

微波技术与天线实验报告

学院：			
姓名：			
组员：			

实验一 频谱分析仪的原理及应用

一、实验目的

- 1 掌握频谱分析仪的使用方法。
- 2 掌握频谱分析仪中“解析带宽RBW”和“视频频宽VBW”对于测量信号的影响。

二、实验仪器

频谱分析仪（RSA306B）、电脑、微波炉、手机（可拨打电话和连接蓝牙）

三、实验原理

（一）频谱分析仪的原理

频谱分析仪依信号处理方式的不同，一般有两种类型：扫描调谐频谱分析仪(Sweep-Tuned Spectrum Analyzer)与实时频谱分析仪 (Real-Time Spectrum Analyzer)。现代实时频谱分析仪基于快速傅里叶变换（FFT），通过傅里叶运算将被测信号分解成分立的频率分量，达到与传统频谱分析仪同样的结果。这种新型的频谱分析仪采用数字方法直接由模拟/数字转换器(ADC)对输入信号取样，再经 FFT 处理后获得频谱分布图。

RSA306B是一台先进的实时频谱分析仪，具有数字荧光频谱显示（DPX）功能。该功能利用频谱轨迹显示的色温（颜色）表示频谱出现的概率。选择设置菜单“Setup-Displays”功能，在“Select-Displays”窗口中选择“DPX”图标。在“Select-Displays”窗口右侧点击“Add”按钮后，再点击“OK”按钮，即可增加DPX显示窗口。在该窗口观察频谱，出现概率越高的谱线显示色温越高（偏红），出现概率越低的谱线显示色温越低（偏蓝）。在此窗口可以实时观测信号频谱的突变情况。

（二）频谱分析仪中“解析带宽 RBW”和“视频频宽 VBW”对于测量信号的影响

RBW(Resolution Bandwidth)代表两个不同频率的信号能够被清楚的分辨出来的最低频宽差异，两个不同频率的信号频宽如低于频谱分析仪的 RBW，此时该两信号将重叠，难以分辨。较低的 RBW 固然有助于不同频率信号的分辨与测量，但是低的 RBW 将滤除较高频率的信号成份，导致信号显示时产生失真。失真值与设定的 RBW 密切相关，较高的 RBW 固然有助于宽频带信号的侦测，但是这将增加噪底(Noise Floor)，降低量测灵敏度，对于侦测低强度的信号易产生阻碍。因此适当的 RBW 宽度是正确使用频谱分析仪的重要参数。

VBW (Video Bandwidth) VBW 滤波器是包络检波器直接连接的一个低通滤波器。VBW 是检波器的信号链的带宽，它决定了频谱分析仪分辨两个不同电平的能力。比较小的 VBW 会移除噪声，使显示更为平滑。与 RBW 相似，若 VBW 小于 RBW，则 VBW 对波形的扫描时间会有较大的影响。

(三) 无线移动通信频谱分布

运营商	上行频率 (UL)	下行频率 (DL)	频宽	合计频宽	制式	
中国移动	885-909MHz	930-954MHz	24MHz	184MHz	GSM800	2G
	1710-1725MHz	1805-1820MHz	15MHz		GSM1800	2G
	2010-2025MHz	2010-2025MHz	15MHz		TD-SCDMA	3G
	1880-1890MHz	1880-1890MHz	130MHz		TD-LTE	4G
	2320-2370MHz	2320-2370MHz				
	2575-2635MHz	2575-2635MHz				
中国联通	909-915MHz	954-960MHz	6MHz	81MHz	GSM800	2G
	1745-1755MHz	1840-1850MHz	10MHz		GSM1800	2G
	1940-1955MHz	2130-2145MHz	15MHz		WCDMA	3G
	2300-2320MHz	2300-2320MHz	40MHz		TD-LTE	4G
	2555-2575MHz	2555-2575MHz				
	1755-1765MHz	1850-1860MHz				
中国电信	825-840MHz	870-885MHz	15MHz	85MHz	CDMA	2G
	1920-1935MHz	2110-2125MHz	15MHz		CDMA2000	3G
	2370-2390MHz	2370-2390MHz	40MHz		TD-LTE	4G
	2635-2655MHz	2635-2655MHz				
	1765-1780MHz	1860-1875MHz				

图1：三大运营商无线移动通信频谱分布

四 实验内容

1、88~108MHz的调频广播电台信号的搜寻与解调

频谱分析仪接拉杆天线，拉杆天线全部拉出，长度约0.8米左右。点击菜单栏设置” setup-settings “功能，在频谱设置窗口选择 “Freq & Span” 标签页，频谱分析仪观测起始频率 “start” 设置为88MHz，终止频率 “stop” 设置为108MHz幅度设置点击自动幅度设置 “autoscale”，按钮此时可以看多个调频广播电台信号分布在不同频率上。点击标记 “markers-peak” 功能可以找到幅度最大的一个广播电台信号。点击标记 “markers-markers to center” 功能将该广播电台信号频率置于屏幕中心位置，设置频率观测跨度 “span” 为 500kHz。

点击 “setup—audio” 功能，点击 “run” 按钮，启动RSA306频谱分析仪音频解调功能，可以解调收听到该电台广播的音频信号。注意观察电台调频信号频谱随调制音频信号变化情况。将不同频率的广播电台信号移至屏幕中心位置，解调收听到该电台厂播的音频信号。

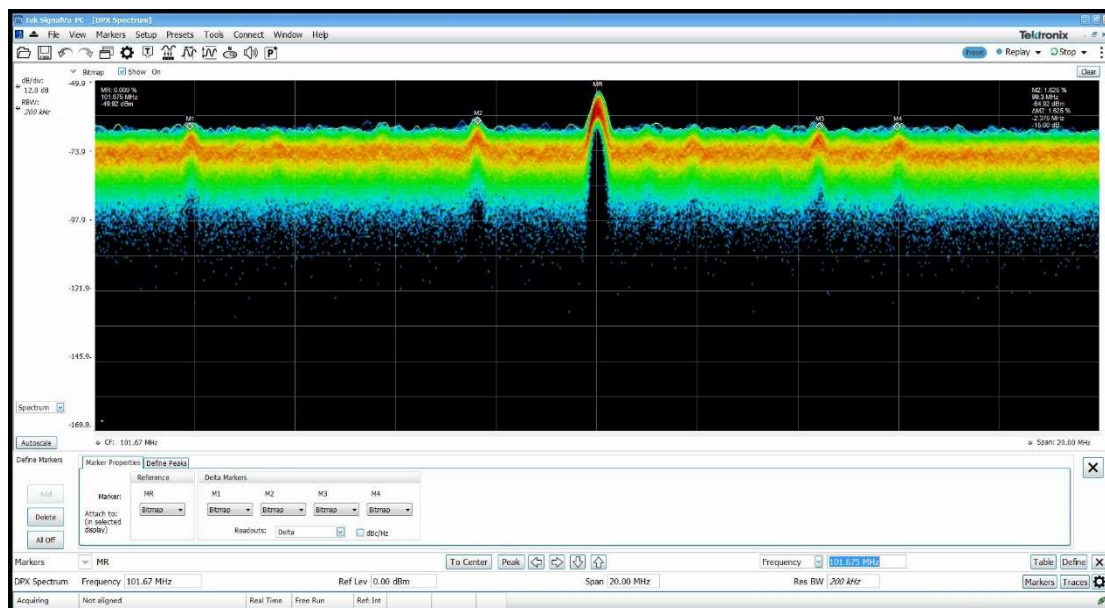


图2：span为20MHz，中心频率为101.7MHz的频谱

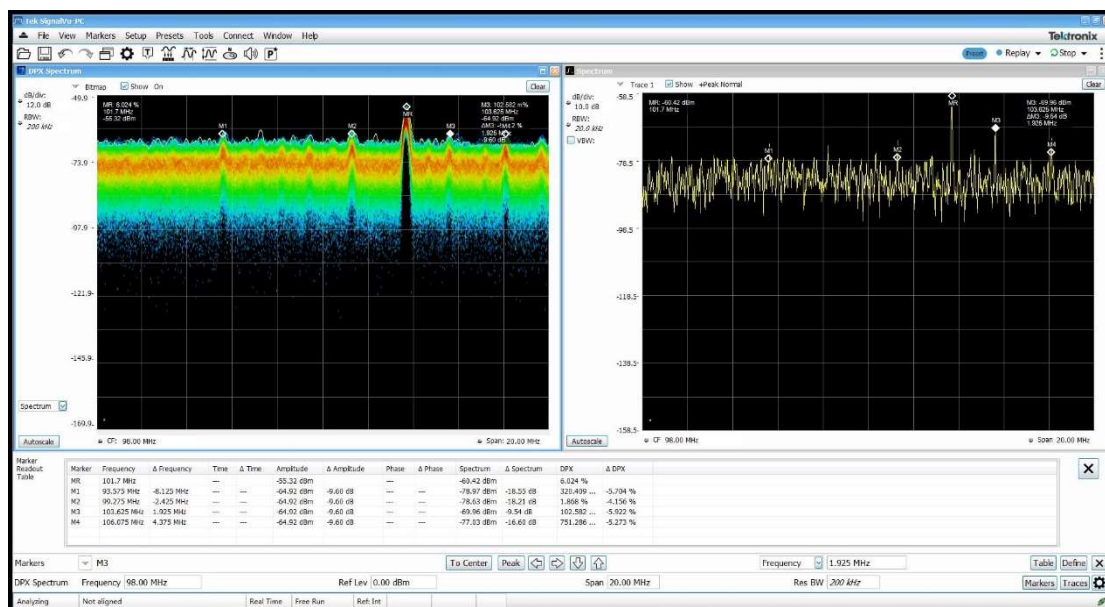


图3：五个Marker标记的不同频率

从图二可以看出，此时收听到的广播电台调频信号的中心频率为 101.7MHz。从图三中可以看出，频谱图上出现了多个峰值，将不同频率的广播电台信号移至屏幕中心位置，可以解调收听不同的电台广播的音频信号，即图中用调到不同的频率都能听到对应的电台广播。注意到电台调频信号频谱随调制音频信号的幅度变化而变化，可以看出这是调频(FM)信号。

2、2.4~2.485GHz的蓝牙短距信号频谱的观察

将频谱分析仪观测起始频率“Start”设置为2.4GHz，终止频率“Stop”设置为2.5GHz。在频谱设置窗口选择“Scale”标签页，在该页面垂直Vertical区域，位置“Position”设置合适的数值（通常为-20dBm左右），使频谱轨迹位于显示窗口的中部。打开手机或蓝牙设备的蓝牙功能，使其处于蓝牙设备搜索状态，手机或蓝牙设备靠近天线。

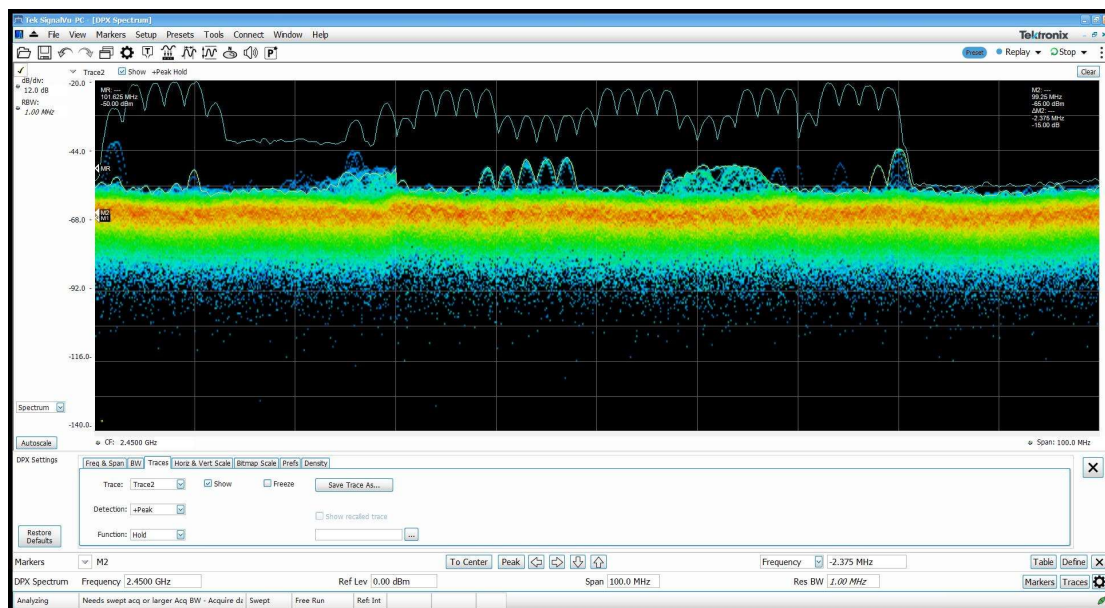


图4：有蓝牙信号

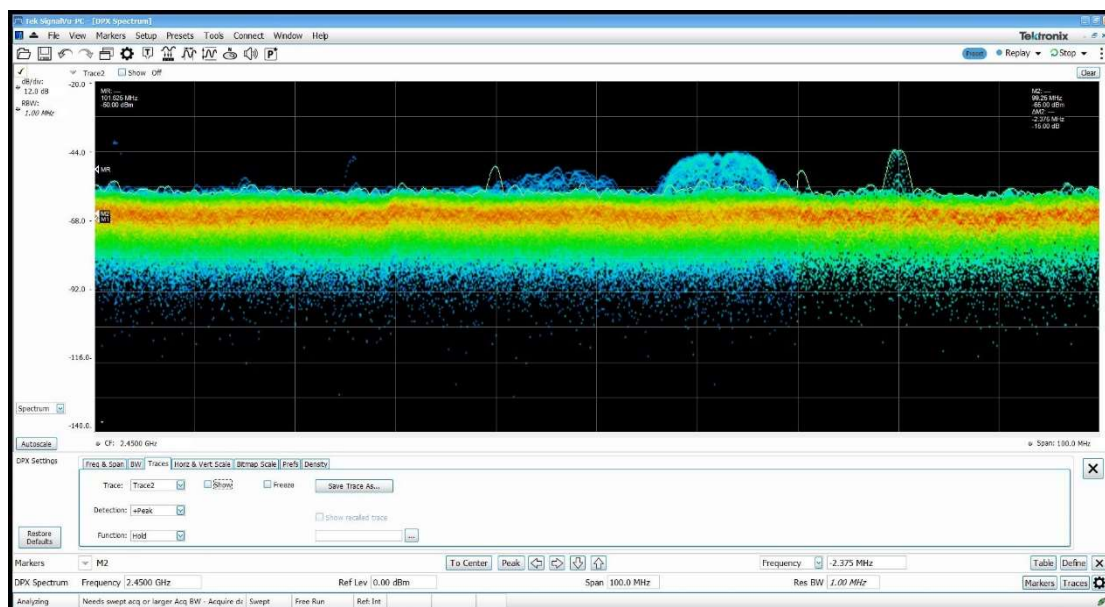


图5：没有蓝牙信号

图四与图五相比，可以观察到图四中蓝牙设备开启后，在2.4G~2.48GHz内可以检测到各信道搜索的跳频信号。因为这里使用了频谱仪的最大值保持“max hold”功能，蓝色显示的就是调频信号的最大值轨迹。

3、800MHz~2.4GHz 的手机通信信号频谱的观察

手机通信信号分上行（手机发射至基站）信号和下行（基站发射至手机）信。国家分配给各运营商的频率资源各不相同。在报告的实验原理中可以看到，各运行商的频率资源分配如下图六所示：

运营商	上行频率 (UL)	下行频率 (DL)	频宽	合计频宽	制式	
中国移动	885-909MHz	930-954MHz	24MHz	184MHz	GSM800	2G
	1710-1725MHz	1805-1820MHz	15MHz		GSM1800	2G
	2010-2025MHz	2010-2025MHz	15MHz		TD-SCDMA	3G
	1880-1890MHz	1880-1890MHz	130MHz		TD-LTE	4G
	2320-2370MHz	2320-2370MHz				
	2575-2635MHz	2575-2635MHz				
中国联通	909-915MHz	954-960MHz	6MHz	81MHz	GSM800	2G
	1745-1755MHz	1840-1850MHz	10MHz		GSM1800	2G
	1940-1955MHz	2130-2145MHz	15MHz		WCDMA	3G
	2300-2320MHz	2300-2320MHz	40MHz		TD-LTE	4G
	2555-2575MHz	2555-2575MHz				
	1755-1765MHz	1850-1860MHz				
中国电信	825-840MHz	870-885MHz	15MHz	85MHz	CDMA	2G
	1920-1935MHz	2110-2125MHz	15MHz		CDMA2000	3G
	2370-2390MHz	2370-2390MHz	40MHz		TD-LTE	4G
	2635-2655MHz	2635-2655MHz				
	1765-1780MHz	1860-1875MHz				

图6：三大运营商无线移动通信频谱分布

这里通过拨打手机的方式接受上行信号，其频谱如下图7所示：

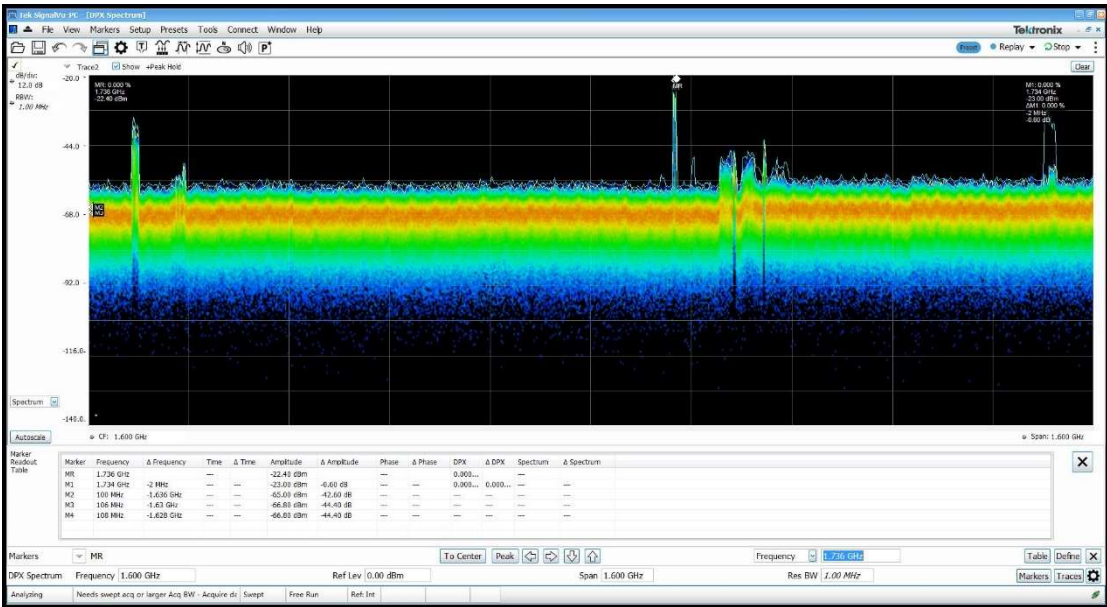


图7：上行信号1.7GHz

用移动手机拨号后可以看到在1.7GHz左右有高峰值，而在1.8GHz左右有另一个较小的高峰值，分别对应上行信号和下行信号，从图六对应可以发现我们使用的移动手机卡在拨号时采用的是GSM1800的2G制式。

4、微波炉工作时泄漏的电磁波测试

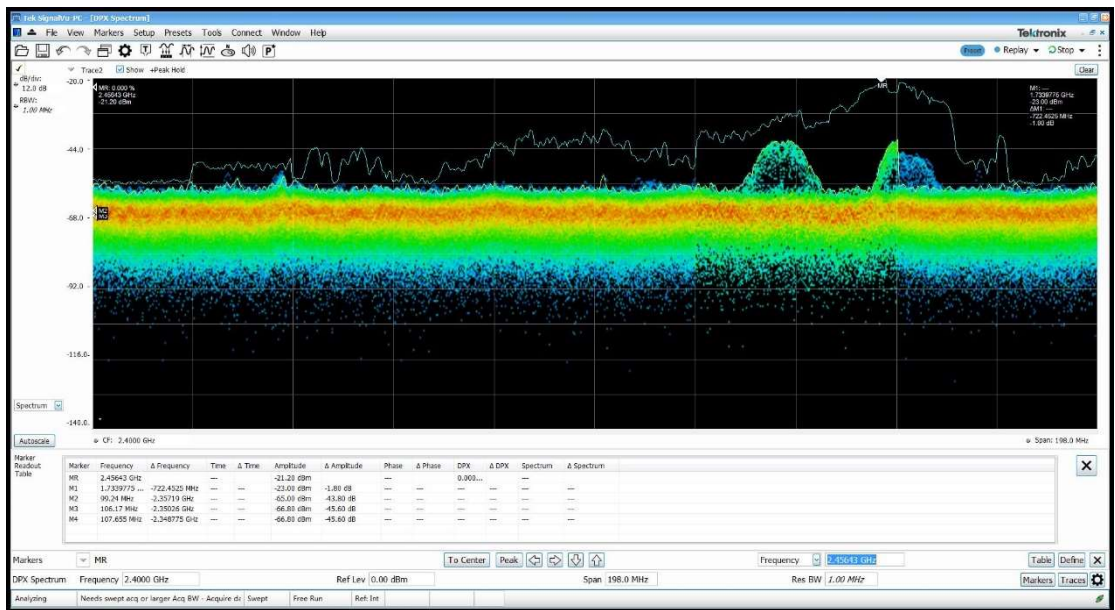


图8：微波炉的电磁波频谱图

这是将频谱仪的天线和启动后的微波炉十分接近的条件下测得的频谱图，微波频段大约在2.45GHz，而其最大幅值为-21.20dBm，其辐射量对人体没有危害。

5、频谱分析仪中“解析带宽RBW”和“视频带宽VBW”对于测量信号的影响

(1) 取不同的RBW对波形的影响

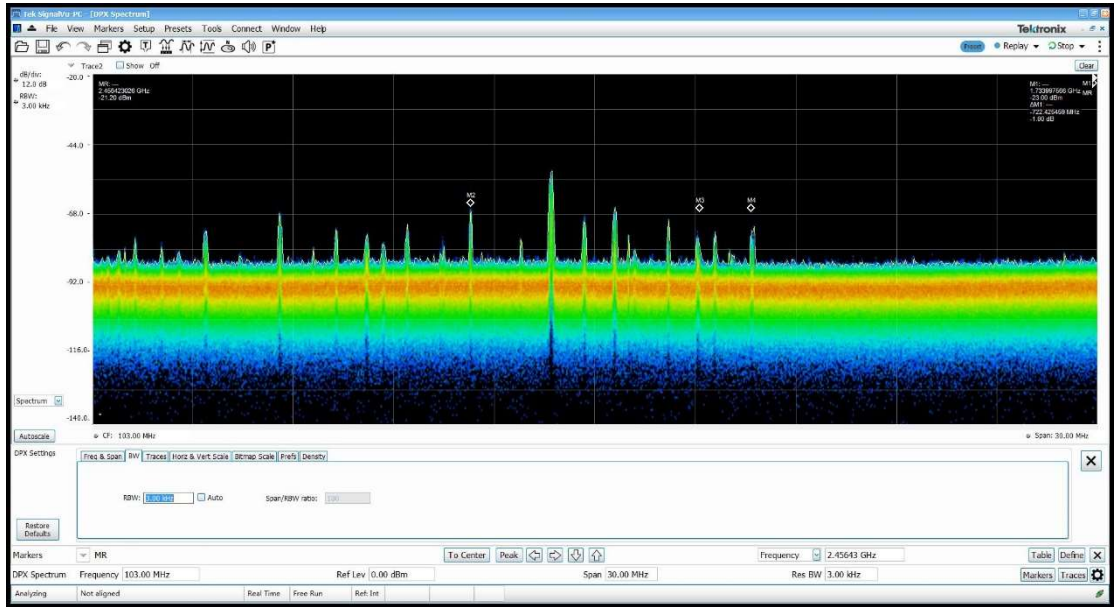


图9-1：RBW=3kHz

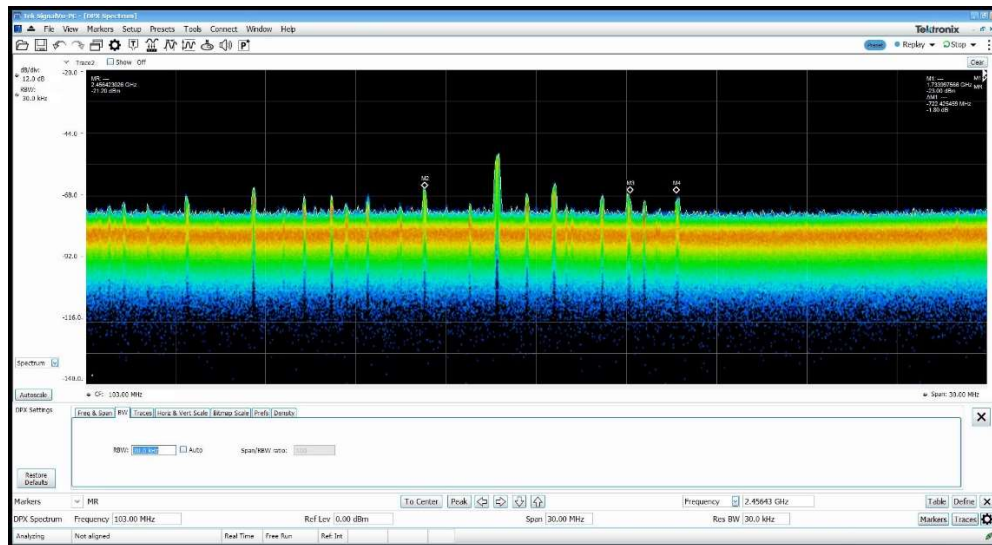


图9-2: RBW=30kHz

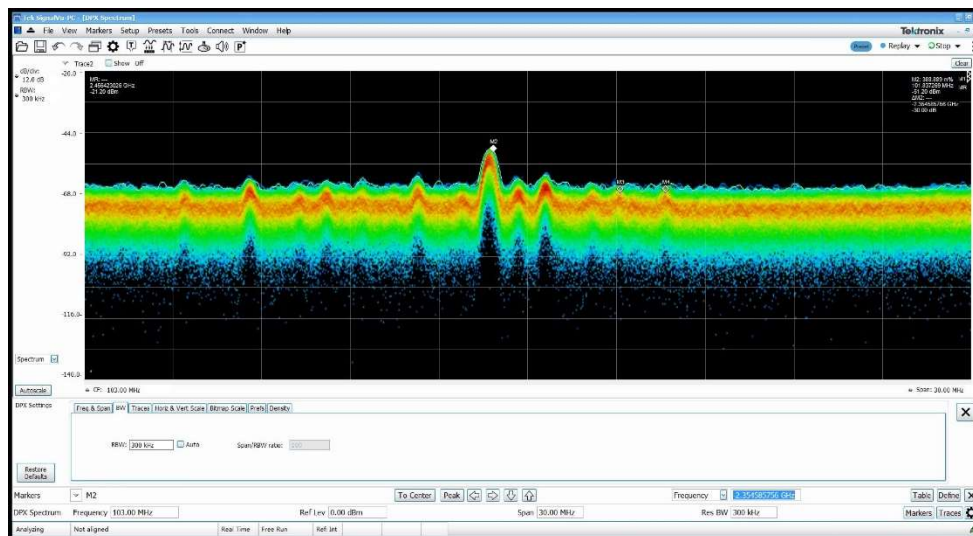


图9-3: RBW=300kHz

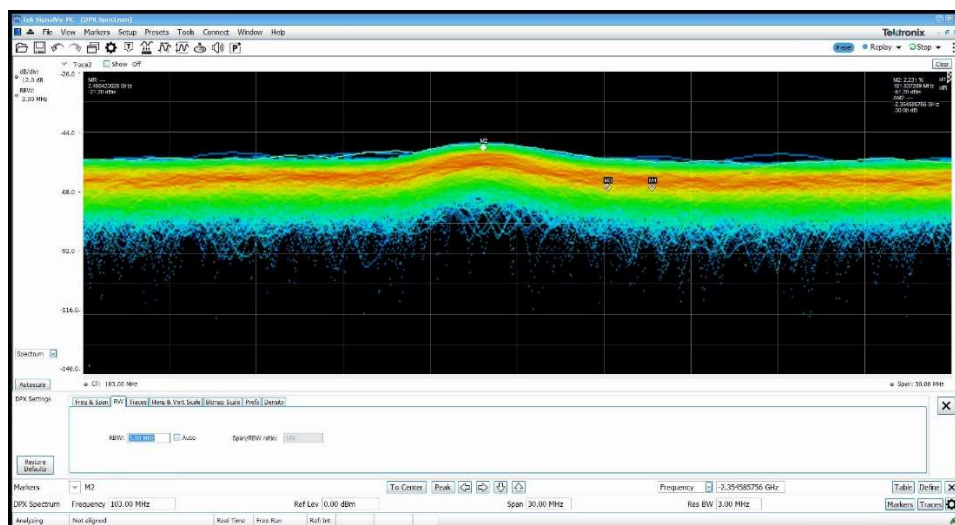


图9-4: RBW=3000kHz

从图9-1, 9-2, 9-3, 9-4可以看出, 随着RBW的不断增大, 测出来的波形更平滑, 并参考左侧的刻度可以发现测出来的波形幅度也在增大。这说明: 较低的RBW有利于不同信号频率的分离, 灵敏度大, 所以波形比较尖锐, 但同时测出来的噪声也较多。而较高的RBW则相反, 测出来的噪声较少, 波形比较平滑, 灵敏度小, 有些小信号测不出来。

(2) 取不同的VBW对波形的影响

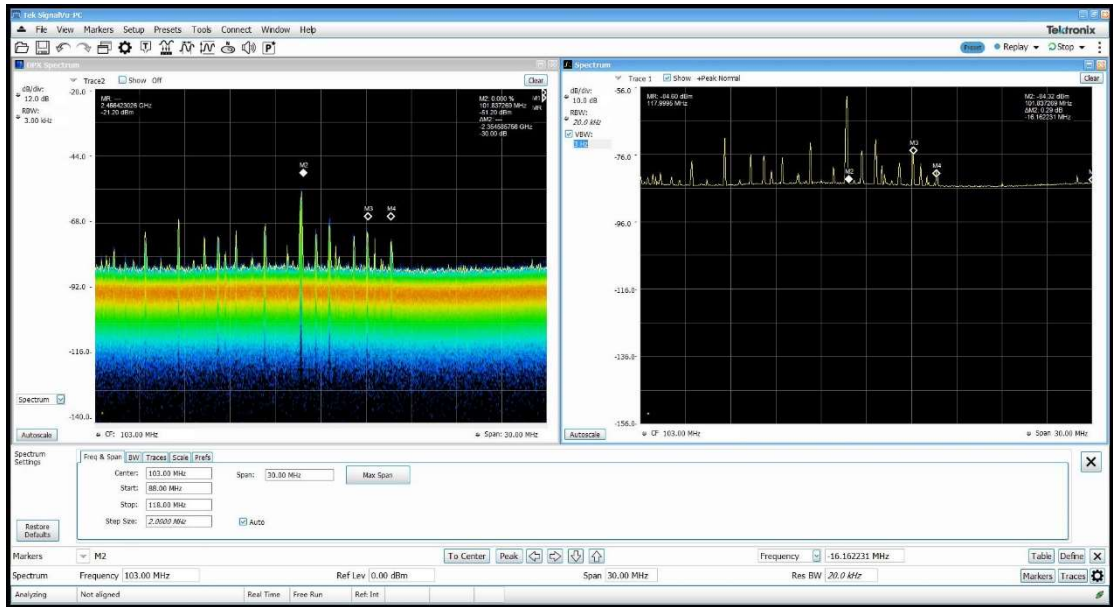


图10-1: VBW=3Hz

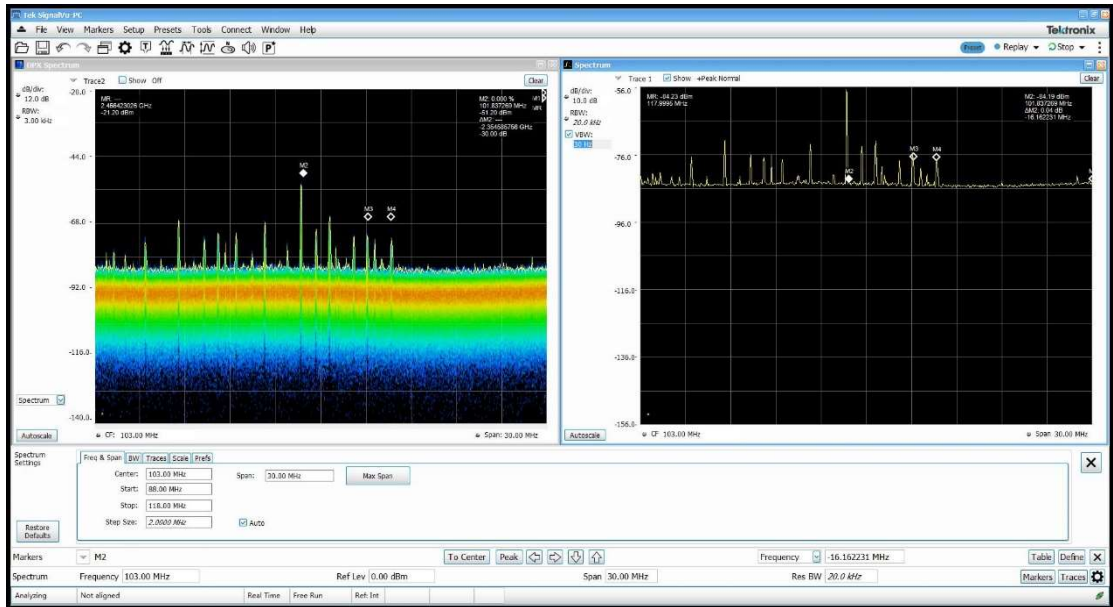


图10-2: VBW=30Hz

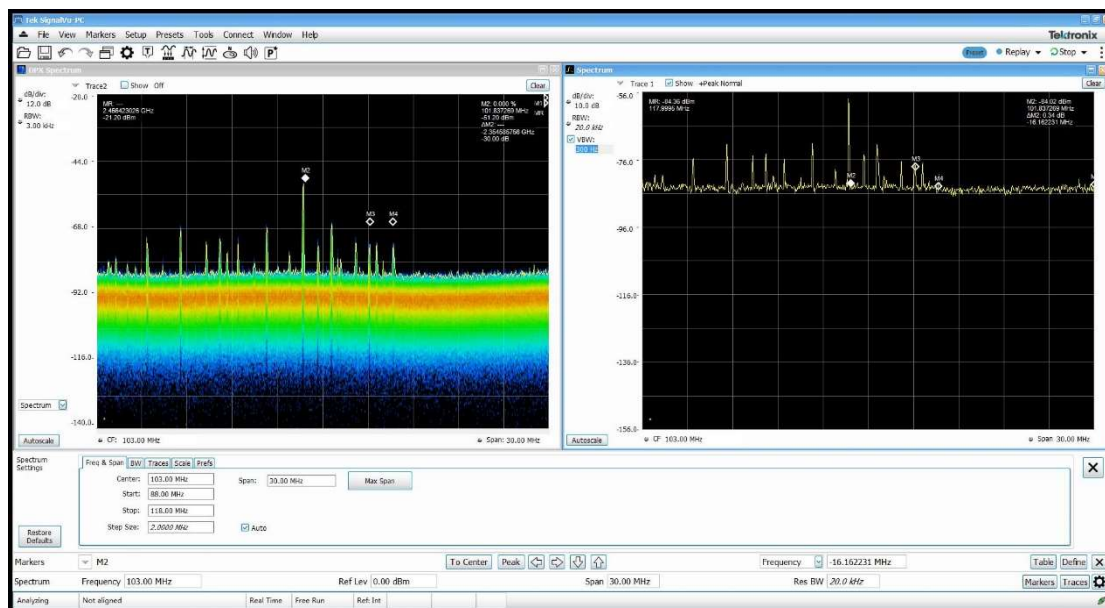


图10-3：VBW=300Hz

从图 10-1, 10-2, 10-3 可以看出，随着 VBW 的不断增大，参考左侧的刻度可以发现测出来的波形幅度也在增大。从实验原理中查阅的资料可以解释上面现象：VBW(Video Bandwidth)VBW 滤波器是包络检波器直接连接的一个低通滤波器。VBW 是检波器的信号链的带宽，它决定了频谱分析仪分辨两个不同电平的能力。比较小的 VBW 会移除噪声，使显示更为平滑。而比较大的 VBW 的频谱图（如图 10-3）则比较多噪声，比较尖锐。

五 实验体会

这是我们第一次实验，也是我们第一次使用频谱分析仪，通过这次实验我学到了如何通过软件来操作频谱分析仪，也学到了RBW和VBW的设置对频谱波形的影响。综合实验内容来看，这次实验比较简单，完成比较顺利，多谢蒋老师的指导。