**[思考题]**

1.利用串联电路测量电容时为什么要尽量缩短介电常数测量仪上极板与串联电阻之间的距离？

答：因为介电常数测量仪上极板与串联电阻之间的导线和大地之间可以构成与介电常数测量仪相并联的电容，即实验原理中提到的平板电容固定部分的一部分，然而电容的固定部分并非一定是固定的，因为这段导线的形状可以任意弯曲，难以保持固定，造成实验过程中的变化，影响数据的准确性，最终影响曲线的线性，造成得到的真空介电常数的误差。这一段导线越短，对实验的影响越小，故要尽量缩短介电常数测量仪上极板与串联电阻之间的距离。

2.为什么要将示波器探头端接在介电常数测量仪的上极板附近，并将探头的接地端与电源接地端相连？如果将两者对调，即探头端接底面而接地端接上极板会发生什么样的情况？

答：一方面，为了保证安全，电源和示波器的接地端均与插座上的地线相连，将电流经由接地路径导入大地，以防止用户使用时接触电源或示波器的外壳，电流通过用户人体传导到大地造成触电事故；另一方面，因为默认大地为参考零位，电路中各点的电势都是相对于默认电势为的大地而言的，故电源接地端和示波器探头接地端接地，与大地等电势。由于电源接地端与示波器探头接地端与大地等电势，若电源接地端与示波器探头接地端之间连接了其他的电子器件，则这之间的电子器件直接被短路，无法在电路中发挥作用，影响原电路的工作。

如果将两者对调，，即探头端接底面而接地端接上极板，则上极板与探头接地端相连，与大地等电势，底面与电源接地端相连，也与大地等电势，即探头接地端与电源接地端之间的介电常数测量仪直接被短路，从而不存在电势差，故示波器接收不到任何信号，将显示一条水平的直线，峰峰值为，而无法显示有效的信号波形。

3.为什么采用谐振电路时取样电阻两端只需采用普通的导线作为示波器的输入信号线，而不像电路那样采用衰减探头？

答：之所以在使用串联电路测量介电常数时使用衰减探头，是因为普通探头内部存在不小的分布电容，将一个普通探头接在一个电容的两端，就相当于在该电容的两端再并联了一个额外的电容，因此用使用法测量如果使用普通探头，则测量得到的电容容值将明显大于其实际容值，而衰减探头内部由于有补偿电阻，形成阻容分压电路，故其等效电容较小，对于测量值的影响较小。

而使用电路测量介电常数时，由于两个探头所接的位置分别是电源和电阻的两端，而非电容，并且测量的是在主电路中的电容电感共振的情况下的信号源输入频率，在共振的情况下，信号源的能量最大限度地通过主电路，而极少通过探头的等效电容，故探头的等效电容被短路，不对测量结果造成太大误差。

4.法与谐振电流法在测量电容过程中，所关注的调节内容有什么不同？

答：法在测量电容过程中，所关注的调节内容是电容（即介电常数测量仪）两极板间的间距和是否插入材料样品（纸片），记录的数据是电容两端的的电压的峰峰值，最终通过公式求得电容的容值。

而法在测量电容的过程中，所关注的调节内容不仅是电容（即介电常数测量仪）两极板间的间距和是否插入材料样品（纸片），还有信号源的输出频率，从而保证电容电感发生共振，最终通过公式求得电容的容值。

5.在谐振电流法测量中，如果不用示波器，能否通过其他什么仪器来测得谐振频率值？

答：万用表，将万用表调节到测交流电压档，接在电容或电阻的两端，缓慢调节信号源的输出频率，同时观察万用表示数，当万用表示数达到最大值时，电容和电感发生共振，此时信号源的输出频率即为电路的谐振频率值。

6.在已知纸的介电常数条件下，能否借助于现实验中的电容装置来测量纸片的厚度？如可以，那具体的操作方式是怎样的？请写出实验方案。

答：（1）检查电极千分尺的零位将极板间距调到，记录零位读数；

（2）按图连接电路，各参数可以参考实验内容，测量不同极板间距对应的介电常数测量仪两极板电压峰峰值，计算得到对应的电容值，作关系图并线性拟合，得到直线斜率即为真空介电常数；

（3）选择一个极板间距（极板间距在之间，不要过大，防止出现过于明显的边缘效应，也不要过小，防止塞不进纸片，或导致纸片易碰到极板），测量极板间为空气时示波器显示波形的峰峰值，再插入纸片，记录示波器显示波形的峰峰值，重复该操作至少遍，对所得数据进行误差分析并取平均值；

（4）分别通过公式得到极板间为空气和插了纸片时的电容和，再利用公式（其中）反解出纸片的厚度。

7.以上测量纸片厚度的实验中，如果事先未知纸的介电常数，那又如何来测得纸片的厚度呢？

答：（1）同思考题6.第（1）步；

（2）同思考题6.第（2）步；

（3）除思考题6.第（3）步外，还要将纸片对折后插入极板间，记录示波器显示波形的峰峰值，同样重复该操作至少遍，对所得数据进行误差分析并取平均值；

（4）分别通过公式得到极板间为空气、插了纸片和插了对折的纸片时的电容和，解二元一次方程组，消去未知的，从而得到纸片的厚度。

8.思考此实验的意义是什么？

答：（1）为测量固体材料样品的介电常数，提供了两种普适性的方法；

（2）增进了对于信号源、示波器等电学设备原理与使用方法的了解；

（3）使意识到理论推导与实际实验所得结果之间的差距，如在理论推导中认为电容容值的决定式为，而实际实验中需要考虑电容包含固定部分的非理想情况。

**[讨论]**

1.关于实验数据误差的分析：实验数据与结果的误差来源于：电容、电感等电子元件自身参数与实际值的偏差，信号源与示波器自身精度与量程的有限，通过手动调节使介电常数测量极板间距达到零位的不准确性，固定电压由于导线的弯曲形变等的改变，空间中的电磁波的干扰等。

一个现象：连线取斜率所得真空介电常数均小于理论值（如果个点都取的话斜率小于理论值，但实际处理数据时因为图5、图和图中由于两点与直线偏差过大，舍去不考虑，故得到直线斜率与理论值较接近甚至大于理论值），其中所对应的两点与直线的偏差尤其明显。这一现象可能就来源于手动调节使介电常数测量极板间距达到零位的不准确性，因为通过手动调节后所记录的千分尺刻度并非一定恰好是零位坐标，而很可能由于挤压形变或极板不绝对平行等原因而小于零位坐标，故所记录的各个点的间距都可能小于其实际值，各点对应的均比真实值大，且这一效应对于极板间距较小的情况造成的误差尤为明显，故越大的点（如对应的两点）与直线的偏差越明显,造成得到的直线斜率偏小。

这一效应对于法造成的误差要比对法造成的误差要明显，从实验数据的处理中也可以看到法得到的介电常数与理论值之间的偏差要大于法得到的偏差，实际上，由于使用法中探头的等效电容（即使是使用了衰减探头仍不能完全避免）与介电常数测量仪并联，使得到电容容值偏大，从而对得到的介电常数有偏大的影响，部分抵消了由于上述原因导致的偏小的效果。故虽然根据本次实验得到数据，法得到的真空介电常数比用法得到的真空介电常数更接近理论，但若能保证千分尺零位坐标确定的准确性，法可能比法更加精准。

2.关于衰减探头的作用和不用衰减探头的尝试的讨论：如前思考题中所述，之所以在使用串联电路测量介电常数时使用衰减探头，是因为普通探头内部存在不小的分布电容，将一个普通探头接在一个电容的两端，就相当于在该电容的两端再并联了一个额外的电容，因此用使用法测量如果使用普通探头，则测量得到的电容容值将明显大于其实际容值，而衰减探头内部由于有补偿电阻，形成阻容分压电路，故其等效电容较小，对于测量值的影响较小。

这一说法与实验得到的数据是吻合的。利用法测量，由于没有将探头（额外的电容）接在介电常数测量仪上，得到的小于法测得的，两者的差值，可以视为衰减探头的电容估计值。

在规定实验操作完成后，尝试将衰减探头换为普通探头，重复实验内容的部分，发现双通道示波器上显示的波形图较使用衰减探头时，有更明显的抖动。且得到的无论是总电阻还是固定电容确实比使用衰减探头时得到的大了一个数量级，这说明普通探头中确实存在着电容，并且两次得到的之差,可以视为探头中的电容的估计值，明显大于衰减探头的电容估计值。

此外，由于使用普通探头得到的总电容增大，由插入纸片而导致的电容的改变量相对减小，即得到的插入纸片前后的电容的差值变小，从而导致计算得到真空静电常数极不准确（见实验数据与结果）。故使用法测量必须使用衰减探头。