

频谱仪扩频模块



频谱仪产品应用文档

深圳市鼎阳科技股份有限公司
SIGLENT TECHNOLOGIES CO.,LTD



深圳市鼎阳科技股份有限公司版权所有

商标信息

SIGLENT 是深圳市鼎阳科技股份有限公司的注册商标

声明

- 本公司产品受已获准及尚在审批的中华人民共和国专利的保护
- 本公司保留改变规格及价格的权利
- 本手册提供的信息取代以往出版的所有资料
- 未经本公司同意，不得以任何形式或手段复制、摘抄、翻译本手册的内容

产品认证

SIGLENT 认证本产品符合中国国家产品标准和行业产品标准，并进一步认证本产品符合其他国际标准组织成员的相关标准。

联系我们

深圳市鼎阳科技股份有限公司

地址：广东省深圳市宝安区 68 区安通达工业园一栋&四栋&五栋

服务热线：400-878-0807

E-mail: support@siglent.com

网址: <https://www.siglent.com>

修改人	修改时间	修改内容
赵燕菲	2026 年 5 月 14 日	初始版本



赵燕菲	2026 年 5 月 19 日	修改拓扑图
-----	-----------------	-------

1 引言

频谱仪外混频功能是指当被测信号频率超出频谱仪内部混频器的工作范围时，通过外接专用混频器/频谱仪扩频模块及相关辅助部件（如本振源、功率放大器、滤波器等），将高频被测信号下变频至频谱仪内部可测量的中频范围，从而实现对超高频信号频率、功率等参数精准测量的扩展功能。与常规测量模式相比，外混频模式突破了频谱仪固有的频率上限限制，是测量毫米波等超高频信号的核心手段。频谱仪外混频功能的核心优势包括：

- 频率扩展：可将频谱仪的测量范围从内部上限（如 SSA6000A 频率范围最高 50GHz）扩展至 110GHz，覆盖毫米波、亚毫米波等超高频频段。
- 灵活适配：通过更换不同频段的外混频器/频谱仪扩频模块及配套组件，可实现多频段超高频信号的测量，适配不同场景的测试需求。
- 测量精准：高频信号在同轴电缆的衰减极大，且频谱仪内部超高频的混频器、衰减器等成本极高。因此将混频器/频谱仪扩频模块移出频谱仪主机，直接放置在被测设备（DUT）的输出端（通常通过波导接口连接）。高频的 RF（射频）信号在外部就被降频成低频的 IF（中频）信号，然后再通过同轴电缆传回频谱仪。低频信号在电缆中的损耗是可以忽略的。搭配专用的校准组件和合理的测试方案，可有效降低信号衰减、干扰带来的误差，保证测量结果的准确性。

本指导书适用于指导工程师在雷达系统测试、卫星通信、毫米波器件研发等场景中，正确使用外混频功能完成超高频信号测量任务。

2 应用场景

外混频功能的核心价值是以较低成本将现有频谱仪的频率范围扩展到毫米波和太赫兹频段，是 5G/6G 毫米波通信、汽车雷达、卫星通信、国防电子等领域射频测试的关键技术手段。下表为频段划分表：

子频段标识	频率范围	对应波长范围	核心特性
Ka 波段	26.5 - 40 GHz	约 7.5 - 11.3 mm	传播损耗较小，兼顾覆盖与带宽，技术成熟度高
Q 波段	33 - 50 GHz	约 6 - 9.1 mm	抗干扰性强，带宽资源较充足



U 波段	40 - 60 GHz	约 5 - 7.5 mm	易被大气吸收，信号传播距离有限
V 波段	50 - 75 GHz	约 4 - 6 mm	宽频谱、免授权
W 波段	75 - 110 GHz	约 2.7 - 4 mm	衰减适中，分辨率高，抗干扰能力强

2.1 毫米波器件测试

在 5G 毫米波通信、汽车雷达等领域，需对毫米波天线、滤波器、功率放大器等器件的输出信号进行测试。由于毫米波频率（通常 24 GHz 以上）超出多数频谱仪内混频范围，需通过外混频功能将信号下变频至可测频段，实现对器件输出功率、频率纯度、杂散抑制等参数的测量。

2.2 卫星通信系统测试

卫星通信下行链路信号常工作在 Ku 频段（12 - 18 GHz）、Ka 频段（26.5 - 40 GHz）等超高频段，地面接收设备的性能测试需精准测量这些频段信号的功率、信噪比、调制质量等指标。外混频功能可配合专用的卫星通信测试组件，实现对这些信号的可靠测量。

2.3 太赫兹技术研究

太赫兹波（0.1 - 10 THz）在安检成像、生物医学、材料分析等领域应用广泛，但该频段信号测量难度大。通过高灵敏度外混频器与频谱仪配合，可实现对太赫兹信号的频率标定、功率测量及频谱分析，为太赫兹器件研发和系统设计提供数据支撑。

3 前期准备

3.1 环境要求

- 电磁环境：测试环境需远离强电磁干扰源（如大功率电机、雷达发射设备等），必要时搭建屏蔽室，避免干扰信号影响测量结果。

- 温度与湿度：环境温度控制在 15-30℃，相对湿度保持在 30%-70%，避免温度剧烈变化导致设备性能不稳定，同时防止湿度过高引发设备短路或锈蚀。
- 供电条件：为所有设备提供稳定的交流供电（如 220V±10%，50Hz），建议配备 UPS 不间断电源，避免突然断电导致数据丢失或设备损坏。

3.2 安全注意事项

- 超高频信号传输过程中，部分组件（如功率放大器）可能产生热量，需确保设备散热良好，避免触摸高温部件，防止烫伤。
- 连接或拆卸高频电缆前，需关闭相关设备的信号输出，避免强信号直接输入设备，造成端口损坏。
- 本振源、功率放大器等设备工作时可能产生较高电压，操作时需遵守设备安全规程，避免触电。
- 测试过程中如需更换组件，需先断开设备电源，确保操作安全。

4 拓扑搭建

4.1 配套产品描述

- 模拟射频源 SSG6087A（100kHz – 40GHz）
- 频谱仪 SSA6088A（2Hz – 50GHz）
- 射频源扩频模块 TLSE-067110-1730-10（67 - 110GHz）

参数	最小值	典型值	最大值	单位
频率范围	67	-	110	GHz
输出功率	-	17	-	dBm
动态范围 (可选机械衰减器)	-	30	-	dB
射频输入频率	11.16	-	18.33	GHz
射频输入功率	-	+5	+10	dBm



倍频次数	6			倍
谐波抑制	-	-20	-	dBc
输入 VSWR	-	2	-	:1
输出 VSWR	-	2	-	:1
DC 电压	-	+12	-	V
DC 供电电流	-	150	-	mA
输出端口	WR-10/UG-387/U			-
输入端口	SMA Female			-
AC Bias	电源适配器: 100-240V AC			-
尺寸	200*53*68			mm

● 频谱仪扩频模块 TLSM-075110-08-10 (75 - 110GHz)

参数	最小值	典型值	最大值	单位
频率范围	75	-	110	GHz
中频(IF)输出频率	DC	-	5	GHz
本振(LO)输入频率	9.37	-	13.75	GHz
本振输入功率	13	15	20	dBm
倍频次数	8			倍
射频输入功率	-	-10	0	dBm
变频损耗	-	10	-	dB
射频输入端口	WR-10/UG-387/U			-
本振输入端口	SMA Female			-
中频输出端口	SMA Female			-
供电引脚	FGG 0B 4 Core			-
尺寸	155.2*75.2*52			Mm

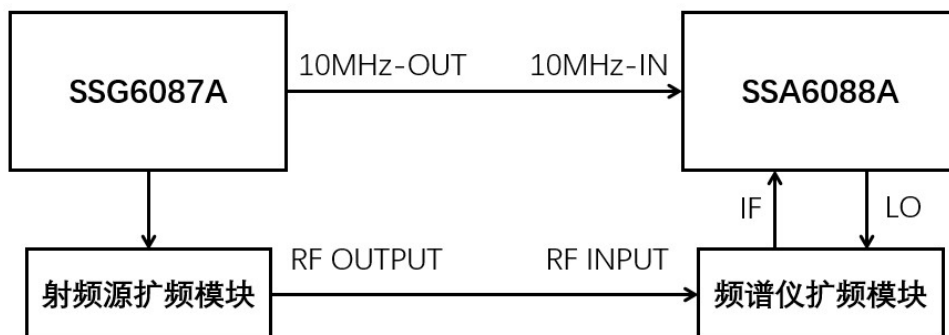
射频源扩频模块和频谱仪扩频模块实物图如下：



图片 1 射频源扩频模块和频谱仪扩频模块连接图

4.2 拓扑连接

频谱仪扩频模块/外混频器的核心连接逻辑为：被测信号与本振源输出的信号分别输入外混频器的“RF 输入”和“LO 输入”端口，经过混频处理后，混频器“IF 输出”端口输出的中频信号接入频谱仪的“IF IN”端口，频谱仪对中频信号进行测量分析，再结合本振频率计算出被测信号的实际频率和功率。



图片 2 拓扑连接图

详细连接步骤如下：

- 1) 发射信号倍频：射频源 SSG6087A 的 RF 输出端口通过同轴线缆，接入射频源扩频模块的 RF 输入端口。

- 2) **被测信号与频谱仪扩频模块连接：**射频源扩频模块的 RF 输出端口通过波导接口与频谱仪扩频模块的 RF 输入端口相连（注意：射频源扩频模块高度需与频谱仪扩频模块高度保持一致，波导接口才能正确连接）。
若测试的是客户的被测信号，需注意线缆和接口匹配，必要时搭配适配的转接头，减少信号传输损耗。
- 3) **频谱仪扩频模块与频谱仪的本振连接：**用专用射频线缆将频谱仪扩频模块的本振端口（LO）连接到频谱仪的 LO OUT 端口。该连接的作用是让频谱仪向频谱仪扩频模块提供本振信号，频谱仪扩频模块会利用本振信号的 8 次谐波与被测高频信号混频，实现信号下变频。
- 4) **频谱仪扩频模块与频谱仪的中频连接：**通过射频线缆将频谱仪扩频模块的中频端口（IF）接入频谱仪的 IF IN 端口。经过混频后的中频信号，会通过这条链路传输到频谱仪内部，后续频谱仪将对中频信号做滤波、数字化等处理并呈现测试结果。
- 5) **时钟参考连接：**用 BNC 线缆将射频源的 10MHz 参考输出与频谱仪的时钟参考输入端口相连。
- 6) **检查与固定：**连接完成后，检查所有电缆连接器是否拧紧，确保信号传输可靠；整理电缆走向，避免电缆缠绕或受压，减少信号衰减和干扰；射频源、射频源扩频模块、频谱仪、频谱仪扩频模块都接上电源。

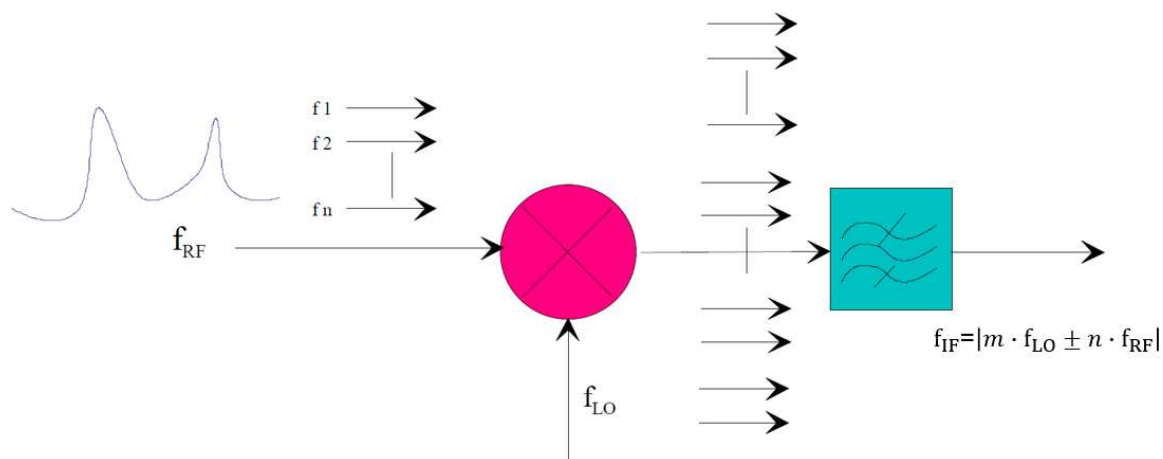
实物连接图如下：



图片 3 实物连接图

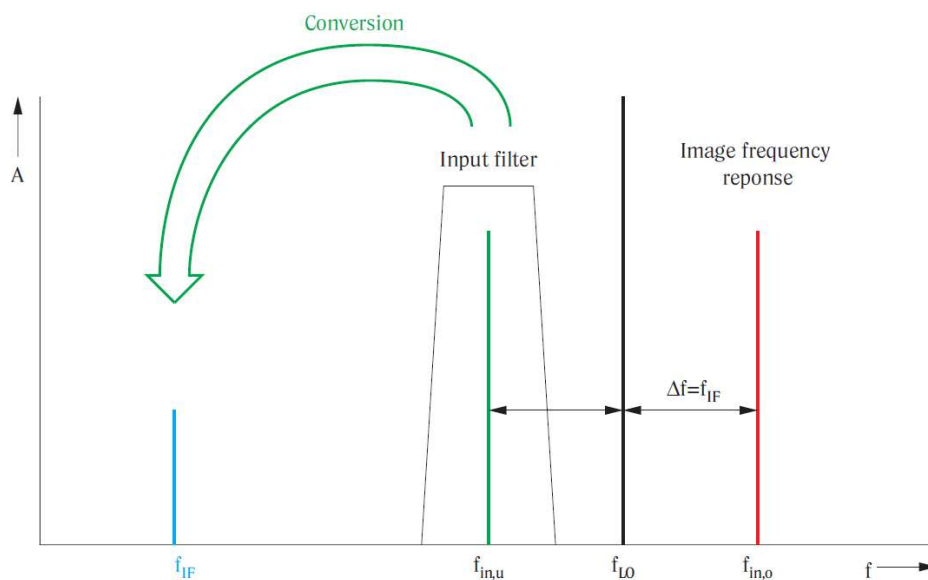
4.3 混频原理

频谱仪扩频模块相当于混频器，将输入的 RF 信号与频谱仪提供的本振信号 LO 进行混频，将 RF 信号下变频到中频 IF。原理图如下：



图片 4 混频原理图

中频频率等于本振及其谐波和输入信号的频率及其谐波的和差关系。所以混频器输出的不仅仅是期望信号，而是存在丰富的频率分量，包括 LO 泄露、及其它高次混频分量。当公式中本振和射频的谐波次数，也就是 $m=n=1$ 时，也就是基波的时候，这个时候的混频就是基波混频 $f_{in} = |f_{LO} \pm f_{IF}|$ ，如下图。



图片 5 基波混频图

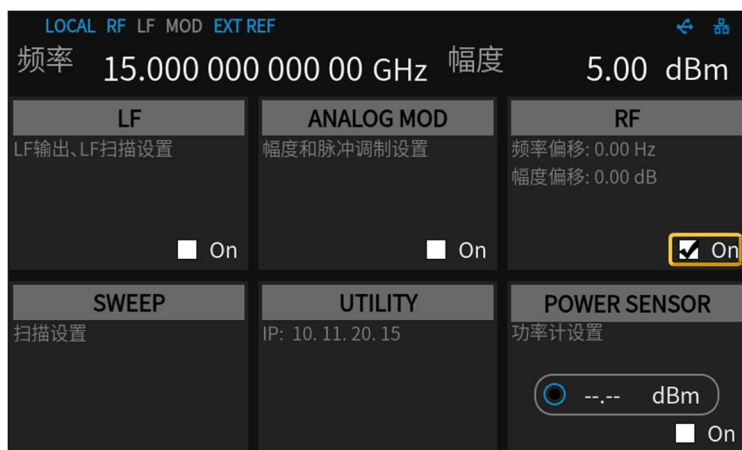
对于一定的中频和本振频率，输入频率等于本振频率与中频频率和差的绝对值，存在两个输入频率。其中有一个是镜像频率，镜像频率是射频信号以本振频率为中心的对称位置的频率分量。为了保证接收有用信号，需进行镜像抑制。

本解决方案中使用 LO 的 8 次谐波来进行混频： $f_{IF} = |8f_{LO} \pm f_{RF}|$ ，此时频谱仪根据 LO 的 8 次谐波和中频反推输入的射频信号： $f_{RF} = |8f_{LO} \pm f_{IF}|$ 。

5 测试步骤

5.1 射频源操作步骤

- 1) 射频源的频率设为 15GHz，经过射频源扩频模块 6 倍频之后，输出的频率为 90GHz。
- 2) level 设为 5dBm，因为射频源扩频模块的输入功率需要达到+5dBm 以上，才能正常工作，测试结果为保证值（注意 level 不超过 10dBm）。



图片 6 射频源操作图

- 3) 此时不要打开射频开关，因为射频源扩频模块的输出功率为 17dBm，需要先调整机械衰减器为最大衰减，以免输入到频谱仪扩频模块和频谱仪的信号功率过大，有烧坏的风险。
- 4) 如果客户想让输出功率为具体值，可以用功率计测试输出功率，然后调整机械衰减器，使射频源扩频模块的输出功率为对应值（注意输出功率不超过 0dBm）。

5.2 频谱仪操作步骤

- 1) 点击 Input/Output，选择输入为外混频。



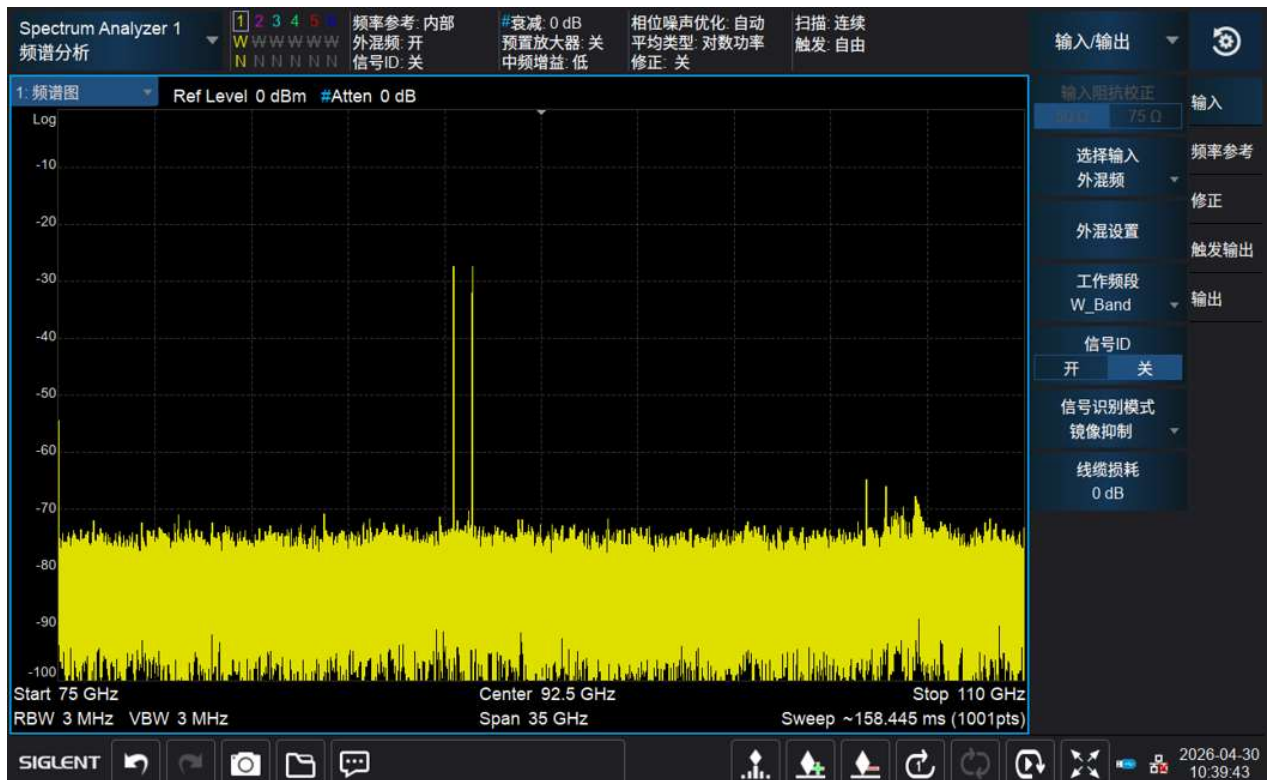
图片 7 频谱仪操作图

- 2) 点击外混设置，根据外混频器的型号，选择外混频频段为 W_Band (75GHz-110GHz)，谐波次数为 8。

	注意：SSA6000 机型中，本振输出的频率范围为：3.1975GHz~19.195GHz，中频接收 345MHz 信号，本振 = (RF ± 中频)/谐波次数，当扫描的范围超出本振范围时，将提示 LO Out Of Range，需根据上述条件进行频率范围调整。另外本振输出的功率为 14~18dBm，接入非 Siglent 附带外混频器件时请判断功率是否合规。
--	--

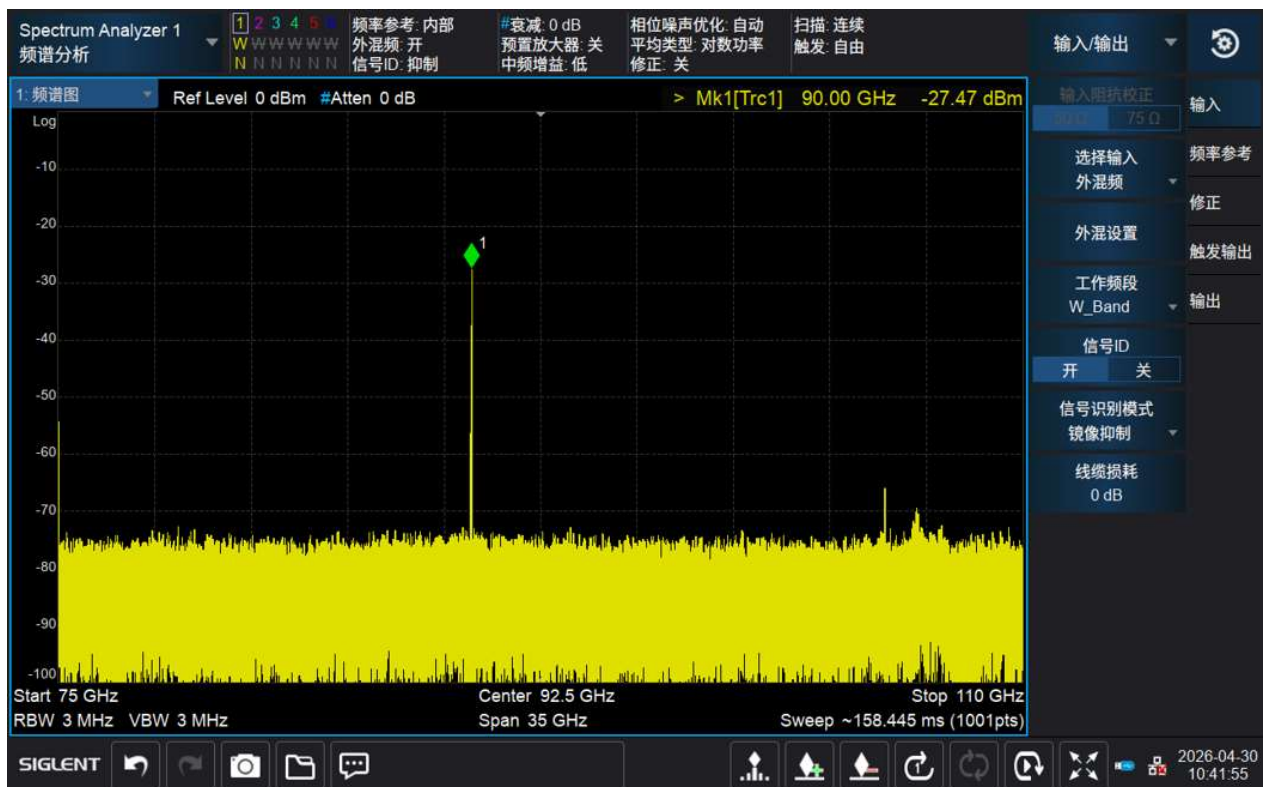
- 3) 在 **Conversion Loss Table** 里输入外混频器的变频损耗：外部混频器在将 RF 降频为 IF 的过程中会有能量损耗，且这个损耗在不同频率下是不同的。每个外混频器在出厂时都会附带一份专属的变频损耗校准表（通常保存在 U 盘里）。测试前必须将此表格导入频谱仪。频谱仪会根据表格自动补偿幅度值，确保测得的功率是准确的。

在不打开镜像抑制功能时，此时会出现 2 个信号，其中一个为镜像，频率为 89.31GHz，另外就是真实的射频信号，频率为 90GHz。两者频率差为 $90\text{GHz} - 89.31\text{GHz} = 0.69\text{GHz} = 2 \times 345\text{MHz}$ ，即 2 倍的中频，符合预期。



图片 8 没有抑制镜像的结果图

- 4) 频谱仪具有自动镜像抑制功能。将信号识别模式设为镜像抑制，信号 ID（信号识别功能）打开，此时镜像消失，只留下 90GHz 的真实信号。



图片 9 抑制镜像后的结果图

5) 测量 IF 端口线缆的损耗，对线缆损耗进行补偿。操作步骤总结为下图。



图片 10 频谱仪操作步骤图

6 总结

当测量 60 GHz、77 GHz 甚至 110 GHz 以上的信号，而频谱仪自身最高只能测到 26.5 GHz 或 50 GHz 且直接升级硬件成本极高时，外混频就是标准的解决方案。频谱仪的外混频功能是通过“外部降频+内部处理”的思路，打破了仪器本身射频前端的物理极限。虽然操作上比直接测量多了一些步骤（如导入损耗表、连接波导、开启镜像抑制），但它是目前微波工程领域测量毫米波和太赫兹信号最经济、最主流、甚至在某些超高频段是唯一可行的手段。

外混频功能的核心价值是以较低成本将现有频谱仪的频率范围扩展到毫米波和太赫兹频段，是 5G/6G 毫米波通信、汽车雷达、卫星通信、国防电子等领域射频测试的关键技术手段。



关于鼎阳

鼎阳科技 (SIGLENT) 是通用电子测试测量仪器领域的行业领军企业，A股上市公司。

2002年，鼎阳科技创始人开始专注于示波器研发，2005年成功研制出鼎阳第一款数字示波器。历经多年发展，鼎阳产品已扩展到数字示波器、手持示波表、函数/任意波形发生器、频谱分析仪、矢量网络分析仪、射频/微波信号源、台式万用表、直流电源、电子负载等基础测试测量仪器产品，是全球极少数能够同时研发、生产、销售数字示波器、信号发生器、频谱分析仪和矢量网络分析仪四大通用电子测试测量仪器主力产品的厂家之一，国家重点“小巨人”企业。同时也是国内主要竞争对手中极少数同时拥有这四大主力产品并且四大主力产品全线进入高端领域的厂家。公司总部位于深圳，在美国克利夫兰、德国奥格斯堡、日本东京成立了子公司，在成都成立了分公司，产品远销全球80多个国家和地区，SIGLENT已经成为全球知名的测试测量仪器品牌。

联系我们

深圳市鼎阳科技股份有限公司
全国免费服务热线：400-878-0807
网址：www.siglent.com

声明

 是深圳市鼎阳科技股份有限公司的注册商标，事先未经允许，不得以任何形式或通过任何方式复制本手册中的任何内容。
本资料中的信息代替原先的此前所有版本。技术数据如有变更，恕不另行通告。

技术许可

对于本文档中描述的硬件和软件，仅在得到许可的情况下才会提供，并且只能根据许可进行使用或复制。

