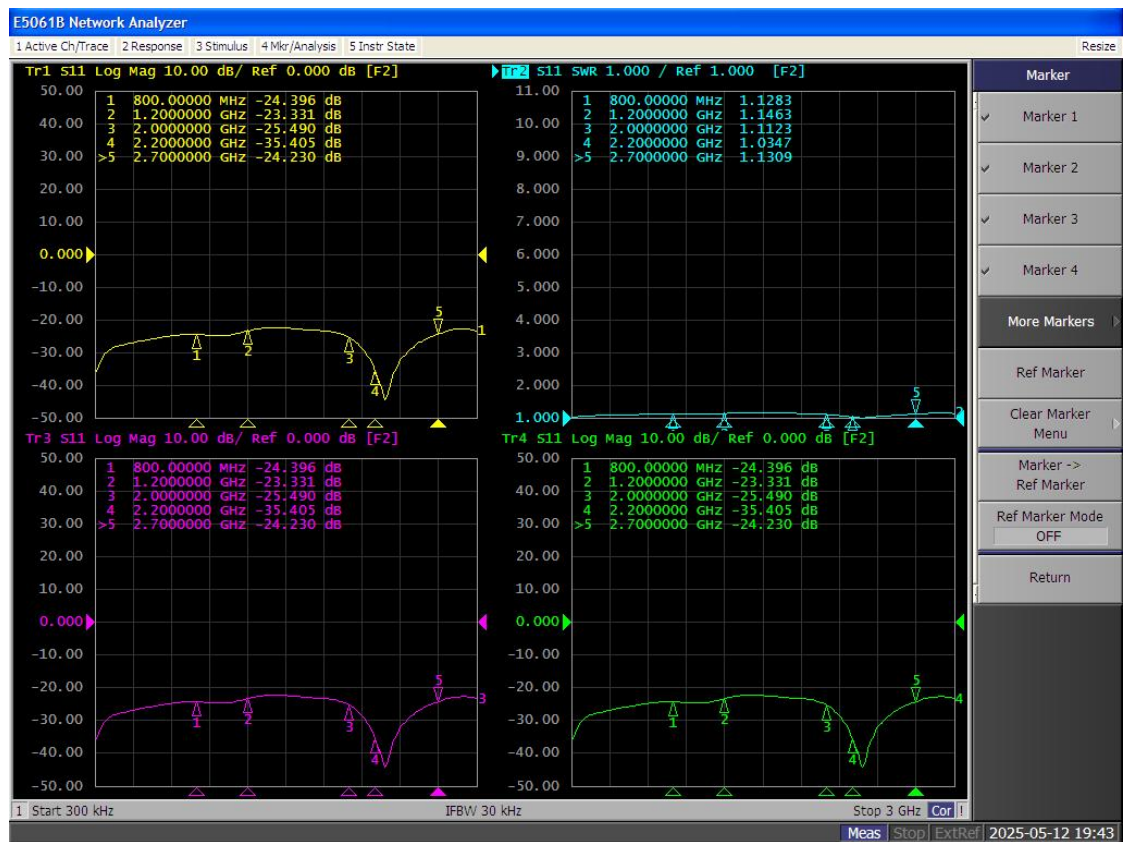
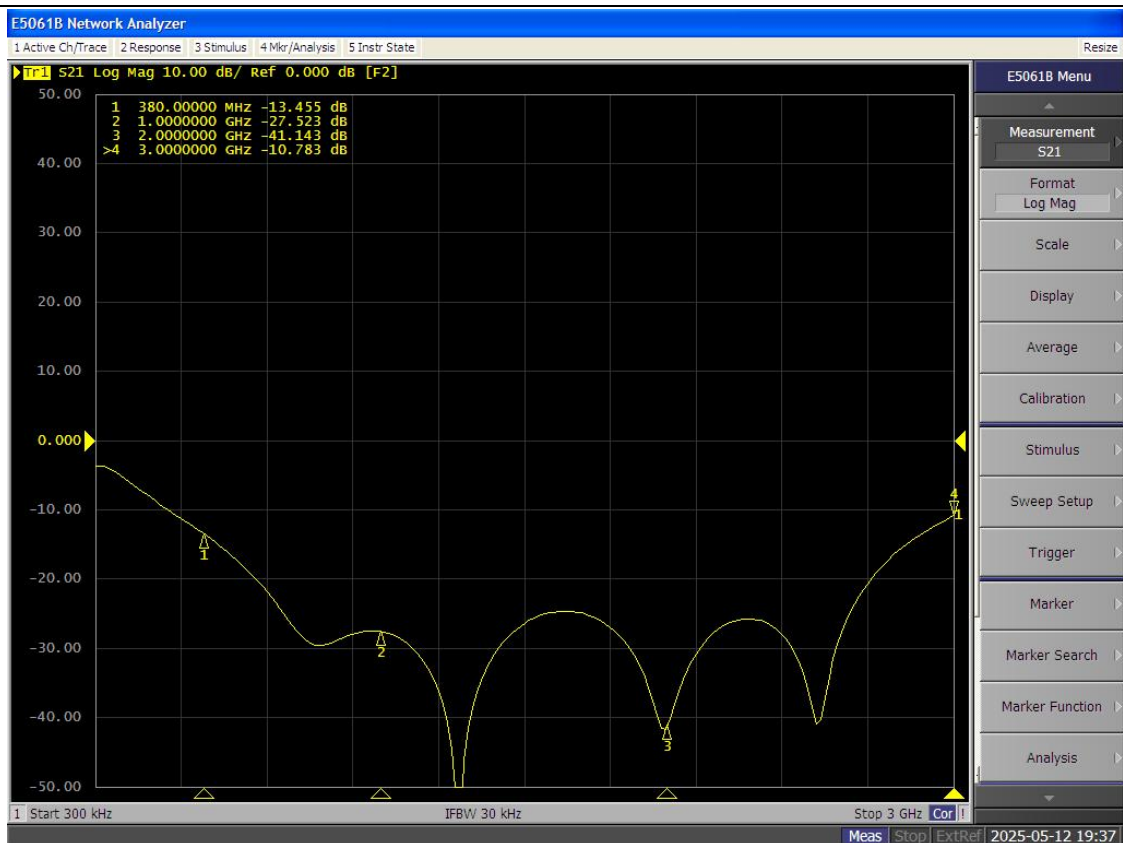
设计目的：在多端口系统中，如功率分配器或耦合器，隔离度的设计目的是为了最大限度地减少端口之间的干扰。高隔离度能防止信号从一个端口泄漏到另一个端口，从而保持信号完整性。

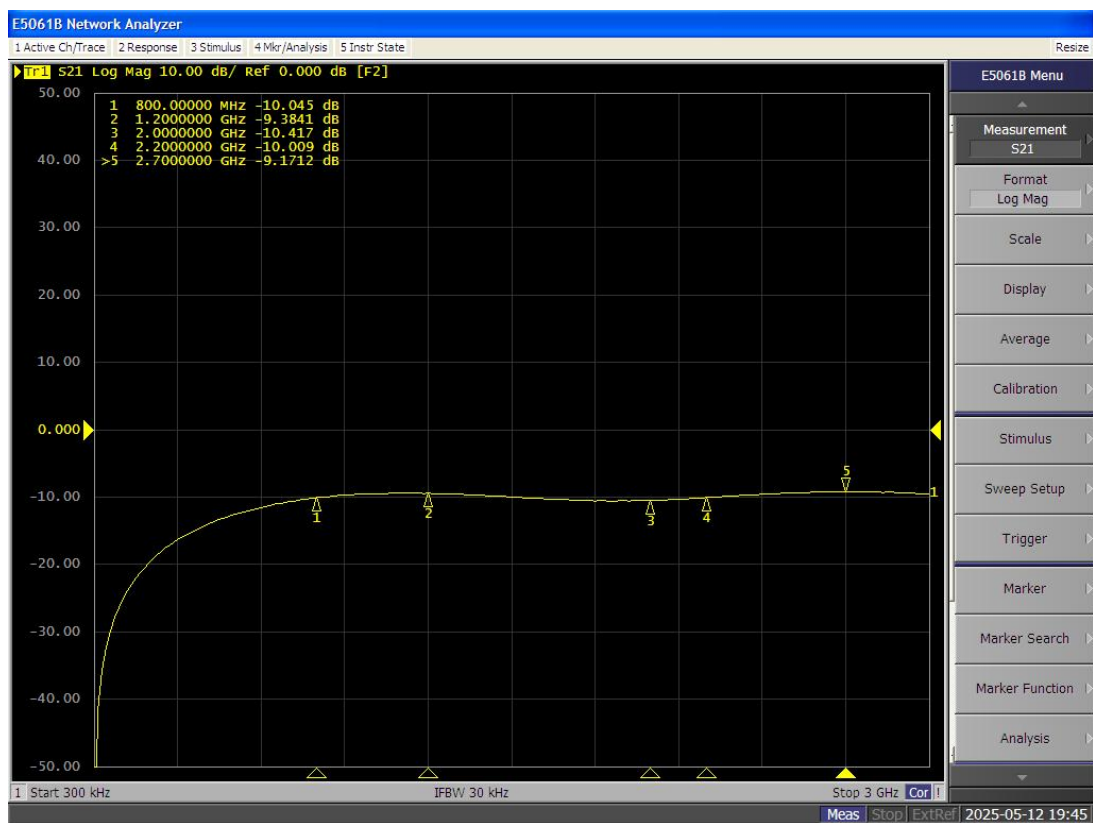
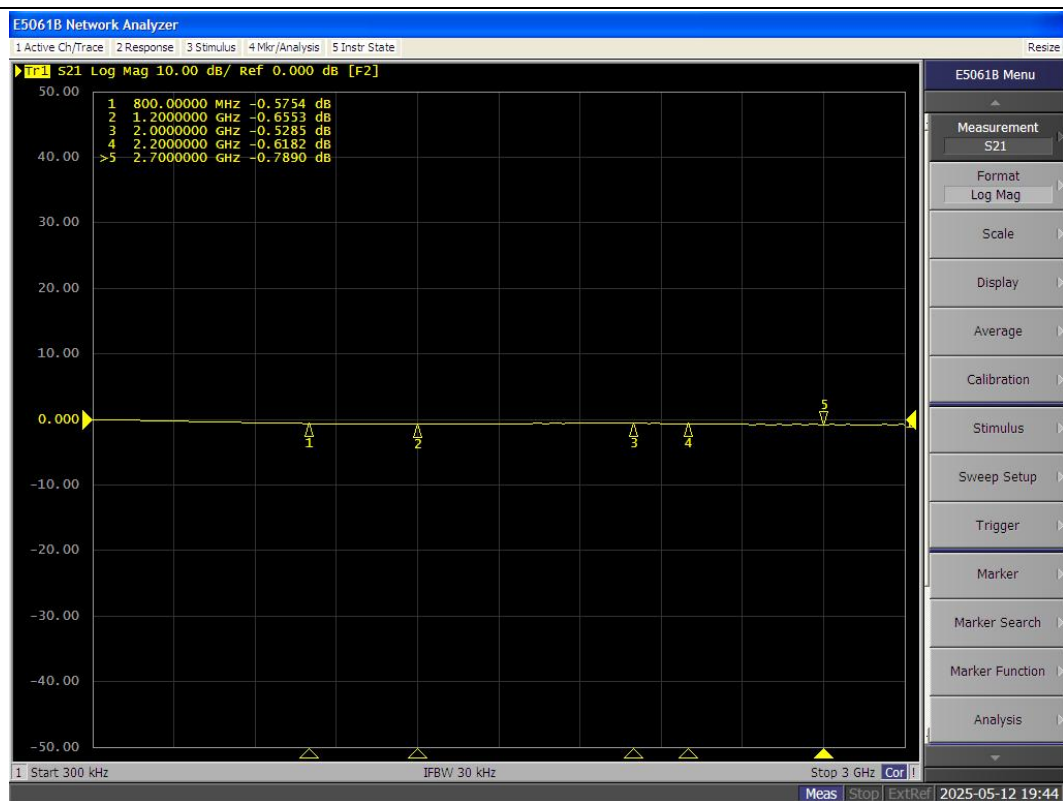
六、实验截图

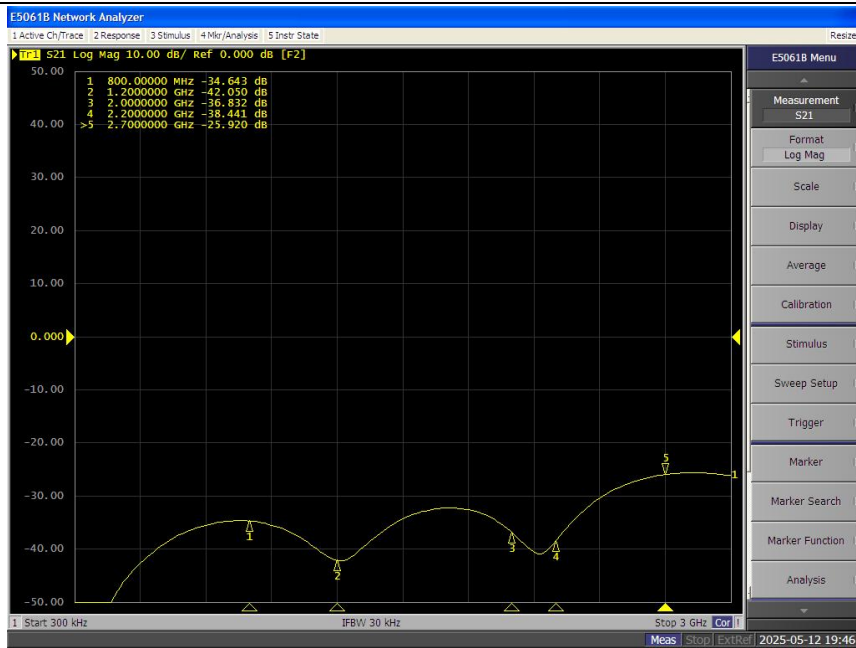
（注：图片顺序与表格中待测量顺序一致）











中国科学技术大学

(=)	380MHz	1GHz	2GHz	3GHz	
(S11) (dB)	-12.777	-26.613	-28.718	-9.9230	
(SWR)	1.5964	1.0980	1.0761	1.9370	
(S21) (dB)	-3.3108	-3.1529	-3.2502	-3.7579	
(S31) (dB)	-3.3039	-3.1448	-3.1931	-3.5211	
(S32) (dB)	-13.435	-27.523	-41.143	-10.783	
(≡)	800MHz	1.2GHz	2GHz	2.2GHz	2.7GHz
(S11) (dB)	-24.396	-23.331	-25.490	-35.405	-24.230
(SWR)	1.1283	1.1463	1.1123	1.0347	1.1309
(S21) (dB)	-0.5754	-0.6533	-0.5285	-0.6182	-0.7890
(S31) (dB)	-10.045	-9.3841	-10.417	-10.009	-9.1712
(S32) (dB)	-24.643	-42.050	-36.832	-38.441	-25.920

5.12

1101C-08 201412-2500