

实验五 硬脉冲回波序列确定硬脉冲射频

一、 实验目的：

- 1、了解硬脉冲的脉冲特性。
- 2、了解硬脉冲回波的形状。
- 3、掌握序列参数和采集参数对回波信号的影响。
- 4、掌握如何确定硬脉冲射频的参数

二、实验器材：

约 1ml 大豆油试管样品；NMI20 台式磁共振成像仪一台。

三、实验原理：

1、硬脉冲

MRI 中的射频磁场系统发射出中心频率为拉莫尔频率的射频电磁波，激发样品质子群，而发生核磁共振效应。该电磁波并非为单一频率，而是以拉莫尔频率为中心频率具有一定宽度的频带。根据频带宽度的不同，可将射频电磁波分为硬脉冲和软脉冲。

射频脉冲是时间门控的高频载波信号，是时间域信号（如图 1 所示）。载波频率即为频率源产生的拉莫尔频率，是一个单一频率的信号。门控信号脉冲序列发生器产生控制射频发射时序的信号。将图 1 信号进行傅立叶变换后，即得到其频率域信号波形，它是一个 SINC ($\frac{\sin x}{x}$) 函数形状（如图 2 所示）。硬脉冲时间激发宽度较窄，但射频幅值较高，对应的频带较宽，可以激发较大范围的质子，选择性较差；软脉冲时间激发宽度较宽，但射频幅值较低，对应的频带较窄，只能激发较小进动频率范围的质子，选择性较好。

由于矩形脉冲和 SINC 波形一对傅立叶变换对，因此也有磁共振系统用 SINC 波形的时间域射频信号来获取规整的矩形频域信号来进行更好的激励选择，但难度较高，本次实验装置采用矩形时间域信号来激发。

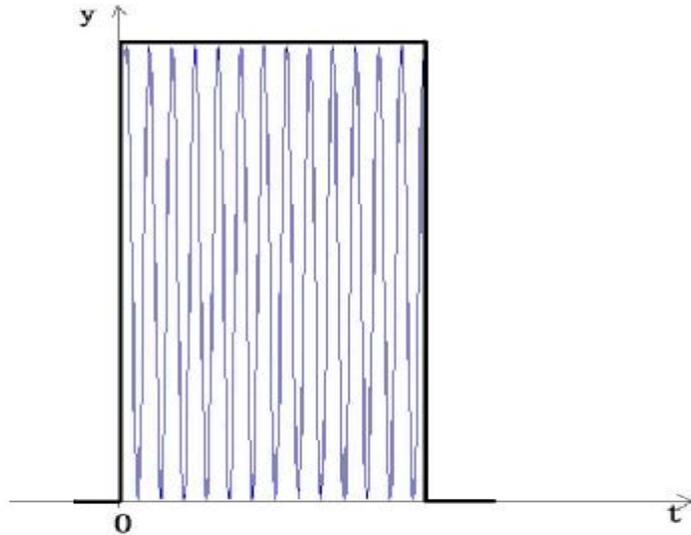


图 1 射频波形（时间域）

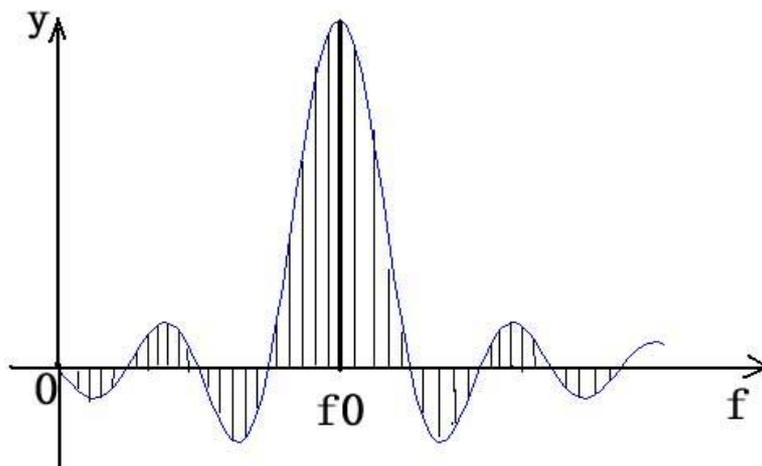


图 2 射频的频带范围（频域）

2、硬脉冲回波

硬脉冲回波序列是采用硬脉冲射频进行激励的自旋回波序列，其序列形式如图 3 所示。P1 和 P2 分别是 90 度和 180 度脉冲的施加时间，实验时注意观察其长短关系。

图 3 中的参数分别是：

D0:近似为重复时间（TR）；

D1: 90 度射频与 180 度射频之间的时间间隔，近似为回波时间的一半(TE/2)；

D3:180 度射频结束后到信号采集开始之间的时间间隔；

P1:90 度射频的施加时间；

P2: 180 度射频的施加时间；

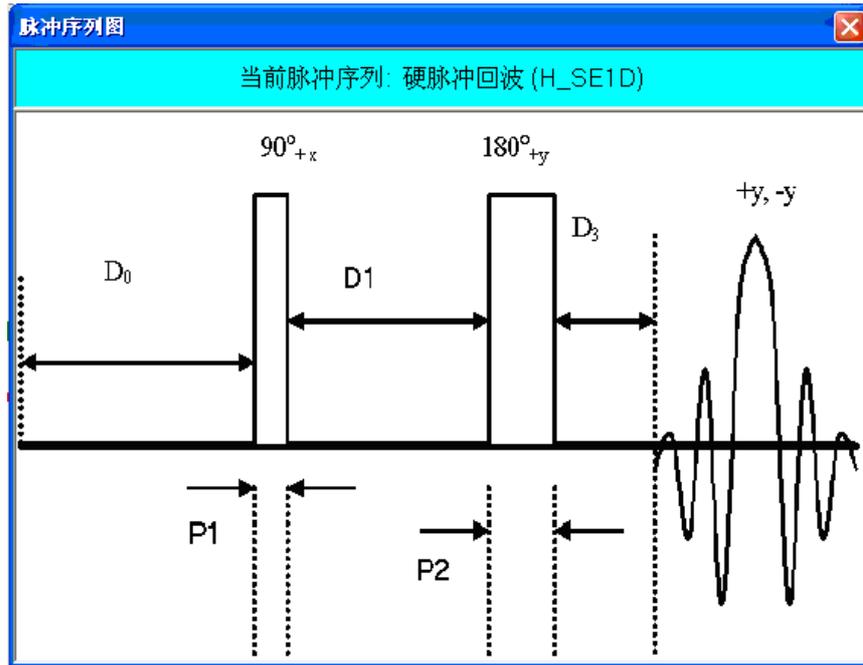


图 3

3、序列参数对回波信号的影响

MR 信号是在读出梯度施加时才被线圈读出并送到后面的电子学线路进行处理的。因此只有当读出梯度施加时，或者说线圈在谱仪的控制下处于接收状态时才能接收到信号，因此序列参数必须使得质子群产生回波信号的时刻和线圈接收同步才能获取最大幅值信号。否则即使质子群系统产生了回波，也不能获得最大幅值的信号，或者根本不能获取回波信号。

例如当 D_1 时间太长，达到 10000 微秒时，根据 SE 序列原理，回波最高幅值应该在 180 度射频结束后的 10000 微秒时刻出现，而线圈在 180 度射频结束后的 150 微秒内开始接收信号，信号接收时间为 $5000 \text{ } \mu\text{s}$ ，根据回波产生的原理，信号接收过程结束后，回波信号还未产生，因此不能接收到回波信号。

4、采集参数对回波信号的影响

采集参数主要包括采样点数 TD, 采样带宽 SW, 采样频率 FW, 计算点数 SI。这四个参数之间是有相互关系的。采样点数和采样频率共同决定采样时间，即

$$t = TD \times FW$$

$$SW = 1 / FW$$

$$T = TD / SW$$

因此改变采集参数，可以改变信号采集时间。采集时间对回波信号的采集也

是有影响的。

例如当采集点数由 1024 改变成 2048 时，采样时间增加一倍；当采样点数不变，采样频率增加一倍，则采集时间缩短一半；采样带宽较小一半，采集时间则增加一倍。

一、 实验步骤：

- 1、启动计算机，点击桌面图标  进入到如图 3-1 界面。再点击 MRIx 按钮  进入 WinMRIXP 操作界面，如图 3-2



图 3-1 核磁共振成像技术实验仪软件界面

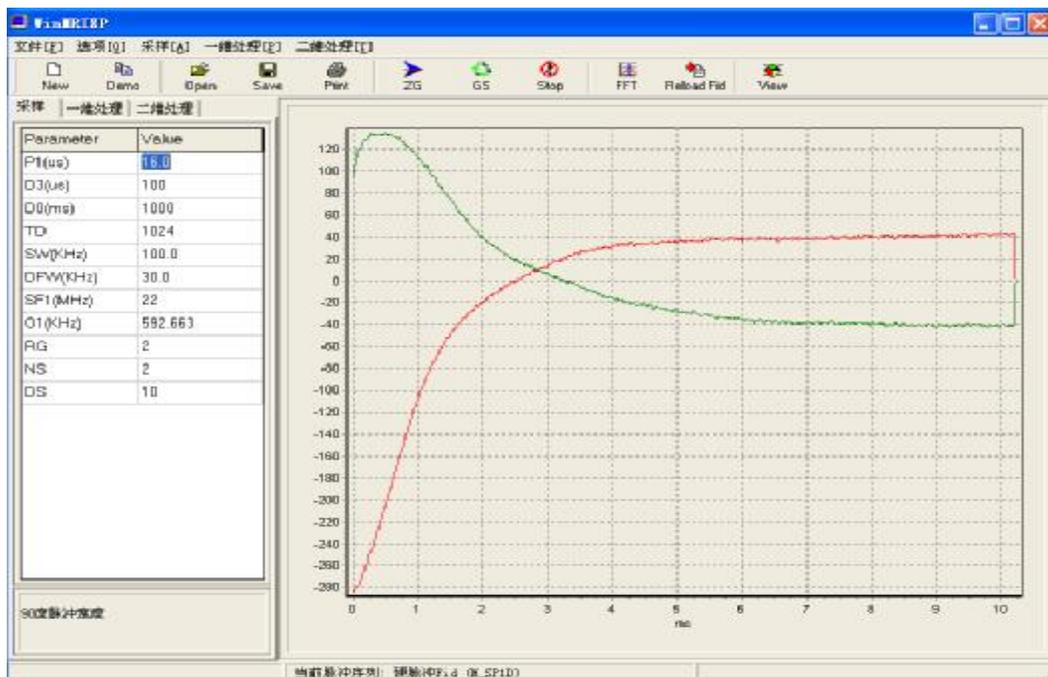


图 3-2 WinMRIXP 操作界面

- 2、将装有 10mm 高大豆油的样品管小心放置入磁体柜上方样品孔内。
- 3、开启射频单元及梯度放大器的电源（如下两图所示）。



NM2010 射频单元面板



NM2011 梯度单元面板

- 4、重复实验一和实验二的内容，使系统处于磁共振实验状态。
- 5、选择  Demo 下的硬脉冲 FID 序列，通过调节 P1 值使信号幅值达到最大值，记录下来此时的 P1 值，以作后面使用(此步骤参照本教程实验三步骤 5)。
- 5、单击  Demo 按钮,弹出 Demo Pulse Sequence 对话框，选择硬脉冲回波（H_SE1D）序列，再点击 OK 按钮，如图 4 所示，其脉冲序列主要由 90 度和 180 度射频脉冲及其回波信号组成。选择硬脉冲回波序列后，系统会自动提供一个标准的回波信号参考图，如图 5 所示，这也是我们调节的理想目标。

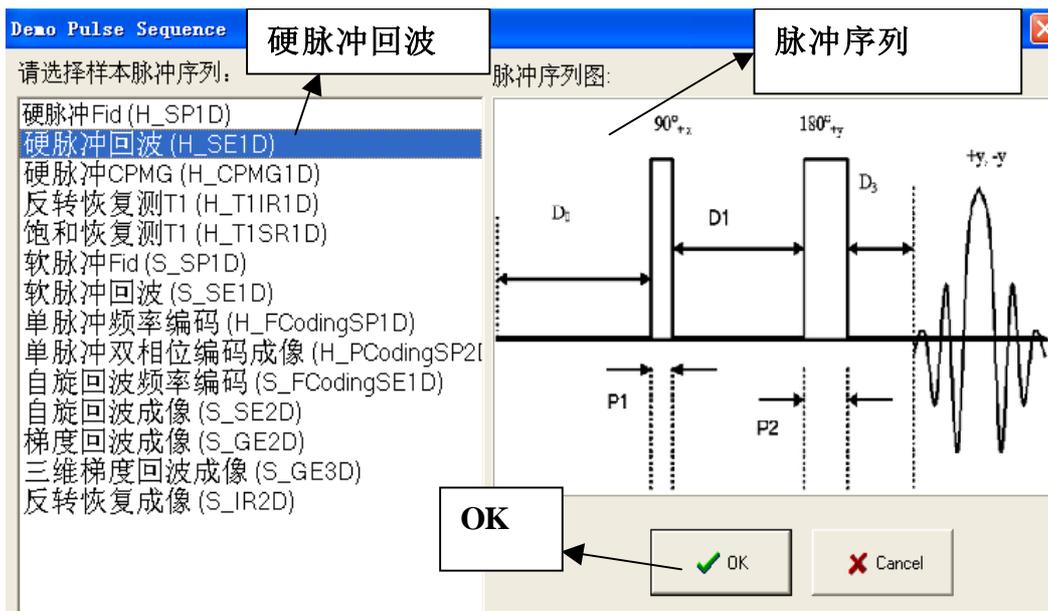


图 4 硬脉冲回波序列

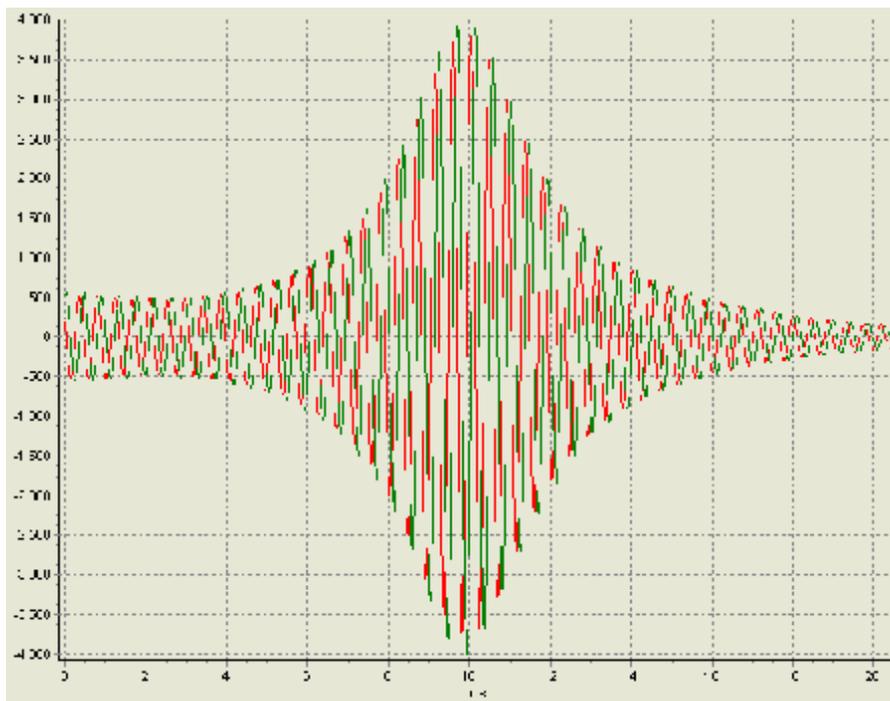


图 5 硬脉冲回波信号

- 首先设置射频频率 O1 值（见图 6），使它稍微偏离上述测定的中心频率，然后再将采集点数 TD 分别设置为 128、256、512、1024、2048（见图 6）。然后使用单次采集  工具，此时出现初步结果，观察此时信号的情况，如图 7 所示为 TD 为 2048 时出现的波形。

Parameter	Value
P1(us)	16.0
P2(us)	160.0
D1(us)	1200
D3(us)	100
D0(ms)	1000
TD	1024
SW(KHz)	100.0
DFW(KHz)	30.0
SF1(MHz)	22
O1(KHz)	585.000
RG	2
NS	8
DS	10

图 6 硬脉冲回波参数设置框

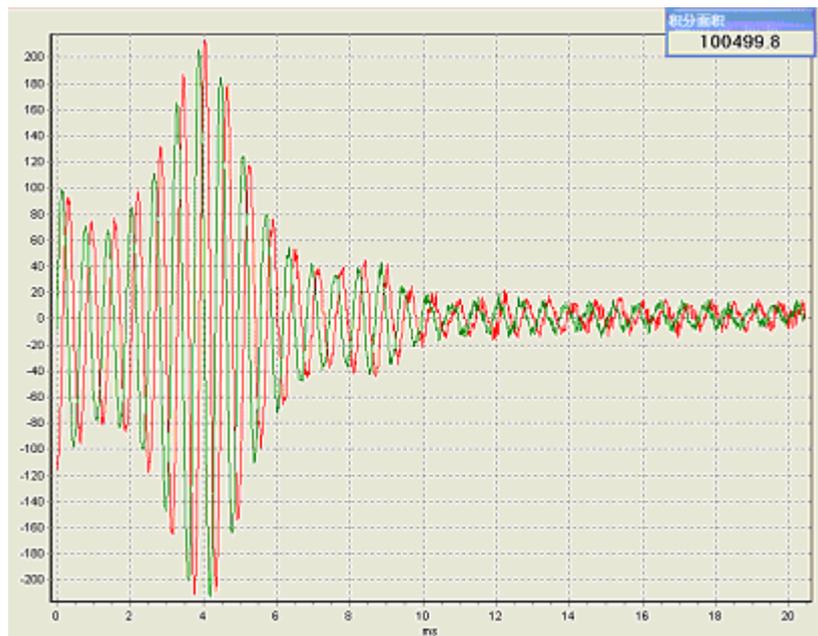


图 7 TD 为 2048 时的波形

8、将 D1 时间分别设置为 1000、3000、5000、8000、10000（见图 6），然后使用单次采集  工具，此时出现初步结果，观察此时信号的情况。如图 8 所示为 D1 等于 10000 时出现的波形。如图 9 所示 D1 改变为 4500 时候出现的波形。

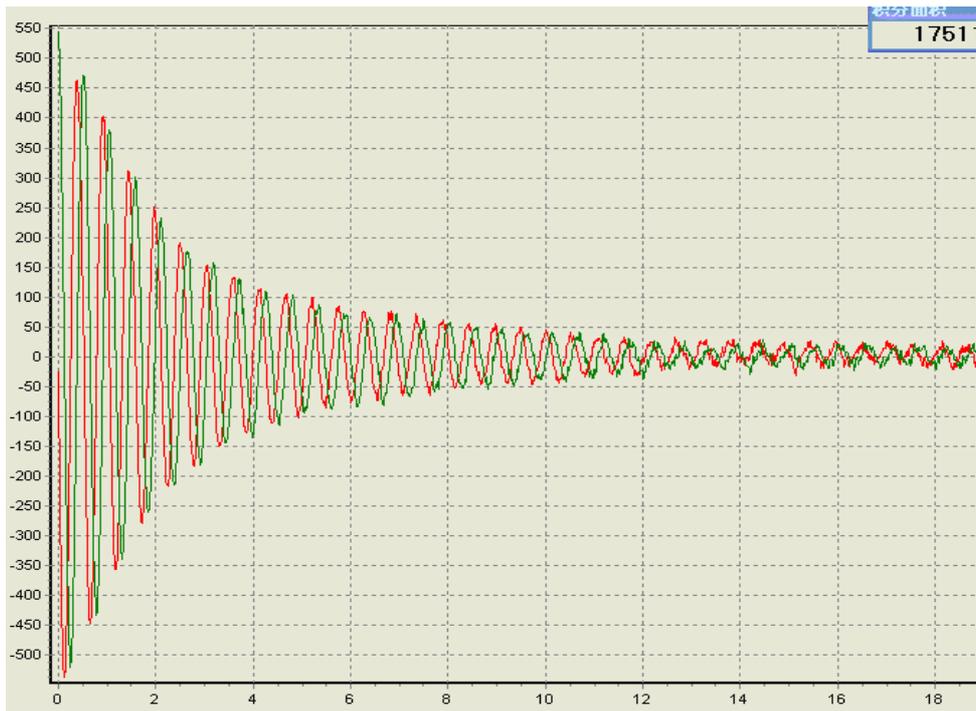


图8 D1 为 10000 时出现的波形

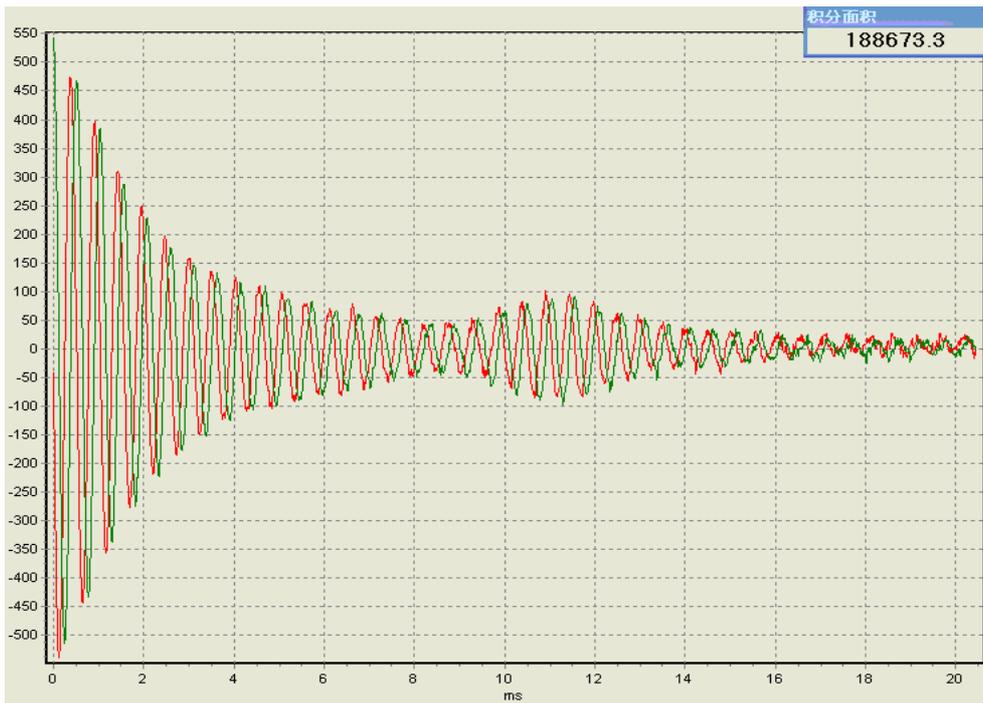


图9 D1 为 4500 时候出现的波形

9、将 SW 分别设置为 10、30、50、80、100 (见图 6)，然后使用单次采集  工具，此时出现初步结果，观察此时回波信号在时间和形状上变化情况。图 10 所示为 SW 为 50 时的信号采集情况。

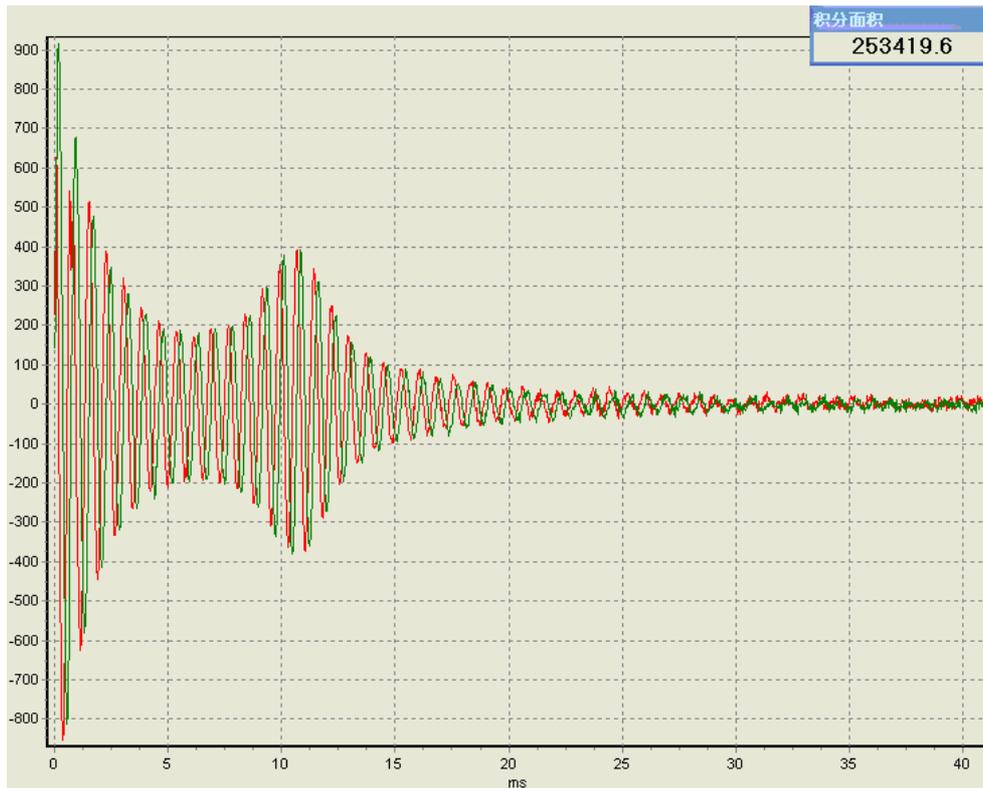


图 10 SW 为 50Hz 时采集的信号

10、过上述 3 种参数的调节对采集回波信号的影响，合适的选择参数，使回波完全出现在信号窗口，FID 信号尽量少进入信号窗口，同时使回波中心处于采样时间的中点处。

11、将 90 度脉冲的脉宽 P1 设置为第二步找到的数值，然后从小到大调节 P2 的值，使回波信号幅值达到最大，一般 P2 和 P1 的大致关系为： $P2=2P1$ ，调节的最佳结果如图 11 所示。

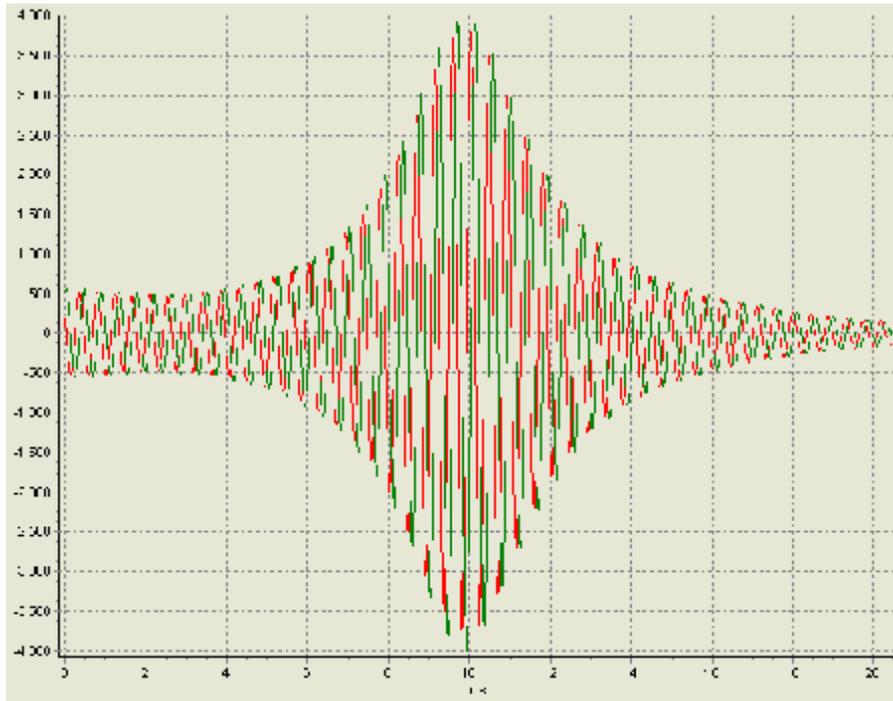


图 11 调节达到最佳状态的硬脉冲回波信号

五、实验结果

- 1、序列参数 D1 对采集的回波信号的影响规律是_____;
- 2、采集点数 TD 对采集的回波信号的影响规律是_____;
- 3、接收带宽 SW 对采集的回波信号的影响规律是_____;

六、结果讨论与思考

- 1、在射频幅值相同的情况下，180 度射频和 90 度射频在施加时间上有什么规律？
- 2、为什么在硬脉冲回波序列中只通过调整射频施加时间来达到调整射频角度的目的？
- 3、为什么在硬脉冲回波中采用时间域方波信号作为射频信号？