Aigtek

功率放大器案例集二

目录

功率放大器案例集 2

案例 1 功率放大器在压电换能器的柔性电极加工实验中的应用

案例 2 功率放大器在液晶透镜的瞬态特性及其在扩展景深成像中的应用

案例 3 功率信号源在电流互感器高压侧电源研发测试中的应用

案例 4 【功率放大器实例】驱动线圈实现 LED 灯点亮测试

案例 5 高压功率放大器在综合磁性能测试中的应用

案例 6 ATA-2022H 双通道功率放大器在声光驱动测试中的应用

案例 7 ATA-2082 高压放大器驱动压电陶瓷测试应用

案例 8 功率放大器在三维超声振动台性能测试中的应用

案例 9 ATA-2161 高压放大器在无损运输中的应用

案例 10 【功率放大器案例】电容器内 LED 的高压与无线驱动

案例 11 功率放大器在非导体接触式μLED 器件光电特性研究中的应用

案例 12 ATA-4012 高压功率放大器在核磁共振振荡器中的应用

案例 13 功率放大器在超声椭圆振动系统中的应用

案例 14 功率放大器在压电振动能量收集器建模中的应用

案例 15 功率放大器在压电驱动式微滴喷射过程中的应用

相关产品介绍资料

案例 1　功率放大器在压电换能器的柔性电极加工实验中的应用

实验名称：基于压电换能器的柔性电极加工实验

研究方向：超声加工

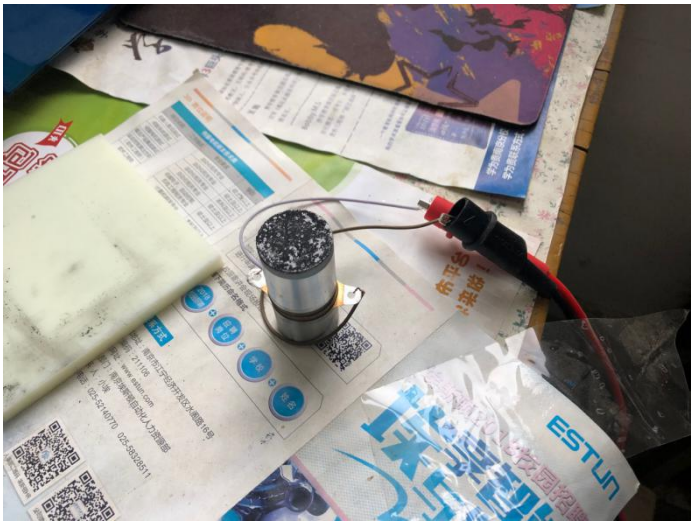
实验内容：用压电换能器产生高频机械振动，将石墨碾压到柔性硅胶薄膜表面形成电极。

测试目的：利用功率放大器对驱动电压的放大实现压电换能器的高效率振动

测试设备：压电换能器、ATA-2021H 功率放大器、信号发生器

实验过程：

信号发生器产生的高频正弦信号（40kHz 附近）通过高频电压放大后，幅值（峰峰值）被放大到五十伏左右，能够很好地驱动压电换能器振动，产生测试所需要的高频有效振动，实现超声加工实验。



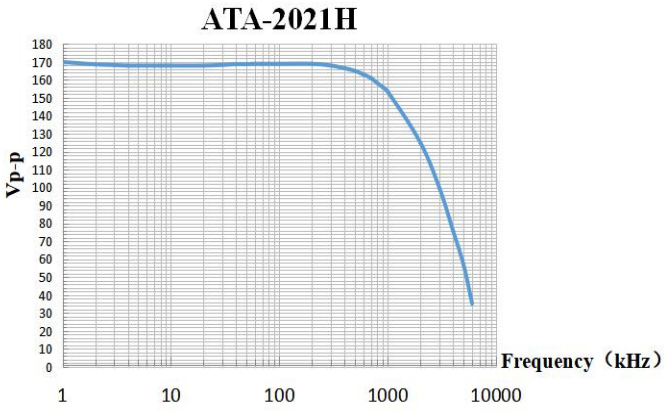
测试结果：

信号发生器输出的信号电压幅值很低，对于压电换能器的驱动能力弱，其振动效率很低，无法满足对于超声加工所需要的高频高效率振动。而加了高压功率放大器之后，驱动电压大幅增加，使得压电换能器振动强度大，其产生的振动强度大，超声加工实验结果理想。

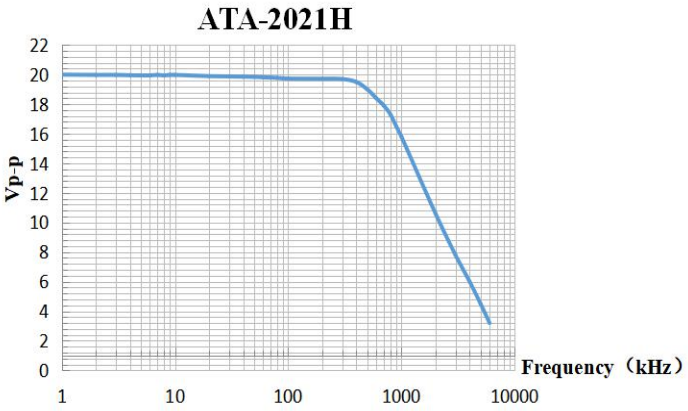
放大器在该实验中发挥的效能：高频电压放大，驱动压电换能器产生机械振动。

ATA-2021H 参数指标及外观：

通道数	单通道
输出形式	单端输出
带宽（-3dB）	DC~1MHz
最大输出电压	200Vp-p（±100Vp）
最大输出电流	500mAp
最大输出功率	50Wp
电压增益	x0~60（0.1 step）
负载 RL 上限	≥200Ω
输出电阻	5Ω /1kΩ
压摆率	500V/μs
输入电阻	50Ω / 5kΩ



(1)幅频特性（最大输出电压 Vp-p）



(2)小信号幅频特性

案例 2　功率放大器在液晶透镜的瞬态特性及扩展景深成像中的应用

实验名称：功率放大器在液晶透镜的瞬态特性及扩展景深成像中的应用

研究方向：扩展景深成像

实验内容：利用液晶透镜在正负状态转换时仍然保持透镜状态这一特性，实现扩展景深成像。

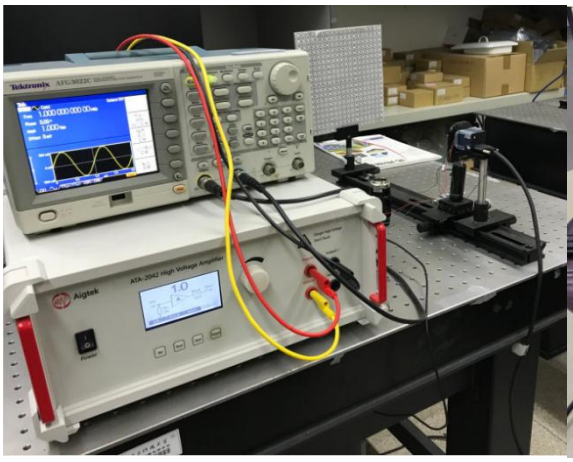
测试目的：测试正负转换过程中，液晶透镜的光焦度及像差随时间的变化，确认其保持透镜特性。

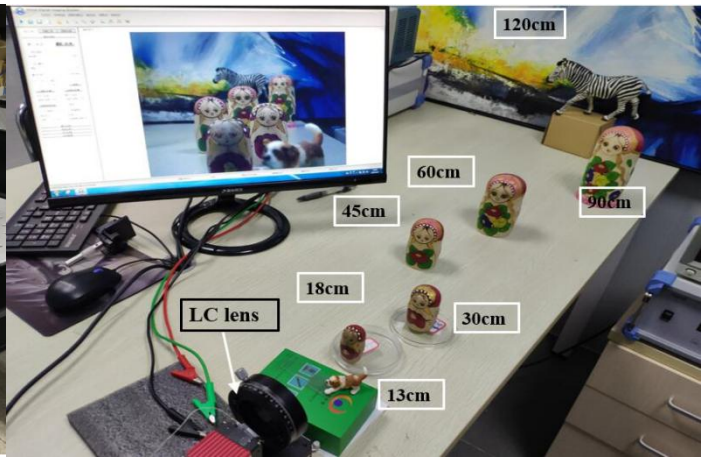
测试设备：相机、镜头、函数发生器、ATA-2042 功率放大器、液晶透镜

实验过程：

1. 用干涉法获取光通过液晶透镜后的波前（如下左图），用 Zernike 函数拟合从而得到 Zernik 系数，最后获取透镜光焦度及像差信息。

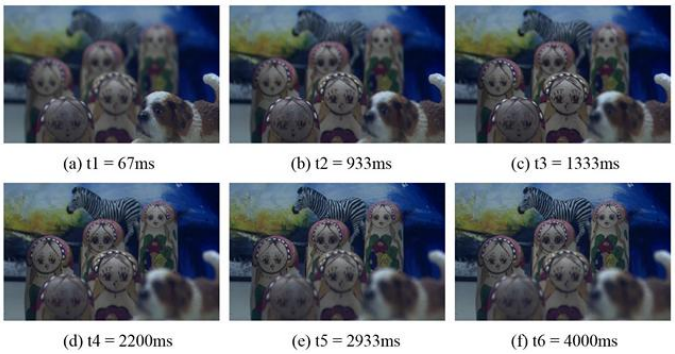
2. 通过电压放大器输出电压切换，同时获得的图像视频，融合为扩展景深图（如下右图）。





测试结果：

转换过程截取的图（如下左图），不同位置的物体在不同时刻清晰。图像融合结果（如下右图），所有物体都变清晰。



案例 3　功率信号源在电流互感器高压侧电源研发测试中的应用

实验名称： 电流互感器高压侧电源研发

研究方向： 使用市电作为低压侧交流源，在 100kV 高压侧产生多个非共地直流电源

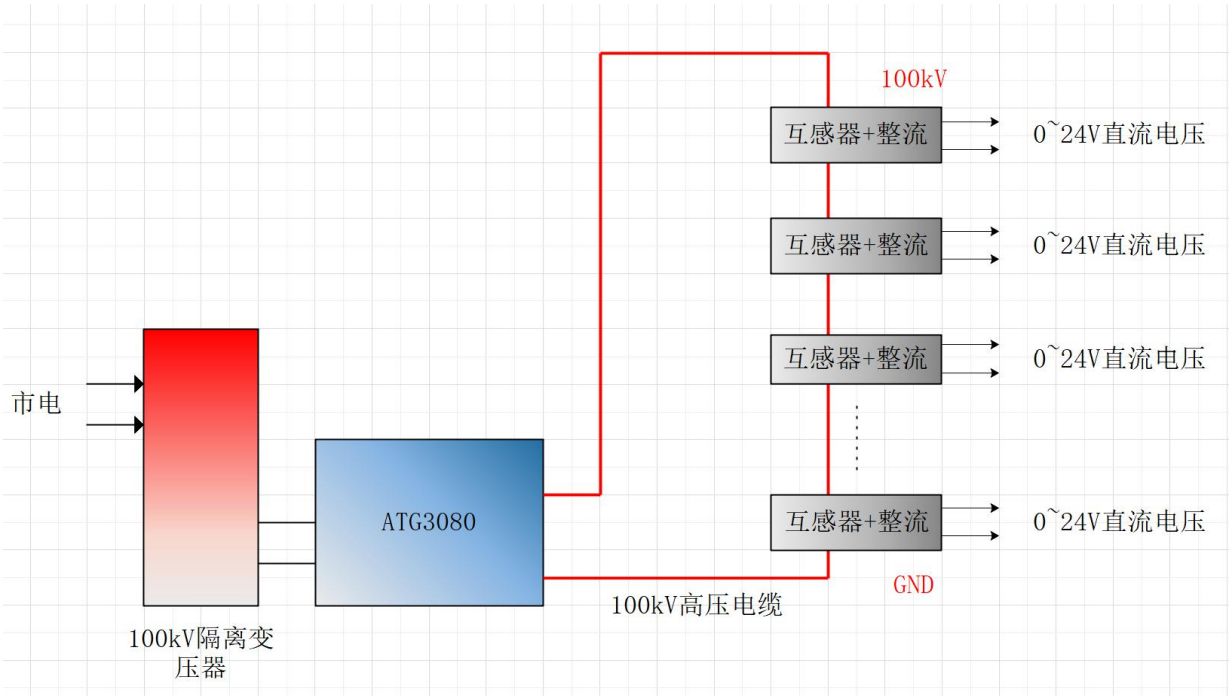
实验内容： 使用 ATG3080 作为高频交流源，为互感器提供一次侧高频电流，并使二次侧产生需要的直流电压。

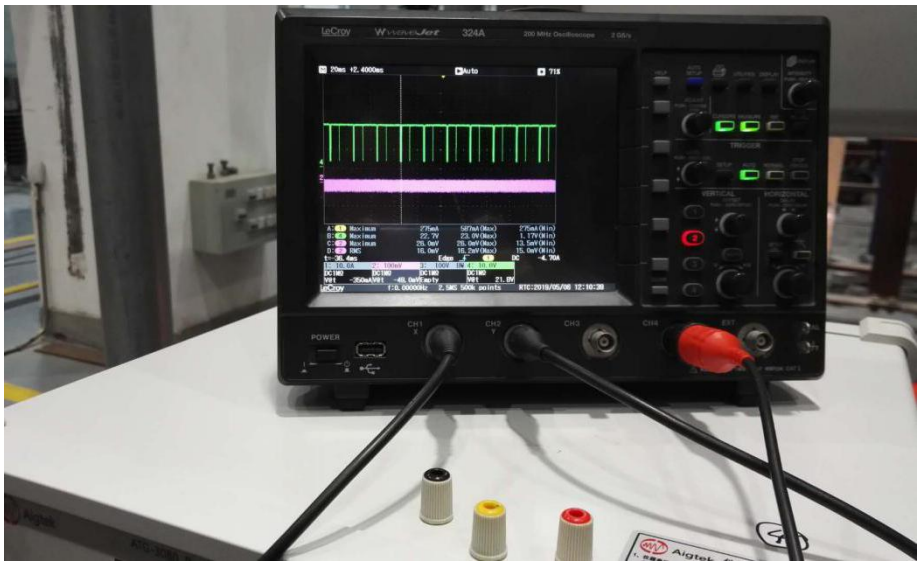
测试目的： 解决一个低压侧交流源可以在 100kV 高压侧需要产生多个非共地直流电源的难题。

测试设备： 万用表、示波器、ATG-3080 功率信号源

实验过程：

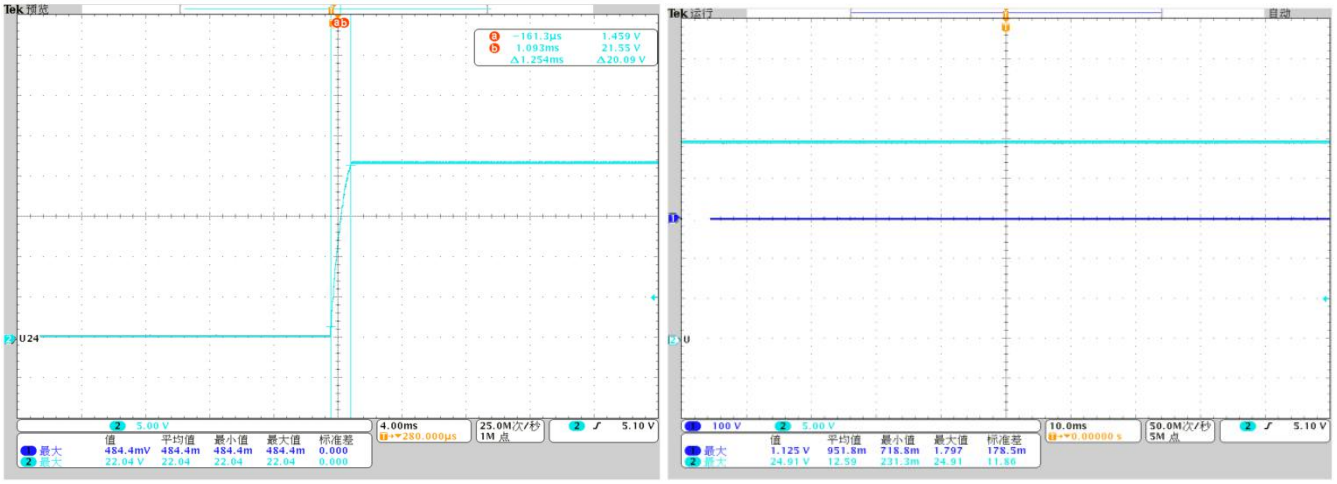
市电输入高压隔离变压器，再接 ATG-3080 将其转变为高频电流，电流通过高压电缆穿入 25 级互感器，每一级互感器+整流装置都会产生一个直流电压，最多可产生 25 级。调整不同的频率和电流可以产生 0~24V 不同的电压。





测试结果：

电压从 0 上升到 24V 的时间仅 1ms，可以提供稳定的直流电压。



功率信号源在该实验中发挥的效能：

为电流互感器提供稳定且不同频率的一次侧高频电流,并且根据不同需求调整频率和电流。

选择该功率信号源的原因：

拥有 720W 的功率，可最多提供 25 个 0~24V 直流电压；可根据后端设计电路需求的不同调整相应的频率和电压，不同情况只需要一种放大器即可；接口丰富，可根据现场需要使用不同的连接器进行输入和输出连接；可以根据不同的负载特性对其进行改造，满足不同情况下的输出要求。

案例 4　【功率放大器实例】驱动线圈实现 LED 灯点亮测试

实验名称：驱动线圈实现 LED 灯点亮测试

LED（Light Emitting Diode），发光二极管，是一种能够将电能转化为可见光的固态的半导体器件，它可以直接把电能转化为光能。针对此类应用，Aigtek 利用功率放大器驱动线圈实现完成 LED 灯点亮测试。

测试设备：信号发生器、ATA-3040 功率放大器、示波器、一对互感线圈、LED 灯

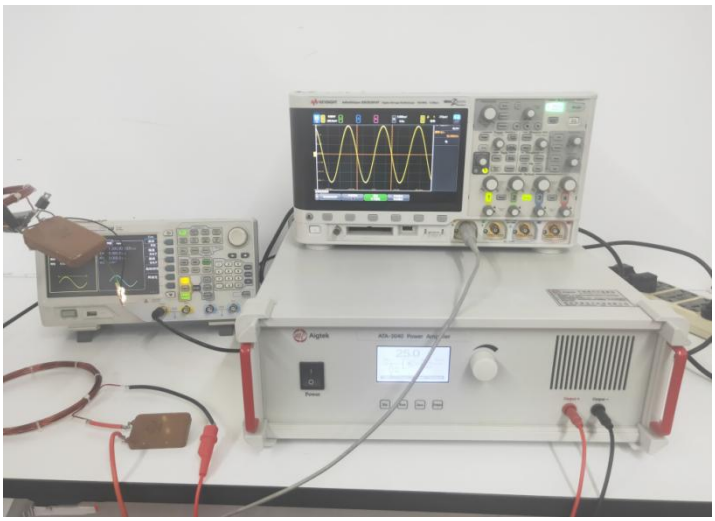
电感效应原理：

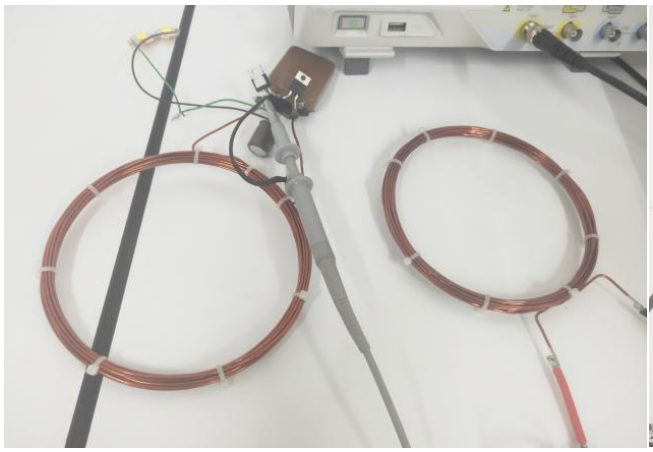
通过信号发生器给功率放大器提供一个激励信号（正弦波），功率放大器输出大电流加载到线圈上，当电流通过线圈后，在线圈中形成磁场感应，感应磁场又会产生感应电流来抵制通过线圈中的电流。这种电流与线圈的相互作用关系称为电的感抗。

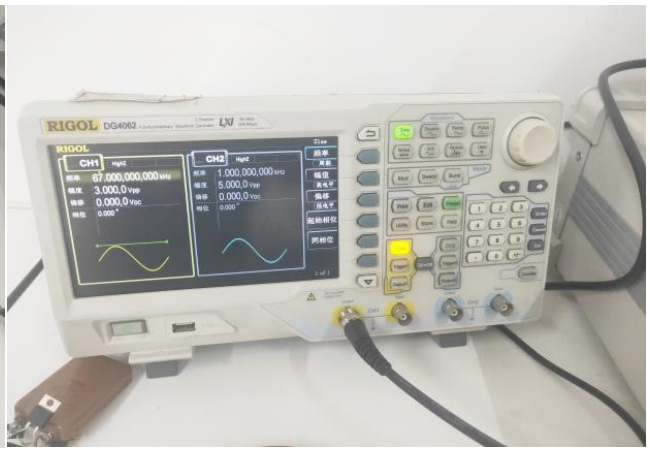
两个电感线圈相互靠近时，一个电感线圈的磁场变化将影响另一个电感线圈，这种影响就是互感。互感的大小取决于电感线圈的自感与两个电感线圈耦合的程度，利用此原理制成的元件叫做互感器。

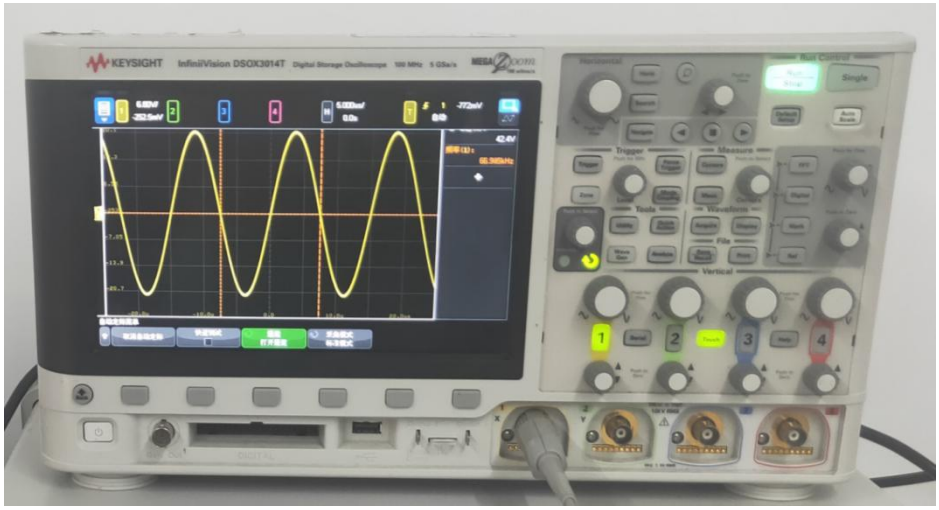
实验过程：

函数信号发生器输出一个 67KHz,3Vp-p 的正弦信号,经过 ATA-3040 功率放大器放大电压信号，给一个线圈给定一个大电流进行驱动，通过改变驱动线圈与接收线圈之间的距离，产生电感效应，从而产生不同的电场，控制 LED 灯的亮度。



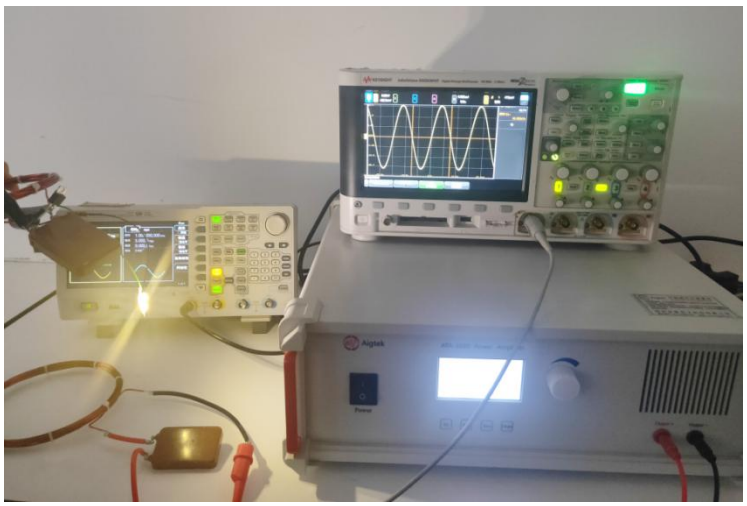






测试结果：

通过 ATA3040 给线圈提供大电流，来驱动线圈，使得线圈之间形成电感效应，从而实现无线充电点亮 LED 灯。



放大器在该实验中发挥的效能：输出大功率，驱动线圈。

案例 5　高压功率放大器在综合磁性能测试中的应用

实验名称：综合磁性能测试

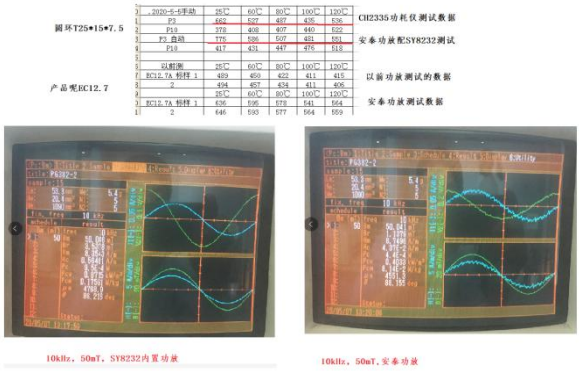
实验内容：

使用岩崎 SY-301 测试单元作为输出端，经过 ATA-4014 高压功率放大器放大后，激励电感磁芯，由 SY8232 进行测量计算磁综合性能，如磁损耗、饱和磁通密度等。

测试目的：取代 NF 公司的 HSA-4014 电源进行综合磁性能测试

测试设备：SY-301 SY8232、ATA-4014 功率放大器

测试结果：



CH2335 与使用ATA-4014电源的SY8232 标准圆环功耗对比

.2020-5-25手动	25℃	60℃	80℃	100℃	120℃	
P3	653	529	466	425	492	
P10	398	408	405	431	504	CH2335
T25*15*7.5P3 自动	731	549	467	432	499	
P10自动	366	385	400	428	477	ATA-4014

使用ATA4014电源和之前的使用HSA-4014电源的EC12.7产品对比

2020-5-27自动	25℃	60℃	80℃	100℃	120℃	
EC12.7A 标样1	487	470	447	420	429	
2	501	465	452	434	440	ATA4014
以前测	25℃	60℃	80℃	100℃	120℃	
EC12.7A 标样 1	489	450	422	411	415	
2	494	457	434	411	406	HSA4014

案例 6　ATA-2022H 双通道功率放大器在声光驱动测试中的应用

实验名称：对实验鼠声光电刺激平台的搭建

研究方向：交感副交感神经调节血压

实验内容：

使用单片机触发输出一时间间隔随机的脉冲刺激序列，经过功率放大器放大到指定的电压幅值，以实现对实验鼠的声、光、电刺激，诱发高血压。

测试目的：

测试功率放大器对电刺激信号的放大和保真能力，观察是否达到需要的电刺激强度，以及是否能驱动声光刺激设备。

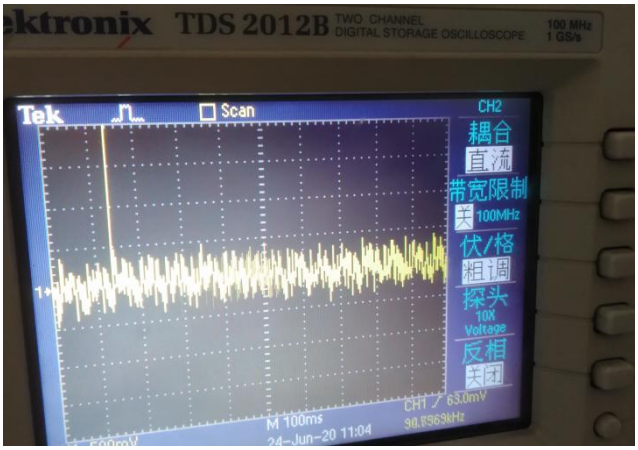
测试设备：单片机（STM32F407ZGT6）、信号发生器、ATA-2022H 功率放大器、电击鼠笼

实验过程：

通过单片机发生一时间间隔随机序列，触发两个信号发生器，以输出一时长固定的直流脉冲。该脉冲信号经过功率放大器放大到指定的电压值。如下图，经功率放大器输出，通道一为平台中电刺激部分的发生，通道二为平台中声光刺激的驱动。

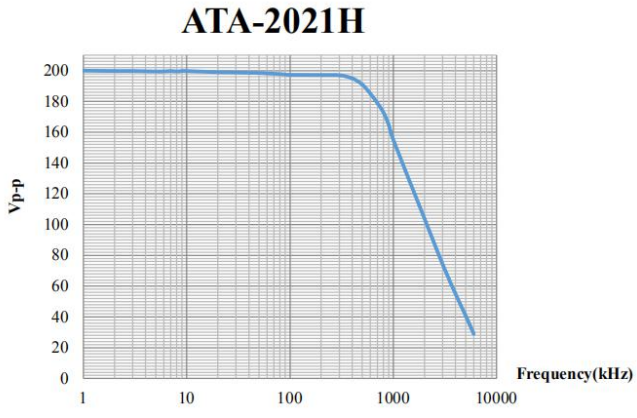
测试结果：

放大器成功输出脉冲信号，符合需要的时间间隔、脉冲宽度以及电压要求。实验中大鼠对电刺激和声光刺激有明显反应，刺激发生时抖动或跃起，刺激间隔时间如下图，有贴壁蜷缩、弓身等戒备的表现。

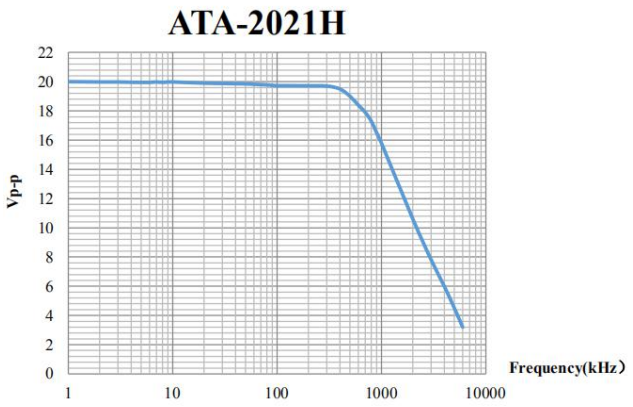


ATA-2022H 参数指标及外观：

通道数	双通道
带宽（-3dB）	DC~1MHz
最大输出电压	200Vp-p（±100Vp）
最大输出电流	500mAp
最大输出功率	50Wp
电压增益	x0~60（0.1 step）
负载 RL 上限	≥200Ω
输出电阻	5Ω /1kΩ
压摆率	500V/μs
输入电阻	50Ω / 5kΩ



（1）幅频特性（最大输出电压 Vp-p）



（2）小信号幅频特性

案例 7　ATA-2082 高压放大器驱动压电陶瓷测试应用

PZT4 压电陶瓷由于其有着价格便宜，压电特性稳定的特点，在大功率应用领域有着广泛的应用，尤其是在强场领域，随着器件驱动电压的升高，器件会出现产热，进而导致器件性能下降，探索 PZT4 压电陶瓷在强场的升温情况变得尤为重要，通过对 PZT4 压电陶瓷振子施加强电场，测量其升温情况，探索 PZT4 压电陶瓷强电场下的升温机理，探索 PZT4 压电陶瓷的升温情况对压电陶瓷的大功率器件尤为重要。

实验名称：PZT4 压电陶瓷的温度变化研究

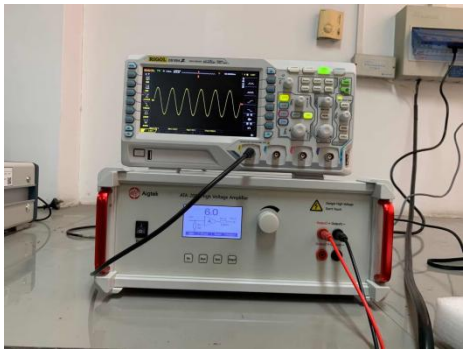
研究方向：PZT4 压电陶瓷的强场下升温变化研究

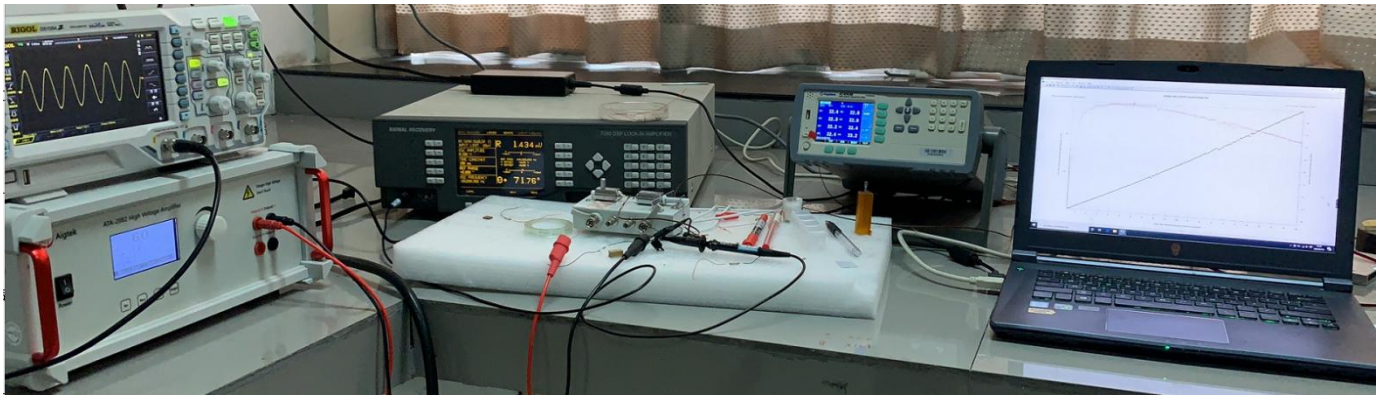
测试目的：探索大功率领域压电陶瓷的应用，探索大功率情况下压电陶瓷温度变化对材料特性的影响，从而探寻合适的驱动方法，降低由于压电陶瓷升温对器件特性的影响，这个对大功率压电陶瓷器件的应用有着至关重要的作用。

测试设备：示波器、信号发生器、ATA-2082 高压放大器、电脑（处理数据）、温度监测仪（监控温度变化）、DSP720(监控电流)

实验过程：

1. 将实验仪器放置合适位置，并把实验仪器进行连接，检查无误后开机；
2. 将准备测试 PZT4 陶瓷压电振子放置夹具中；
3. 通过信号发生器给高压放大器提供一个激励信号（正弦波），调整高压放大器的放大倍数，进行输出一定幅值的电压施加在压电振子上进行驱动；
4. 使用温度监测仪监控该频率，电压幅值下的温度；
5. 改变电压幅值重复实验，并记录数据；
6. 处理记录的数据；测试完毕整理仪器。





测试结果：

根据实验测试的 PZT4 压电陶瓷振子的温度变化情况，整理数据并进行画图，整理出升温曲线，上图是监控的电流变化情况，下图是 PZT4 压电振子的升温变化情况，随着输入功率的增加，压电振子出现了明显的升温变化。

1号待测样片	电场强度（V/mm）	12	30	50	70	90	110	130	150	170	190
	温度（°C）	24.7	25	25.5	26.4	27.6	28.3	30.9	33.2	36	39.4
2号待测样片	电场强度（V/mm）	12	30	50	70	90	110	130	150	170	190
	温度(°C)	25.3	26	27	28	30.4	33	36.9	40.3	45.2	49.1

高压放大器在该实验中发挥的效能：

ATA-2082 高压放大器在整个实验过程中为实验测试提供了一个稳定的电压，为实验能够顺利进行提供了必要条件。

案例 8　功率放大器在三维超声振动台性能测试中的应用

实验名称：三维超声振动台性能测试

研究方向：微纳加工

实验内容：

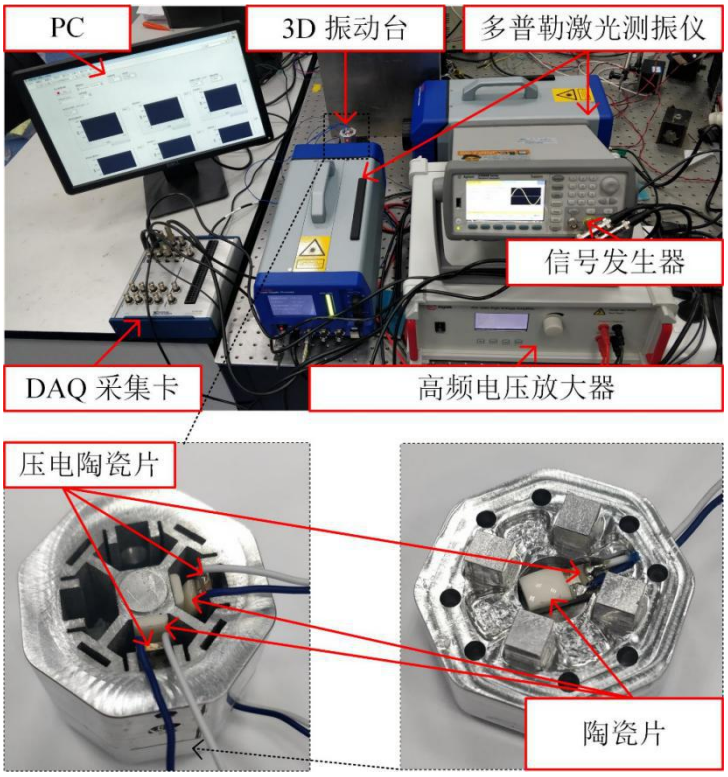
在传统探针纳米刻划加工的基础上,加工一维/二维的超声振动，可有效提高加工效率，并减小探针磨损和材料堆积,本实验意在测试所设计的三维超声振动台的相关性能,看是否满足加工需求。

测试目的：标定振动台的工作性能

测试设备：三维超声振动台、多普勒激光测振仪、DAQ 采集卡、ATA-2082 功率放大器、压电陶瓷

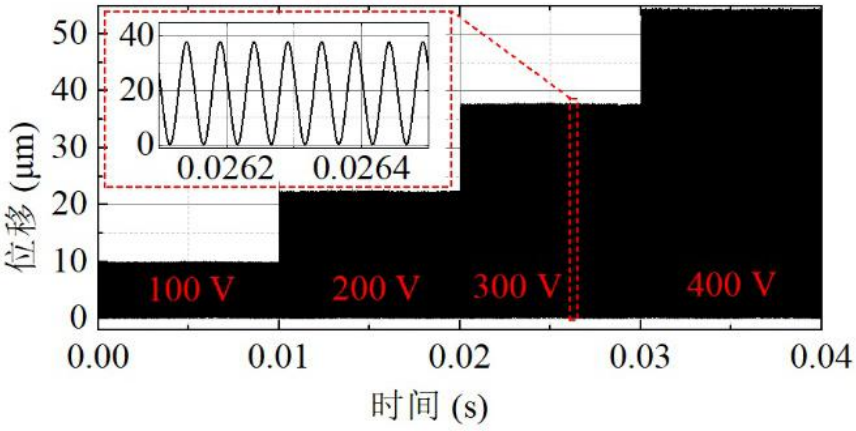
实验过程：

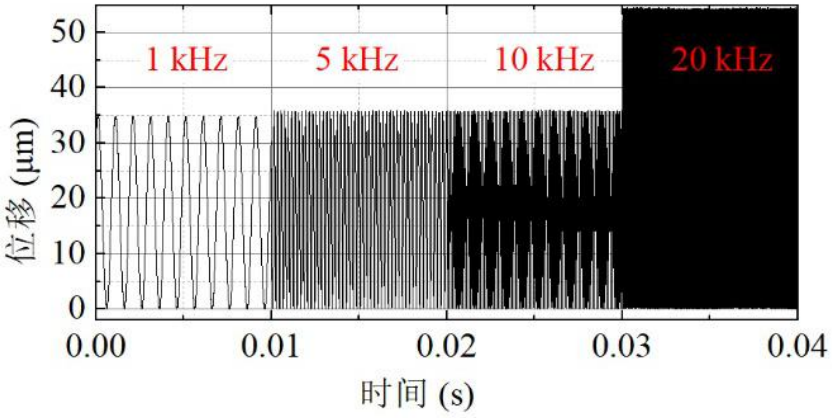
三维超声振动台具有 xyz 三个方向的自由度，每个方向由一个单独的压电陶瓷片驱动，可在振动辅助加工过程中，提供一维或二维的振动辅助，在实验过程中，首先由信号发生器发出控制信号，然后经过 ATA-2082 功率放大器，对控制信号的电压和功率进行放大，驱动压电陶瓷片输出位移信号，并由多普勒激光测振仪进行信号的采集。测试分别对三个方向的不同频率、不同电压下的一维振动，以及 xy 和 xy 的不同相位差下二维振动进行了实验。

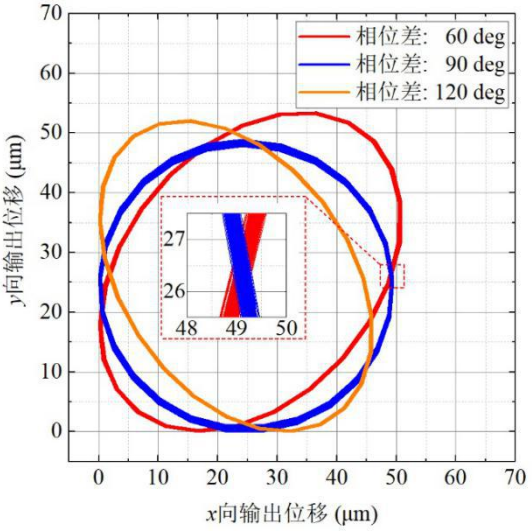


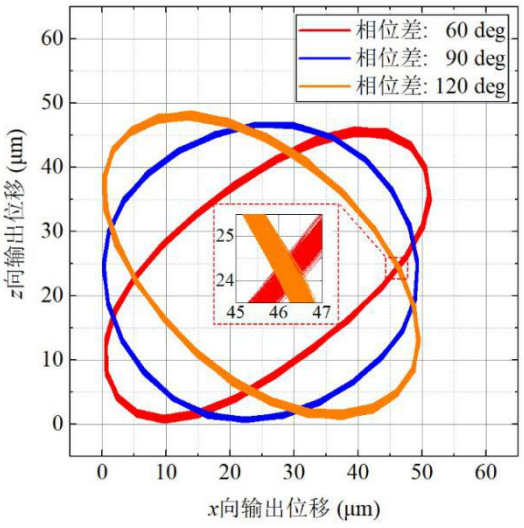
测试结果：

如下图所示，在不同驱动电压下，输出位移呈现线性增加；在不同驱动频率下，开始位移信号保持不变，但随着驱动频率逐渐接近振动台的固有频率，位移信号开始增大；二维振动同样表现与随相位差的变化，而表现出不同的形状。在整个过程中驱动电压稳定，位移信号与预期一致，两个通道可同时输出，且在达到超声频率时，最大输出电压仍可稳定输出。









案例 9　ATA-2161 高压放大器在无损运输中的应用

实验名称： 场致润湿性梯度驱使液滴在超润滑表面上实现无损运输

实验内容：

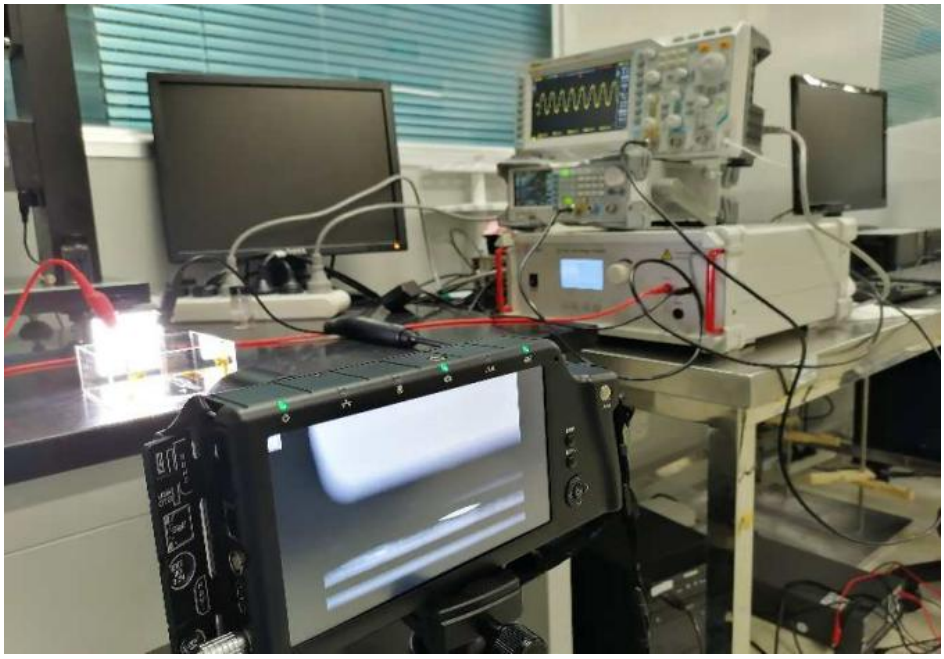
在平坦的超润滑表面上引入场致润湿性梯度。通过打印径向交指电极阵列，可以对电场进行图案化，从而产生润湿性梯度实现液滴的定向运输。理论分析和实验结果表明，液滴的运输行为可以通过无量纲化的电邦德常数评价，超润滑表面能够无损运输各种类型的液滴。

测试目的：实验中提及的液滴运输能够在传热，抗污染，微流控和生化分析等方面得到应用发展。

测试设备：

电极基板、信号发生器 DG1032、高压放大器 ATA-2161、光学测角仪、光学显微镜、PTFE 薄膜、高速摄影机

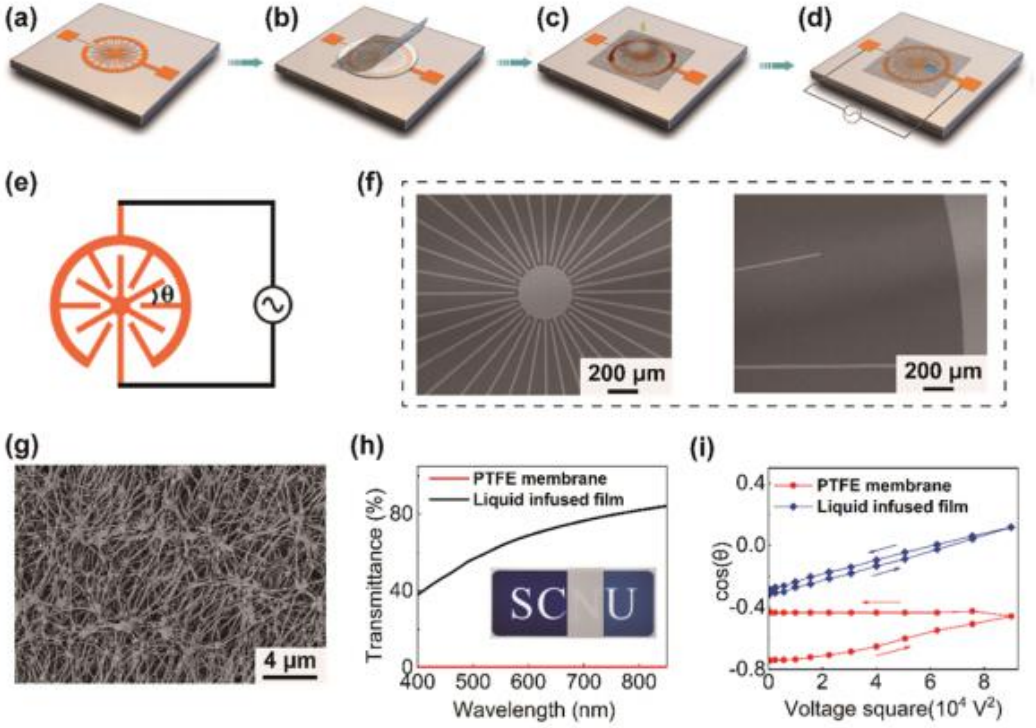
实验过程：



（1）在带有图案的电极基板上，覆盖一层超润滑薄膜制备好实验样品（下图中的(a-c)）；

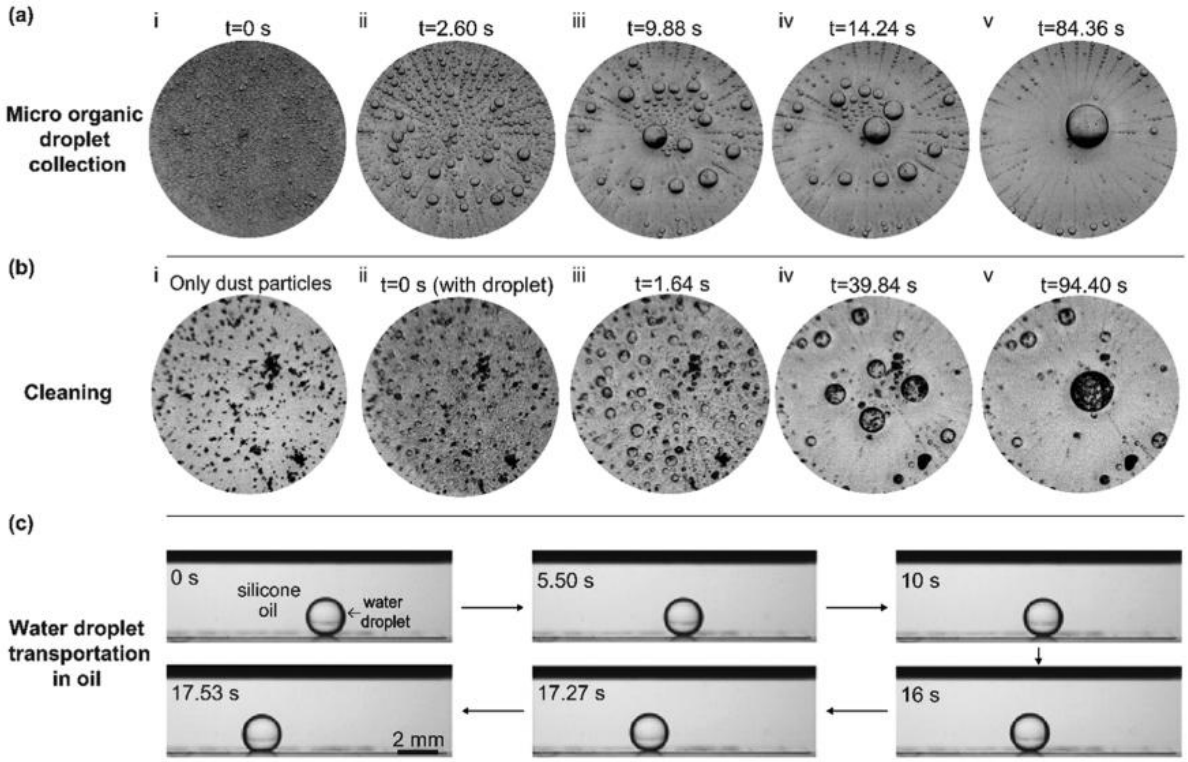
（2）将信号发生器和高压放大器中输出的电压信号接到正负电极上（下图中的(d)）；

（3）电极基板施加直流或交流电压后，电极的径向交指设计可以产生电场强度梯度，从而引起润湿性梯度，实现液滴运输。



测试结果：

实现液滴的定向运输，进行液滴定向运输的相关应用。如有机微液滴的收集(下图中 a)，液滴运输过程中进行灰尘清洁(下图中 b)，在油相环境中运输液滴(下图中 c)。



案例 10　【功率放大器案例】电容器内 LED 的高压与无线驱动

实验名称：由摩擦纳米发电机启发下的电容器内 LED 的高压与无线驱动

研究方向：交流 LED 驱动，摩擦纳米发电机

实验内容：

摩擦纳米发电机（TENG）可以同时驱动成百上千颗 LED，其机制是产生固定量的载流子周期性复合发光，在 TENG 的启发下，我们提出了一种电容器内 LED 器件，采用信号发生器经过功率放大器提供的信号测试，并将其与摩擦纳米发电机输出进行对比，最后提出一种电容器内 LED 的高压与无线驱动。

测试目的：

详细解释 TENG 驱动 LED 的工作机理，并提出一种电容器内 LED 结构，促进 TENG 与交流 LED 的发展.

测试设备：“电容器内 LED”器件、信号发生器、功率放大器、静电计、示波器、光电二极管

实验过程：

1. 器件结构：

（1）对于高压驱动的 LED，LED 两端各有一个电容与 LED 串联，电容-LED 电容与主电源连接。

（2）对于无线驱动的 LED，有两个平行的铟锡氧化物(ITO)外电极(7 厘米)＊7cm)，间隔 3.5 cm。

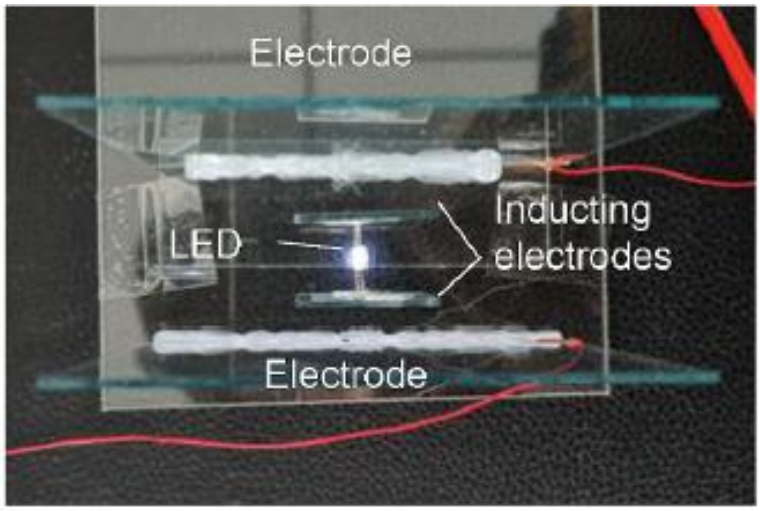
（3）外电极之间是感应电极-LED-感应电极模块，包括由 LED 连接的两个平行感应电极。

2. 实验步骤：

（1）在外电极上施加交流电压，该交流电压由信号发生器结合功率放大器产生；

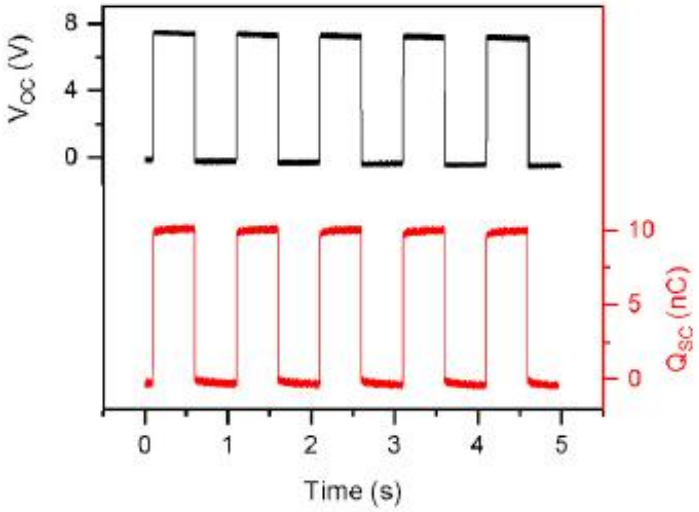
（2）采用示波器采集输出“电容器内 LED”的输出，利用光电二极管采集亮度；

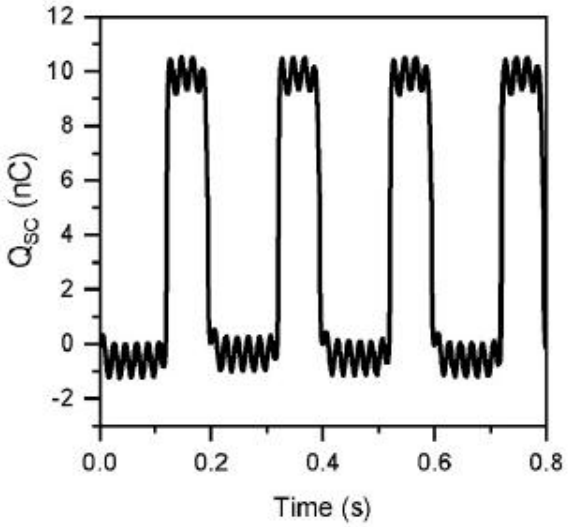
（3）采用静电计采集垂直分离结构 TENG 的输出。

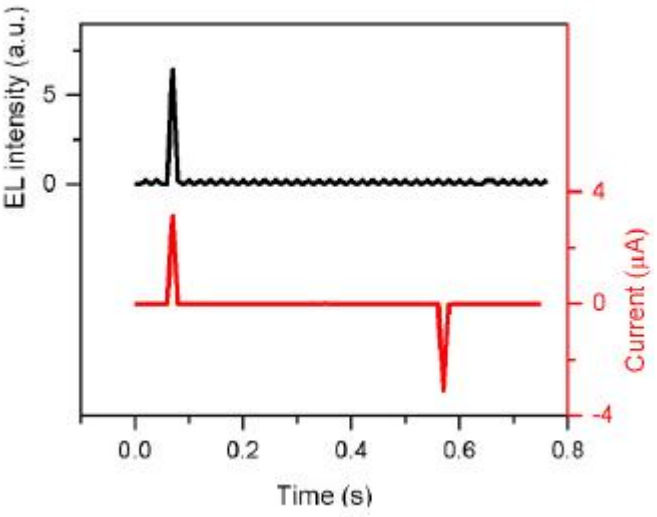


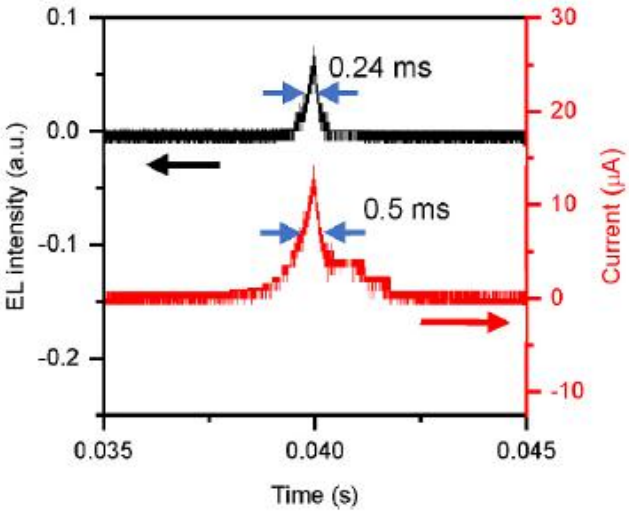
测试结果：

1. 对比垂直分离结构 TENG 驱动 LED 与“电容器内 LED”的输出可以发现二者输出基本一致。

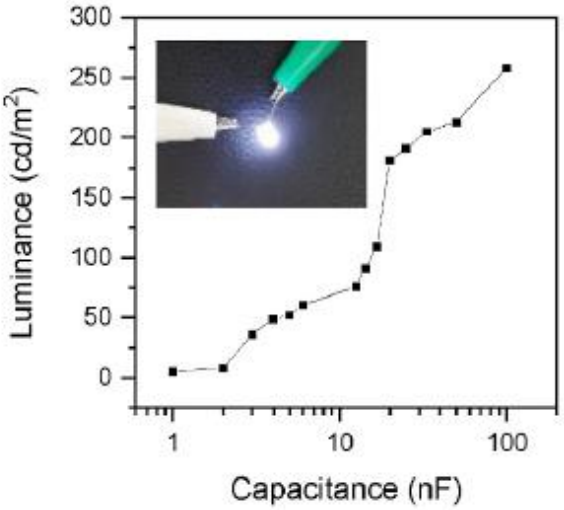


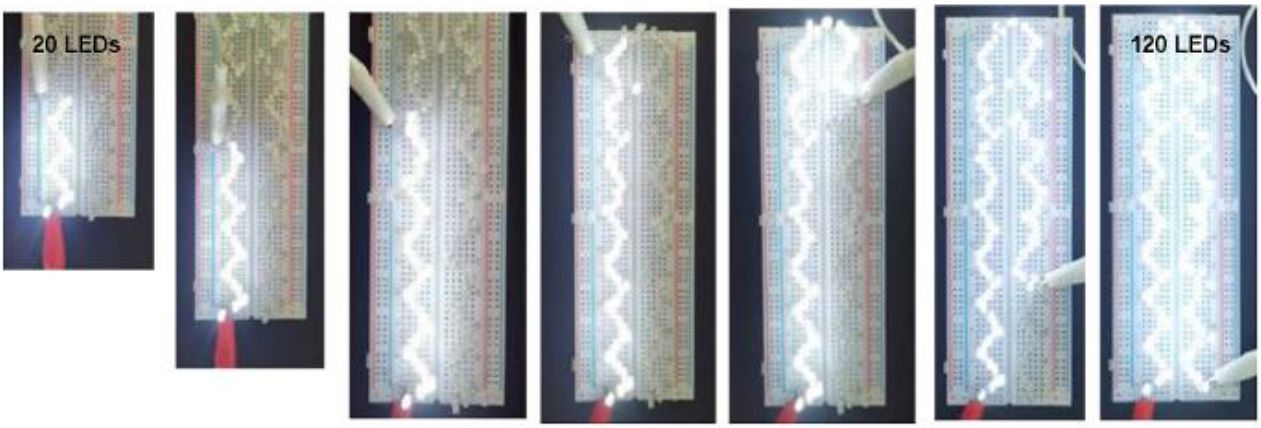




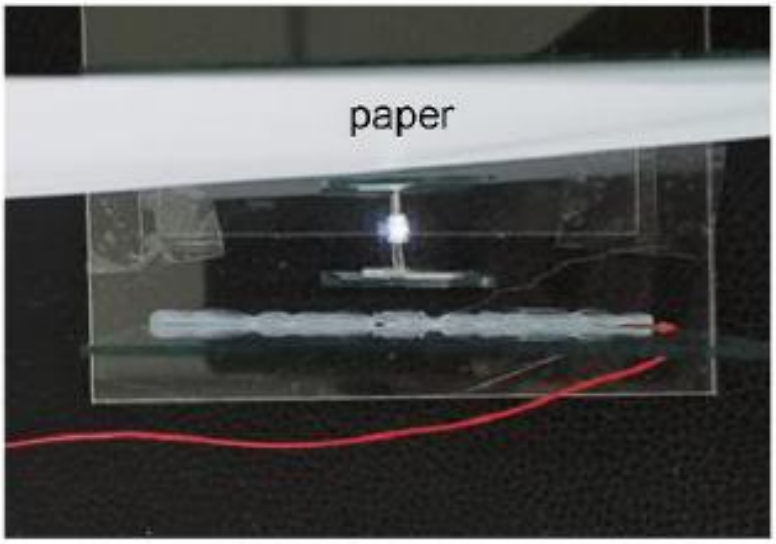


2. 实现了“电容器内 LED”的高压驱动。





3. 实现了“电容器内 LED”的无线驱动。



案例 11　功率放大器在非导体接触式μLED 器件光电特性研究中的应用

实验名称：非导体接触式 μ LED 器件的光电特性研究

研究方向：交流 LED 驱动、半导体器件

实验内容：

依据非导体接触式 μ LED 模型，制备出相应的器件。其次是针对这种新型结构的 μ LED，研究其在交流信号驱动下的频率-电压、电流-电压，发光强度等光电特性。

GaN 基微发光二极管(μ LEDs)在超高分辨率显示、微显示、可见光通信、固态照明等方面有突出的优势。传统 μ LED 工作机制是：施加正向电压时，空穴电子分别从 p 区 n 区注入到多量子阱中辐射复合发光。在正向偏压下，从外部电极注入连续的电子和空穴，导致连续的电子发光。

测试目的：

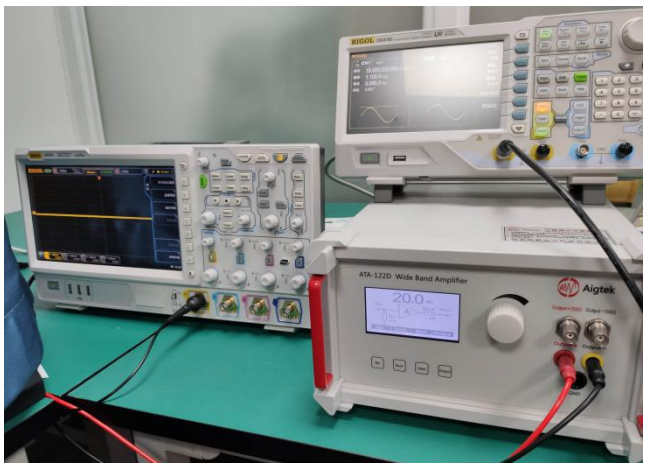
建立一种非导体接触式 μ LED 模型并揭示其工作机理，为改善 μ LED 器件结构、优化工作模式提供理论指导。

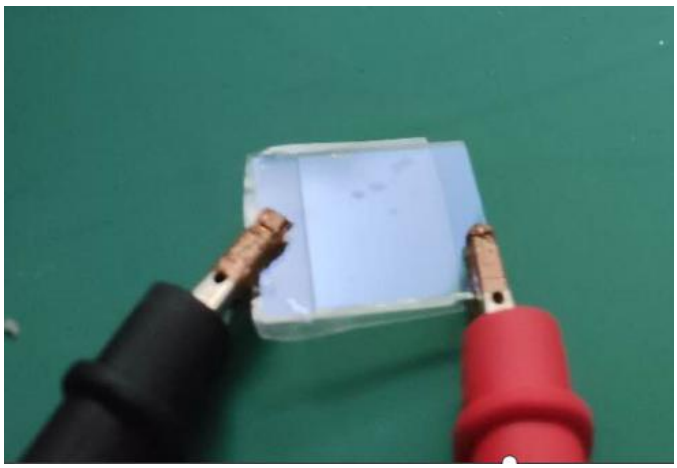
测试设备：

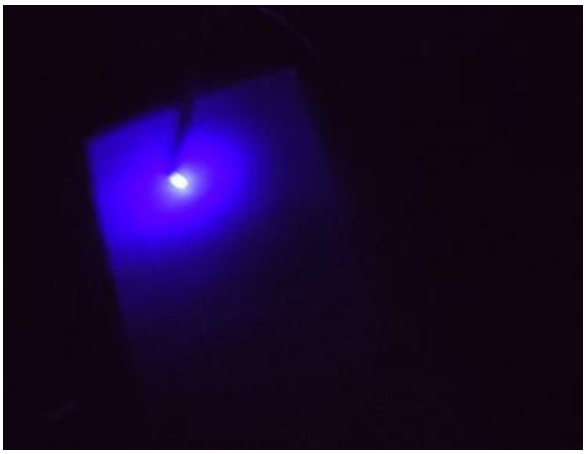
非导体接触式 μ LED 器件、信号发生器、功率放大器、光功率计、雪崩光电探测器、示波器

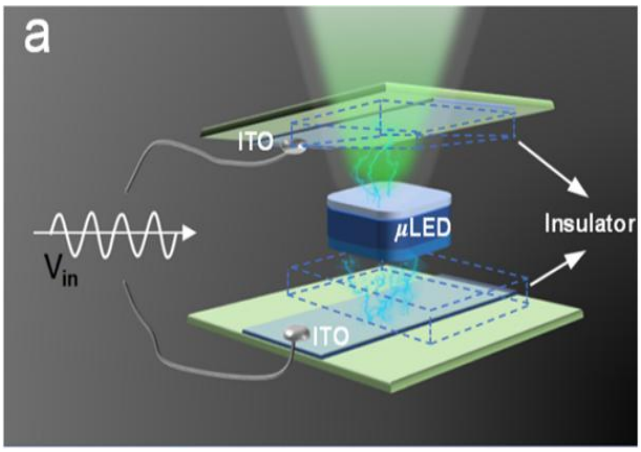
实验过程：

通过信号发生器产生不同频率的电压信号，输入到功率放大器进行放大输出，并将其施加在非导体接触式 μ LED 器件上，采用示波器检测其电学特性，光功率计、雪崩光电探测器测试其电致发光特性。



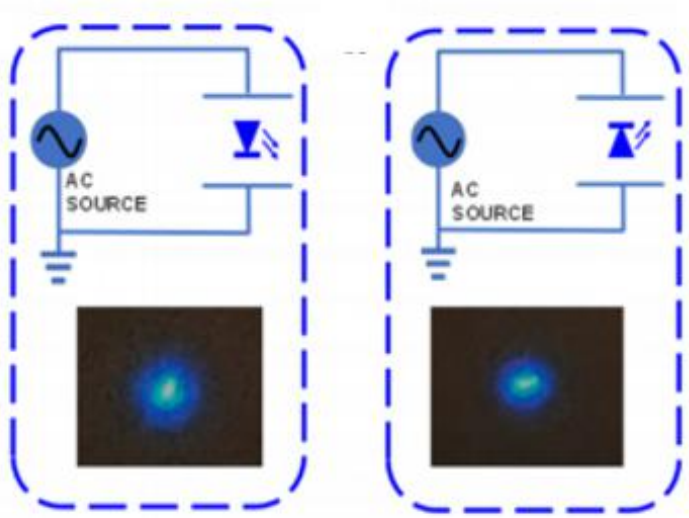


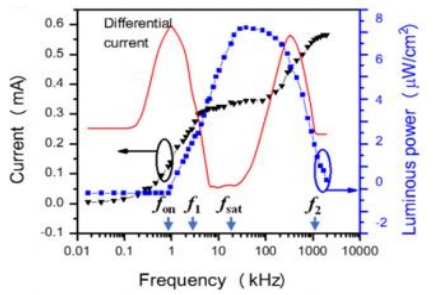


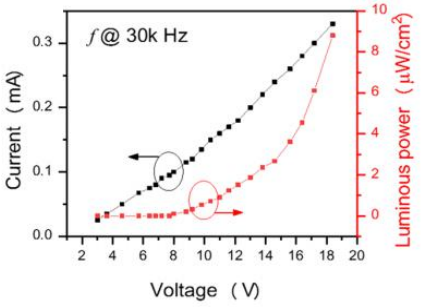


测试结果：

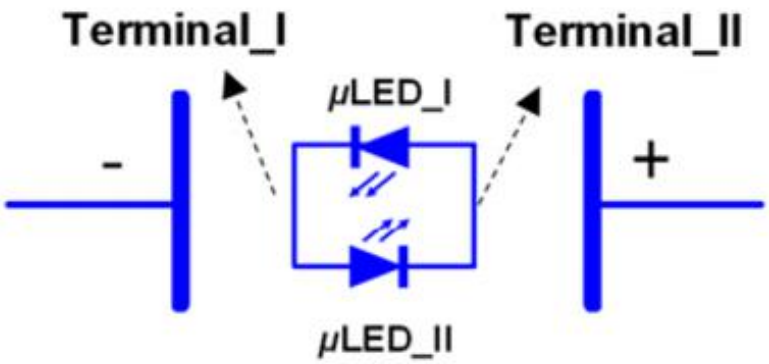
1. 在交流电场的驱动下，实现了在无外部电荷注入的情况下“无线”点亮μLED。

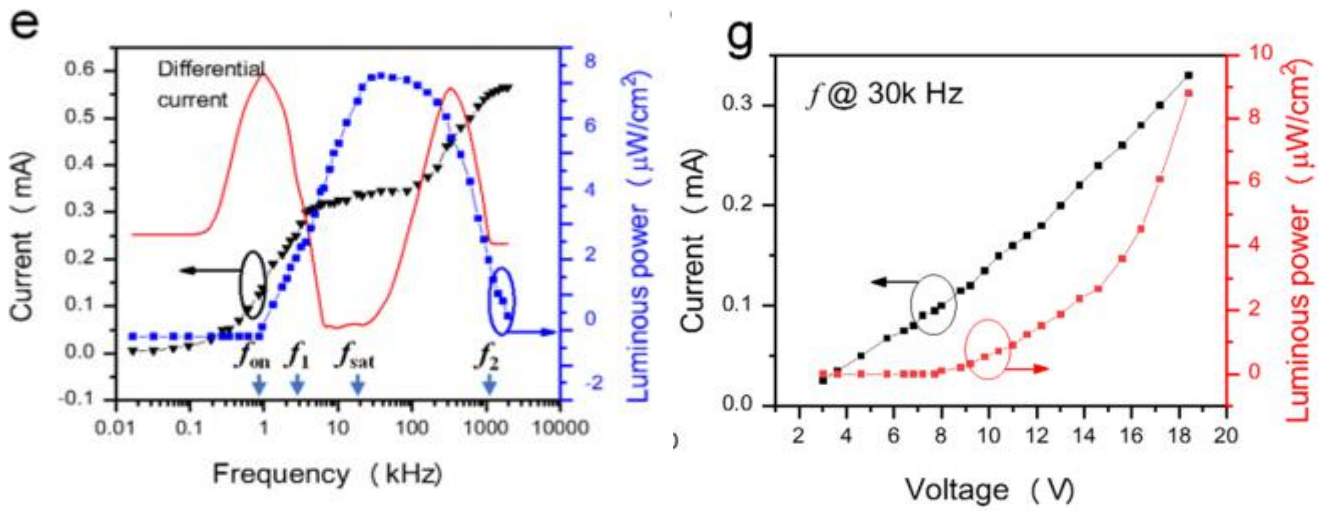




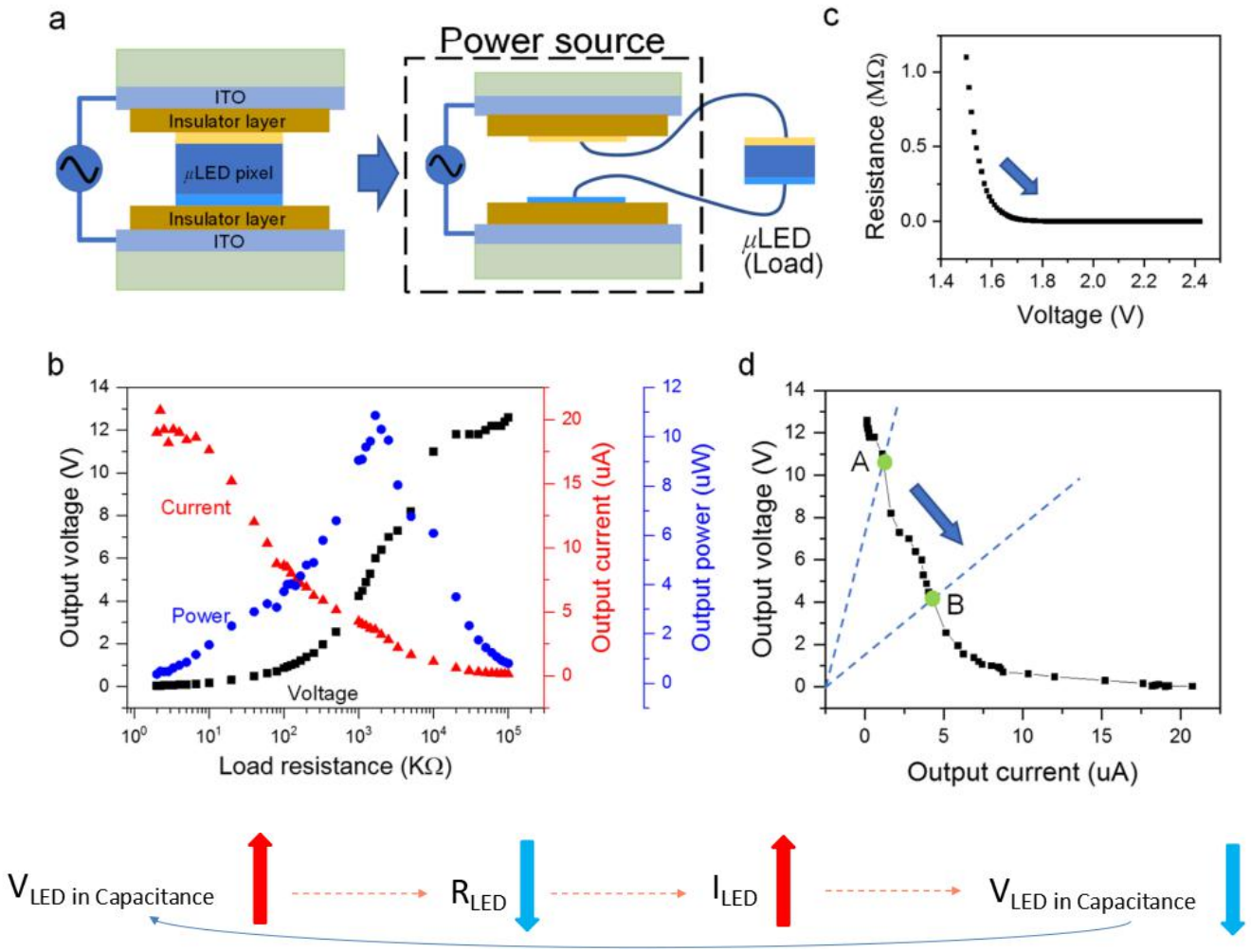


2. 提出了一种与载流子在交变电场作用下周期性振荡相关的 NEC&NCI 模式的工作模型，并通过采用“载流子泵”实现高光功率密度，进一步实验验证了该模型。





3.简要讨论了“电容器内器件”的自我保护机制，即该结构μLED器件可以在高压驱动下正常工作，防止电击穿。



案例 12　ATA-4012 高压功率放大器在核磁共振振荡器中的应用

实验名称：在核磁共振振荡器中，碱金属磁力仪横向弛豫时间的无干扰测量方法

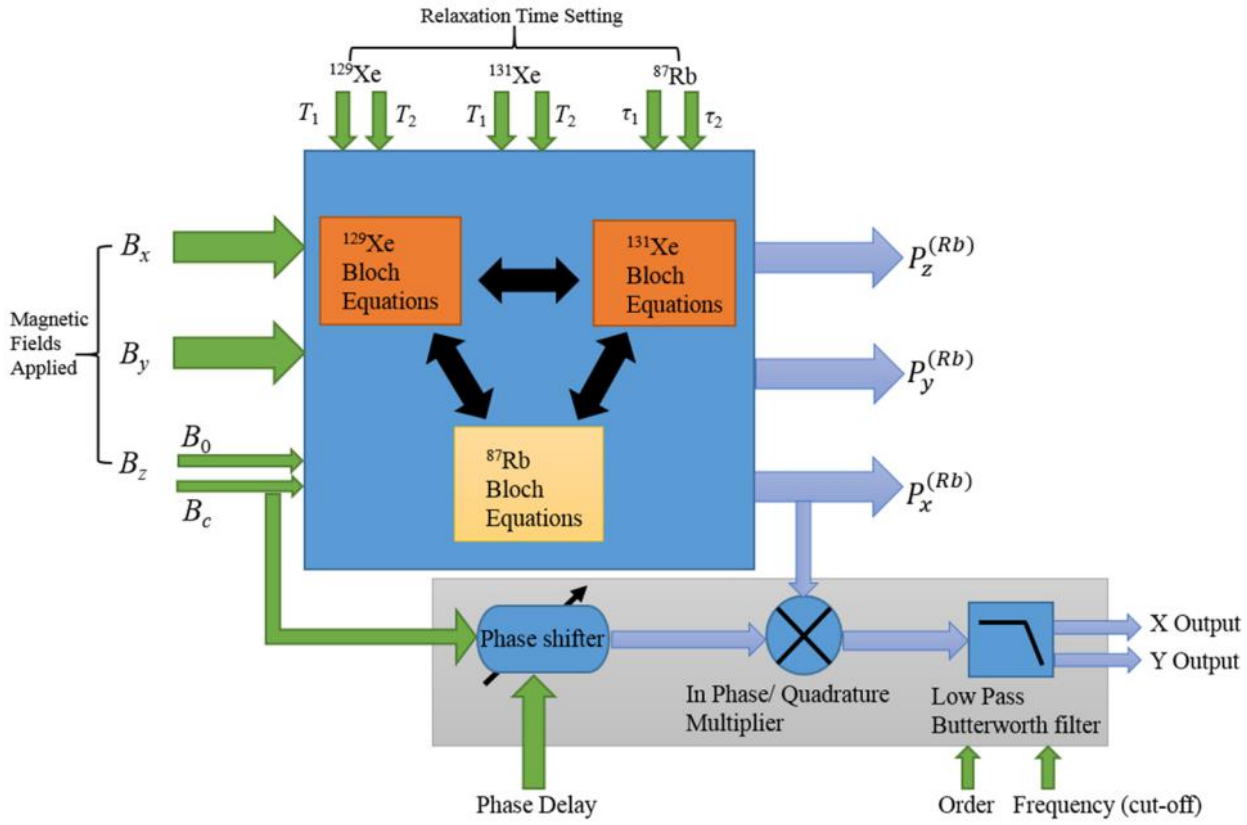
研究方向：量子精密测量

实验内容：

内嵌碱金属磁力仪的横向弛豫时间 τ 2 是一个表征核磁共振振荡器系统的性能和工作状态的重要参数。

本实验提出的测量横向弛豫时间 τ 2 的方法是通过施加 x 轴方向的扫频磁场，然后测量磁力仪在 x 轴方向的幅频响应曲线，最后由幅频响应曲线的 3dB 带宽来得到 τ 2。

实验给出了基于微扰-迭代方法的详细和严格的理论推导来论证此测量方法的合理性。然后，进行了仿真实验和实际实验，结果可以验证此测量方法的有效性和高准确性。



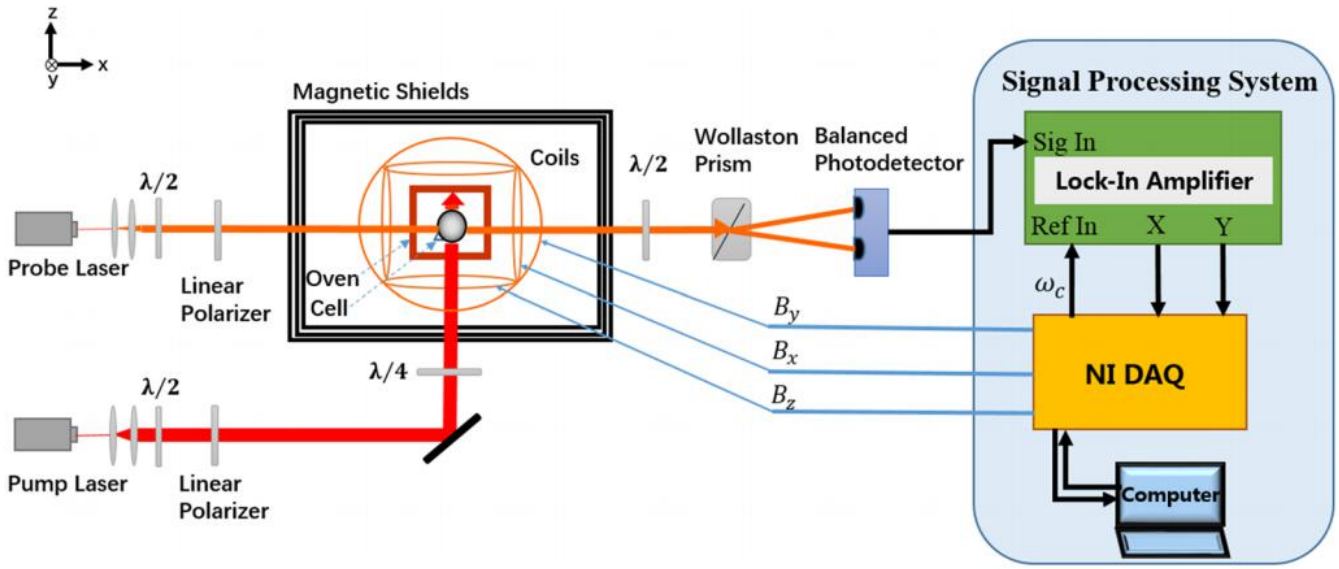
由于扫频范围内的所有采样频率点都远离了 129Xe 和 131Xe 的核磁共振频率，因此可以避免给核自旋带来任何影响，所以此测量方法可以提供一种无干扰地测量 τ 2 的方式，以帮助在核磁共振振荡器系统的正常运行条件下监测它的状态。

测试目的：实验系统的原子气室需要用加热片来加热，用功率放大器输出的放大电流可以驱动加热片。

测试设备：加热片，保温装置，ATA-4012 高压功率放大器

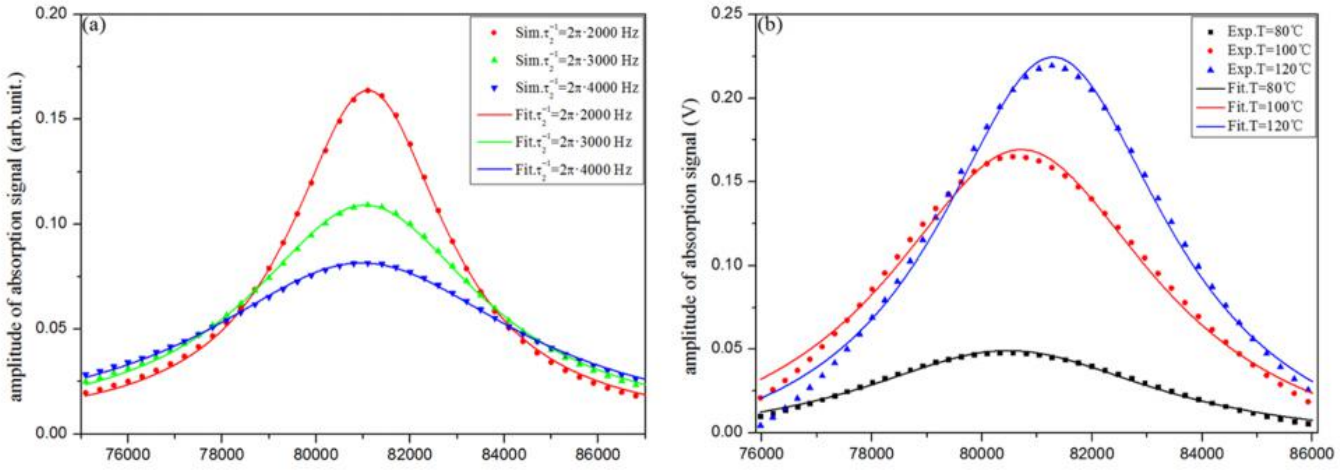
实验过程：

用温控程序和数据采集卡设备输出合适幅度的、高频(上百 KHz)的高精度加热电压控制信号，输入到功率放大器，在恒流工作模式下，调节放大器的输出电流参数至 1 A 左右，然后功率放大器对输入的电信号进行功率放大后，功率放大器输出的电流接入到串联的加热片中，加热片均匀分布在保温装置内，以对原子气室进行恒温加热。

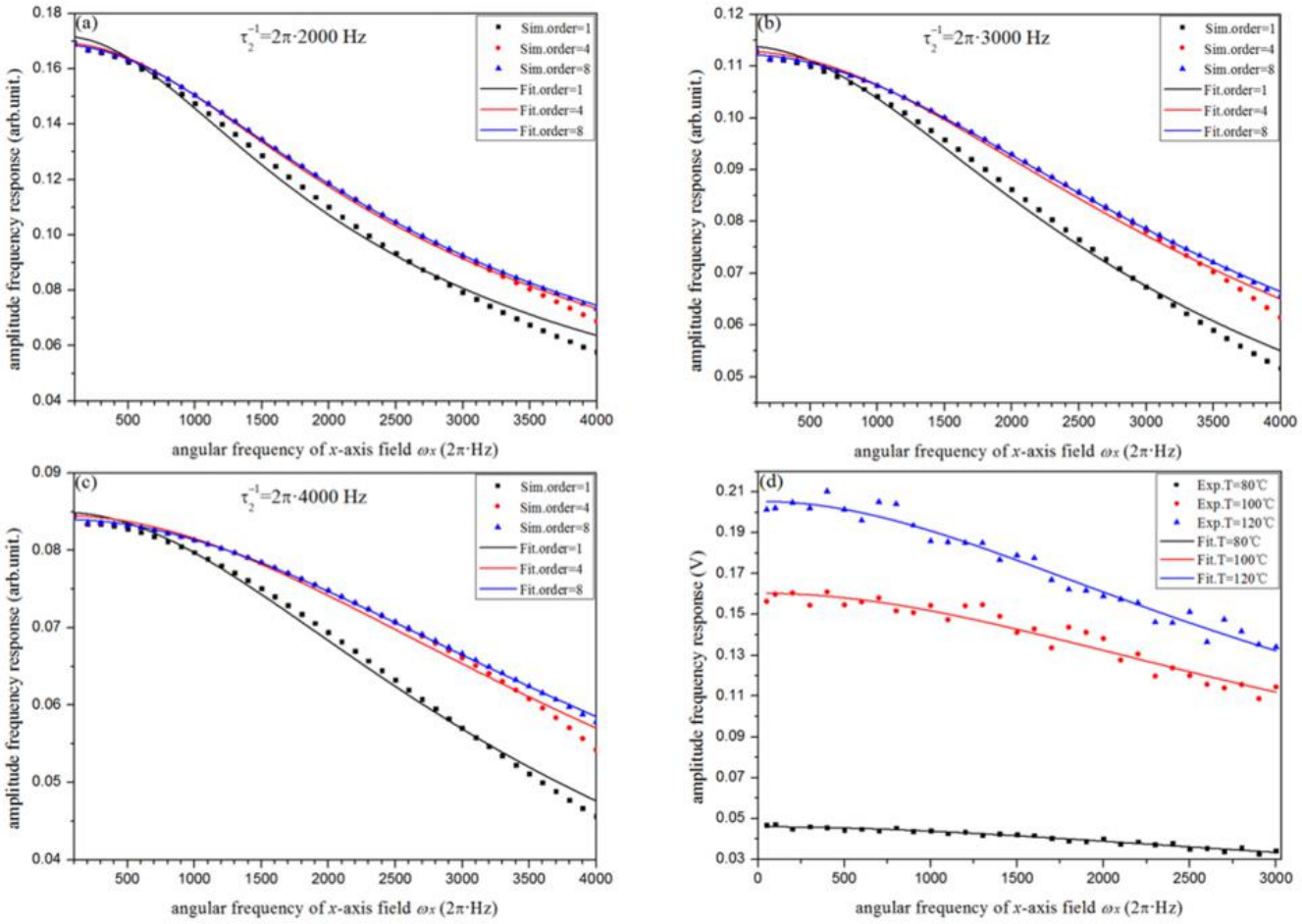


测试结果：

原子气室加热的温度稳定性可以达到±0.002℃，加热温度至少可以高达 130℃。



True value $1/\tau_2$ (Hz)	Scan ω_c method $1/\tau_{2,c}$ (Hz)	Scan ω_x method $1/\tau_{2,d}$ (Hz)		
		Order = 1	Order = 4	Order = 8
$2\pi \times 2000$	$2\pi \times 1999.5$	$2\pi \times 1596.8$	$2\pi \times 1925.2$	$2\pi \times 1972.0$
$2\pi \times 3000$	$2\pi \times 3005.3$	$2\pi \times 2207.9$	$2\pi \times 2820.2$	$2\pi \times 2936.9$
$2\pi \times 4000$	$2\pi \times 4028.9$	$2\pi \times 2708.6$	$2\pi \times 3657.6$	$2\pi \times 3882.3$



放大器在该实验中发挥的效能：

功率放大器的高精度输出电流通入到串联的加热片，驱动加热片。

ATA-4012 参数指标：

最大输出电压	160Vp-p（±80Vp）	电压增益	x0~50（0.1 step）
最大输出电流	2Arms/2.82Ap	负载 RL 上限	≥28.3Ω
带宽（-3dB）	DC-1MHz	输出电阻	≤0.5Ω
最大输出功率	225Wp	压摆率	400V/μs

案例 13　功率放大器在超声椭圆振动系统中的应用

实验名称： 刀尖椭圆振动轨迹变化切削的研究

研究方向： 超声椭圆振动系统

实验内容：

UEVC 系统是采用全波长纵向振动换能器激振，获得更大功率，提高了振幅，并简化了刀杆设计和优化道具的装夹、定位，使得系统更加稳定，明显提升系统刚性，从而减少加工表面颤纹。利用 UEVC 系统，研究控制刀尖椭圆轨迹形状偏转变化的参数对加工表面刀痕残余高度和表面质量的影响，并研究不同的切削参数在 UEVC 切削过程中对加工表面的影响。

测试目的：

利用纯正交导波 UEVC 装置研究刀尖椭圆轨迹偏转变化对切削的影响，并完成微棱镜微结构加工实验。

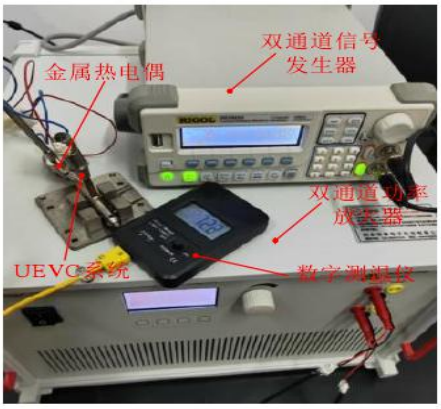
测试设备：

UEVC 系统（夹心式压电陶瓷换能器、导波带、工具头、单晶金刚石刀具）、金属热电偶、数字测温仪、信号发生器、ATA-3082 功率放大器

实验过程：

(a) 超声电源

(b) 数字测温仪

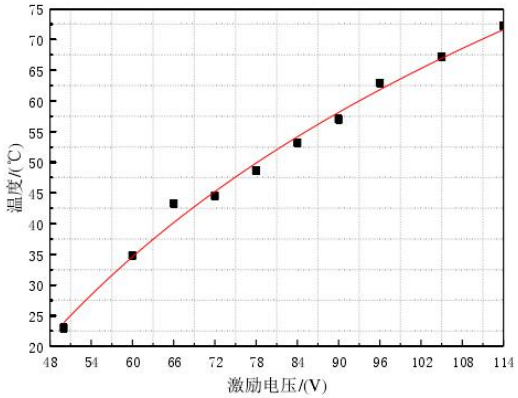


(c) 温度测试现场

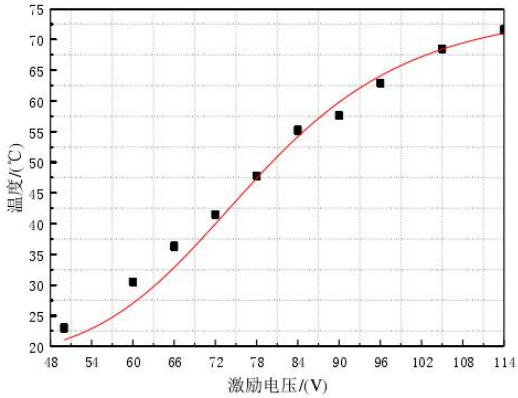
椭圆振动系统工作温度检测过程：

利用大功率，电压和频率可调的超声电源激励换能器，并通过数字测温仪连接金属热电偶（分辨率 0.1℃）测量换能器前盖板的温度，其中该超声电源主要是通过信号发生器+功率放大器来组

成，设置信号发生器激振频率为 96.8KHz，通过输出 3V 的电压给功率放大器进行放大输出到换能器，换能器温度随之升高，需要等待温度达到平衡时进行测量。在电压 114V 时，两路换能器工作温度在 70℃左右达到平衡。为了发挥换能器的性能和提高其寿命，换能器的工作温度一般低于 80℃.



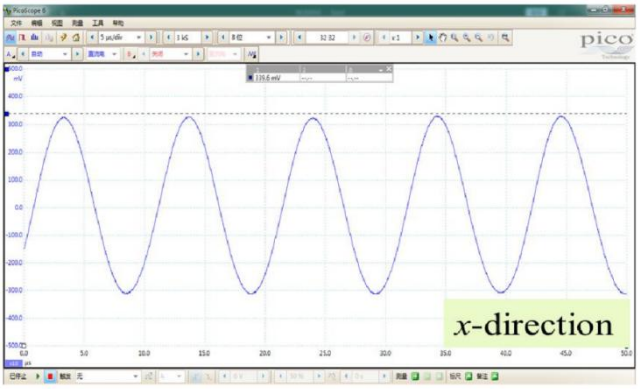
(a) 横向换能器



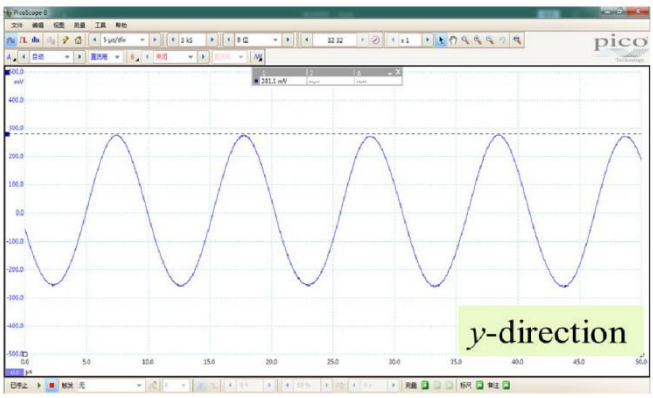
(b) 纵向换能器

测试结果：

变相位差刀尖椭圆轨迹偏转模型调节双通道信号发生器的相位差，并通过高频激光测振系统测量刀尖振幅数据，以验证 UEVC 系统刀尖椭圆轨迹实际控制能力。测量结果如下图所示：



(a) x 方向刀尖振幅



(b) y 方向刀尖振幅

案例 14　功率放大器在压电振动能量收集器建模中的应用

实验名称：垂向动磁式压电振动能量收集器建模及实验研究

研究方向：为了改善单悬臂梁压电能量收集器的性能

实验内容：

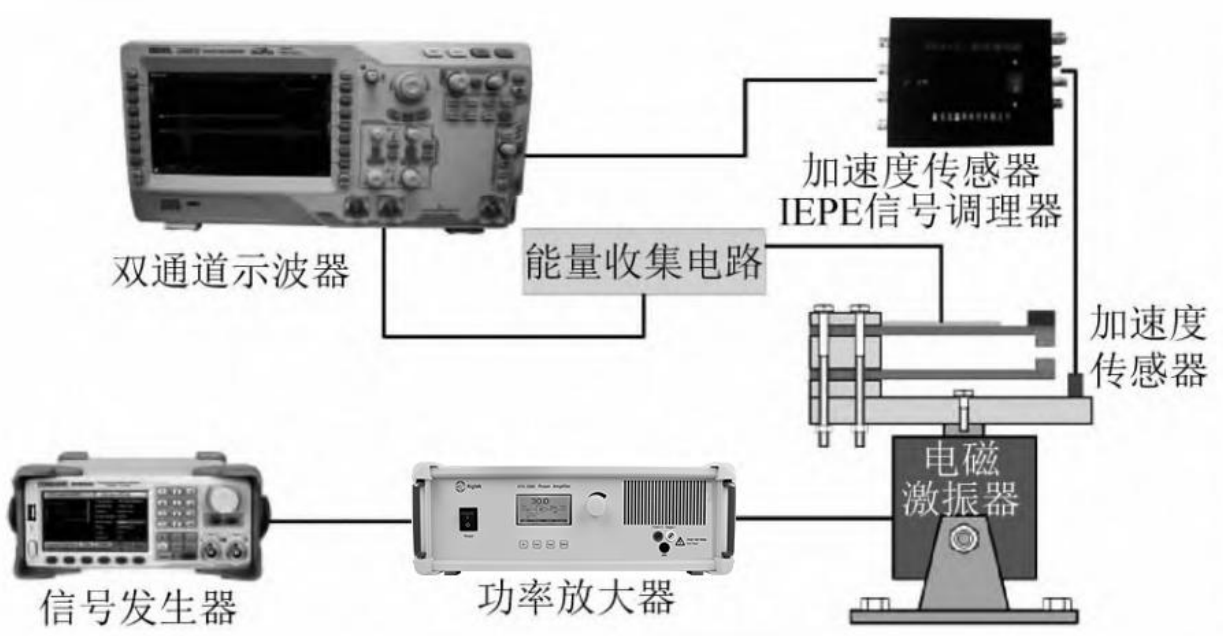
为了改善了单悬臂梁压电能量收集器的性能，设计了一种垂向动磁式压电振动能量收集结构。针对该结构建立了集总参数压电耦合模型并进行数值仿真，同时搭建实验平台对结构性能进行评价。

测试设备：

示波器、能量收集电路、信号发生器、ATA-3080 功率放大器、电磁激振器、加速度计等

实验过程：

实验平台的激励部分是由函数发生器、功率放大器和电磁激振器组成，实验中通过函数发生器调节频率进行向上扫频测试。测量部分由加速度测量及能量测量功能组成，加速度测量由加速度计及附加的信号调理器完成，加速度计固定在亚克力底座上，以对激励的加速度进行标定与测量。

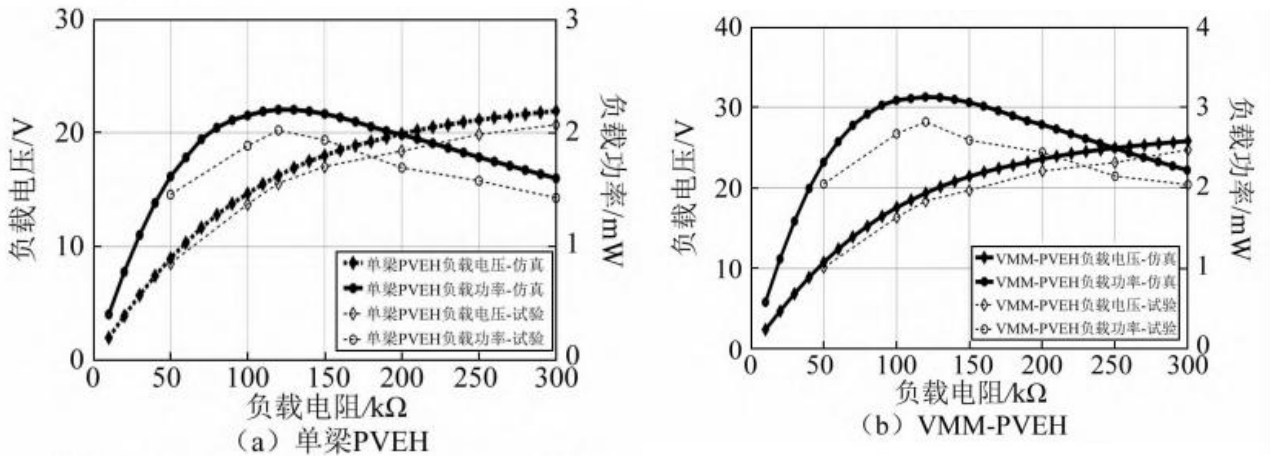


压电材料通过导线与能量收集电路连接，电路中加入电阻作为负载，以方便对能量收集装置的性能进行测试。负载两端及 IEPE 加速度传感器的输出均直接接入示波器，直接记录系统输出电压

及加速度情况。

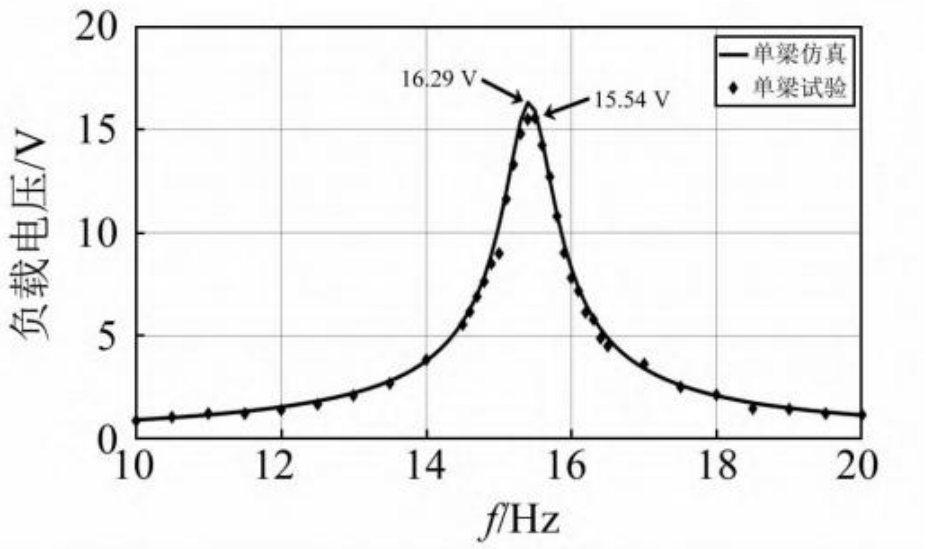
实验结果：

(1)低频排斥与高频吸引模式呈现高峰宽频带特性，高频排斥与低频吸引呈现了双峰值特性，低频排斥模式更易于应用。

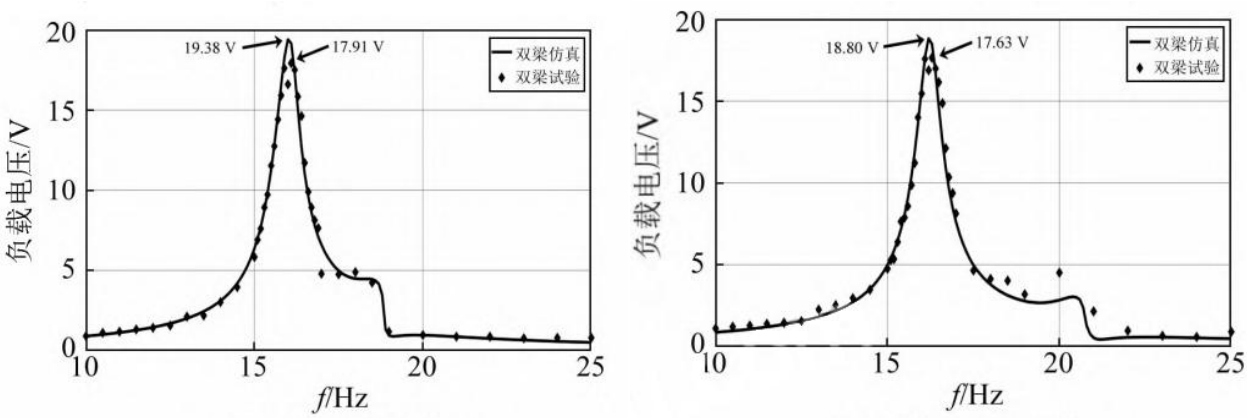


不同负载下的电压和功率曲线

（2）集总参数模型在可接受误差范围以内可以有效预测结构性质，幅值的预测误差小于 7%,可以用于 VMM-PVEH 的设计与参数优化。

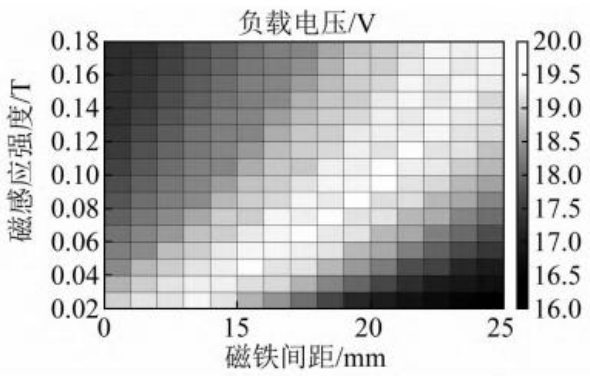


单悬臂梁收集器仿真与实验结果

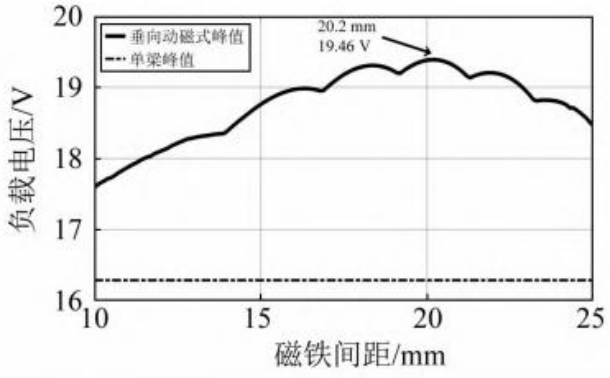


（a）双梁间距19.52 mm　　（b）双梁间距14.66 mm

（3）在不同的磁感应强度下均存在最优的磁铁距离值，随着磁感应强度的增大，最优距离值变大，各最优值下的峰值近似。

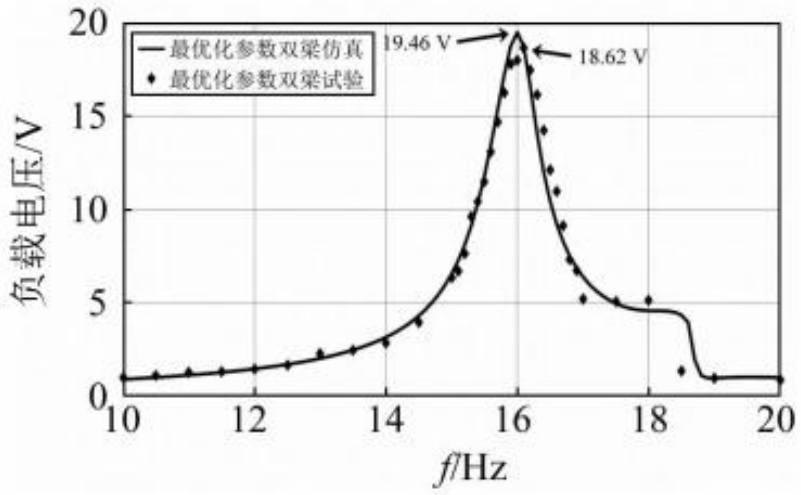


不同磁感应强度及磁铁间距下的负载电压图



不同磁铁间距下的负载电压曲线

（4）在本文所述的最优化参数条件下，系统峰值功率可提高 42.7%，带宽可提高 40.6%。



最优化参数下的负载电压

案例 15　功率放大器在压电驱动式微滴喷射过程中的应用

实验名称：同轴气流作用下压电驱动式微滴喷射行为的实验研究

实验内容：

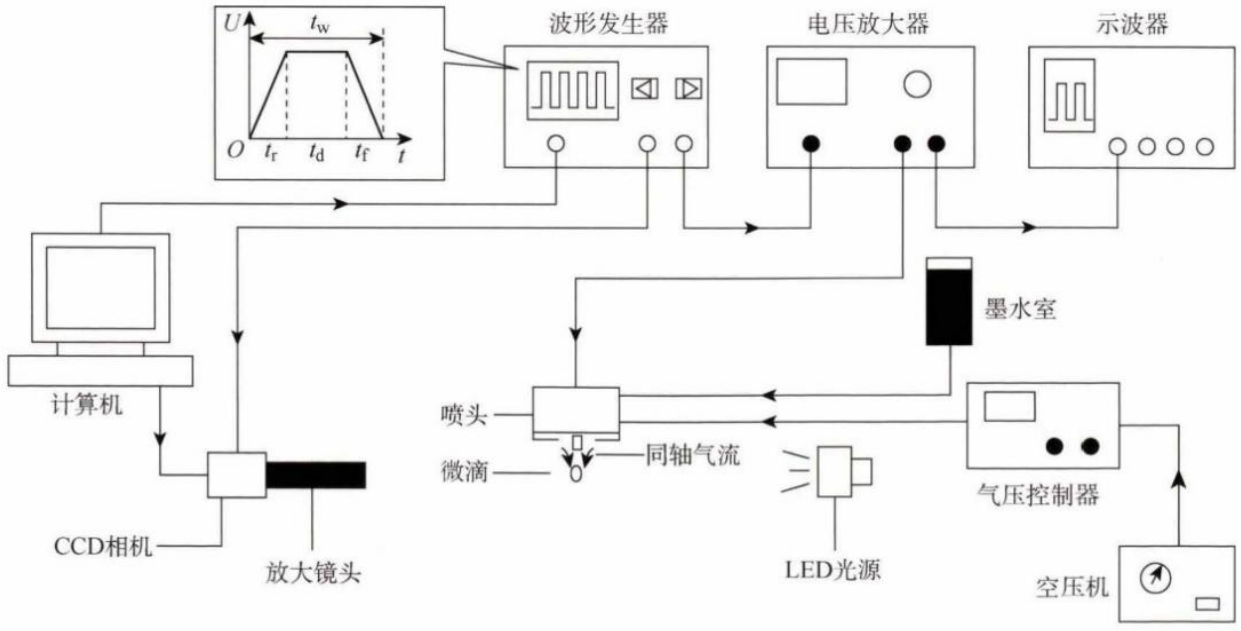
本文设计并制造了设有同轴气流喷射槽的压电式微滴喷头，构建了微滴喷射与观测系统，采用双极性梯形波作为压电驱动波形，利用微滴喷射过程的可重复性，应用电荷耦合期间相机获取不同时刻的微滴图像，同时对同轴气流作用下压电驱动式微滴喷射行为进行了研究。

测试目的：为探究同轴气流对压电式微滴喷射过程的影响

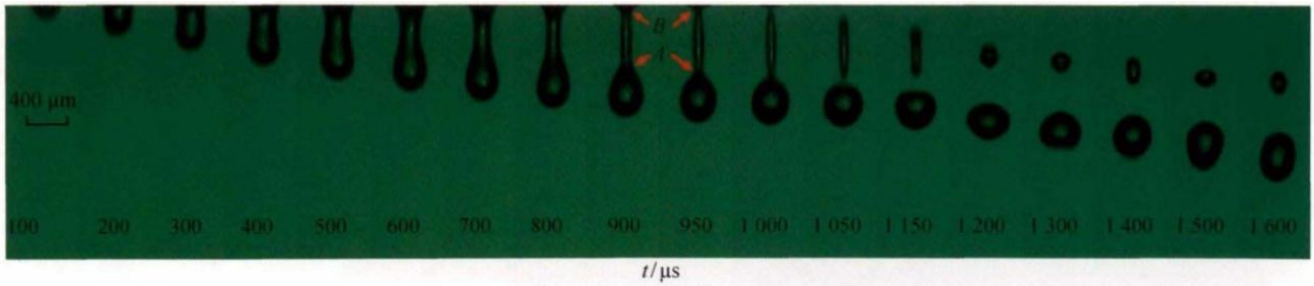
测试设备：压电式微滴喷头、信号发生器、ATA-2032 功率放大器、示波器、LED 光源、CCD 相机、放大镜头等

实验过程：

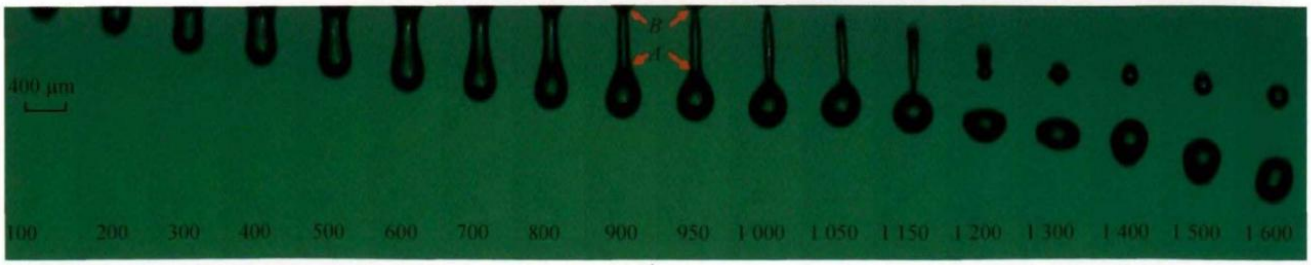
利用逆压电效应，压电陶瓷片在受到脉冲电压的激励后产生机械振动，储液腔内部体积发生变化从而驱动微滴从喷嘴喷出，主要通过信号发生器产生波形信号，经由功率放大器放大后驱动压电片，后接示波器将放大后的波形信号进行实时显示，波形信号选用双极性梯形波。



基于微滴喷射过程中同一时刻不同微滴间良好的可重复性，微滴观测系统采用电荷耦合器件（CCD）相机，并在实验过程中通过精确调整相近曝光相对微滴喷射的滞后时间来获取不同时刻的微滴图像。



(a) p=0

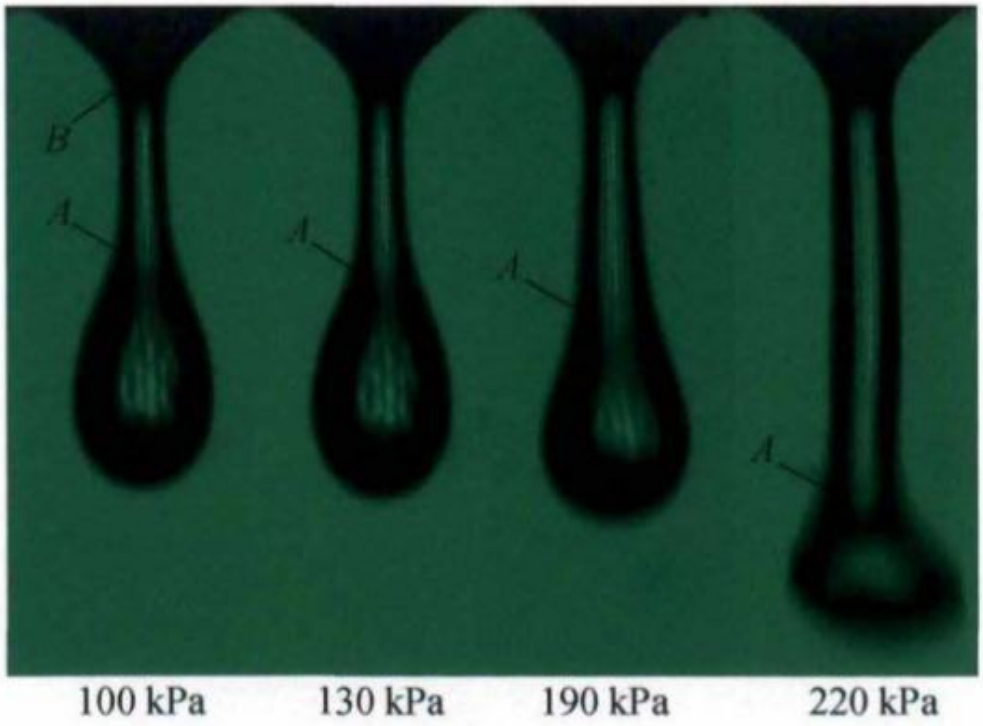


(b) p=100 kPa

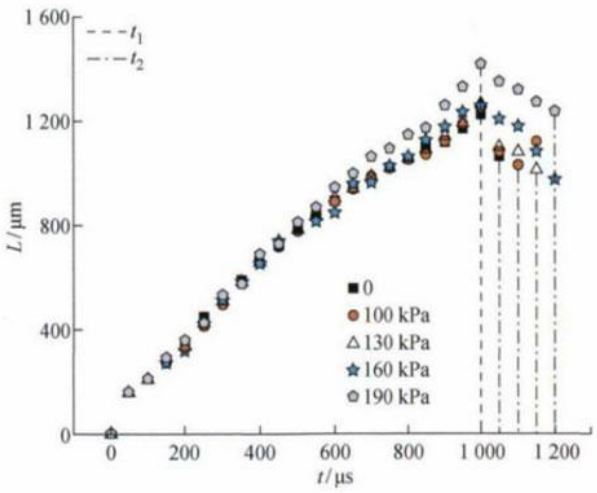
测试结果：

随着同轴气流强度的提高，会出现以下结论：

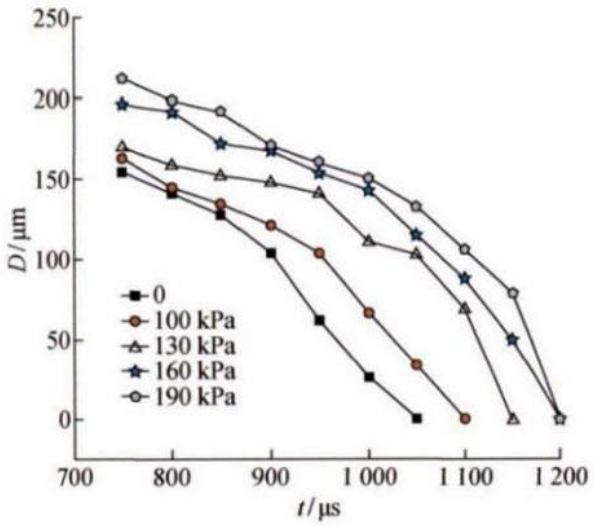
1、微滴在形成阶段中的延伸长度增加，微滴头部体积减小。



2、微滴在喷嘴出口处的断裂时刻不受同轴气流影响，但微滴在飞行过程中头部与尾部发生断裂的时刻延后；

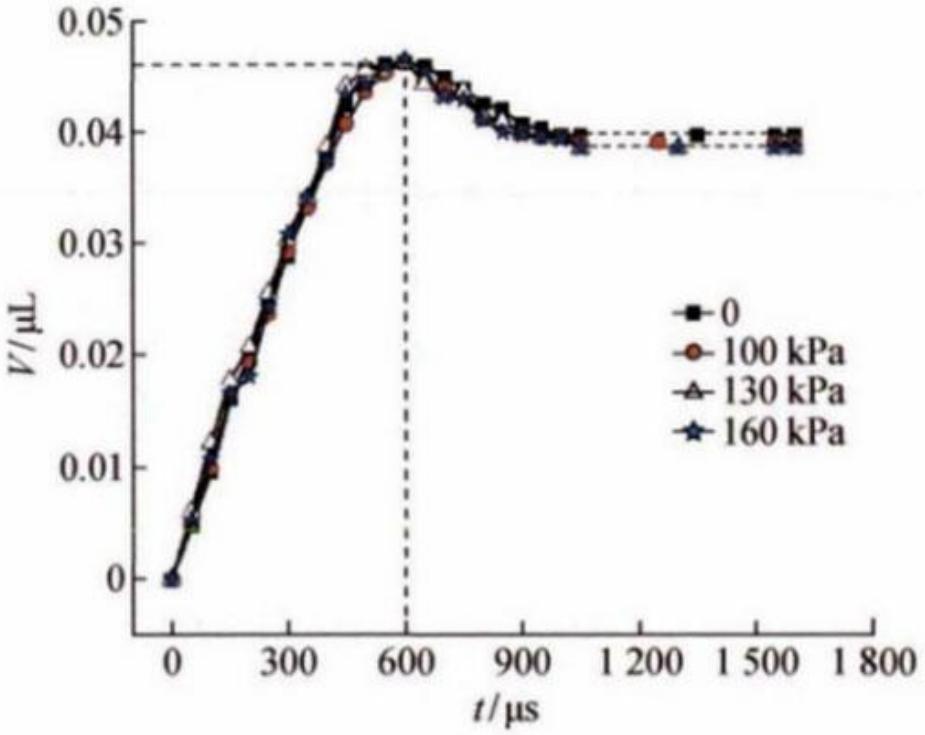


气流压强对微滴长度随时间变化的影响

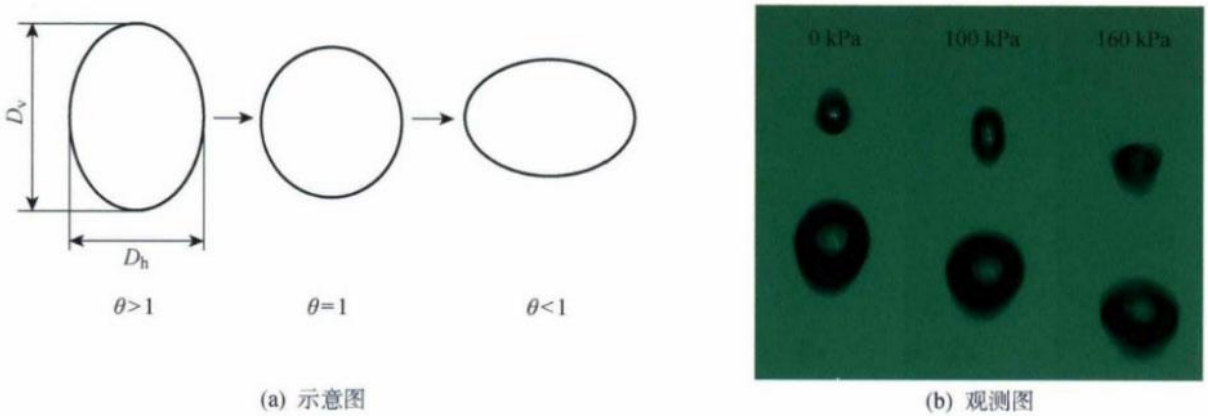


微滴直径随时间变化

3、喷射处的微滴最终总体积略有减小，主液滴体积减小，卫星液滴体积增大；

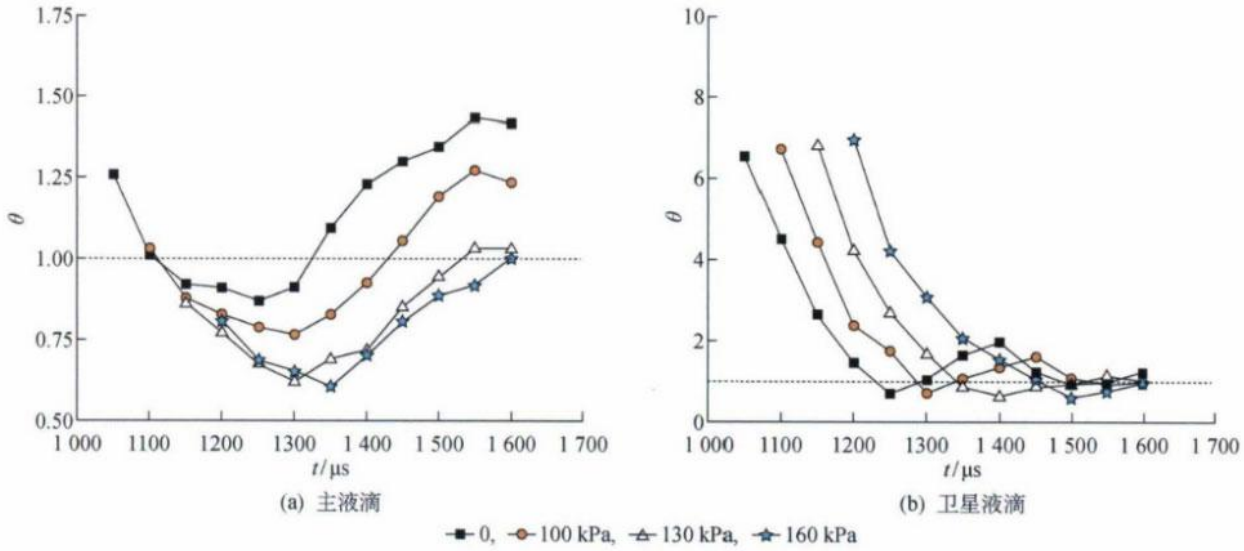


微滴体积随时间变化



(a) 示意图　　(b) 观测图

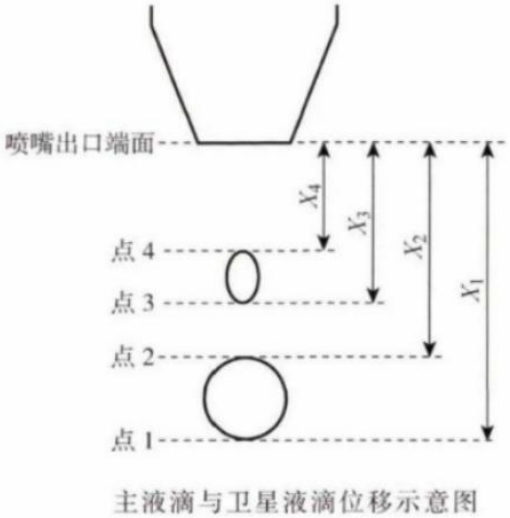
微滴形状变化示意图和实际观测图(t=1 450 μs)



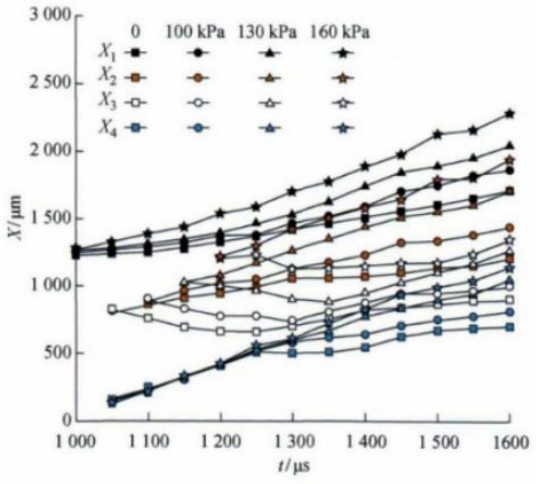
(a) 主液滴　　(b) 卫星液滴

主液滴与卫星液滴 θ 随时间变化

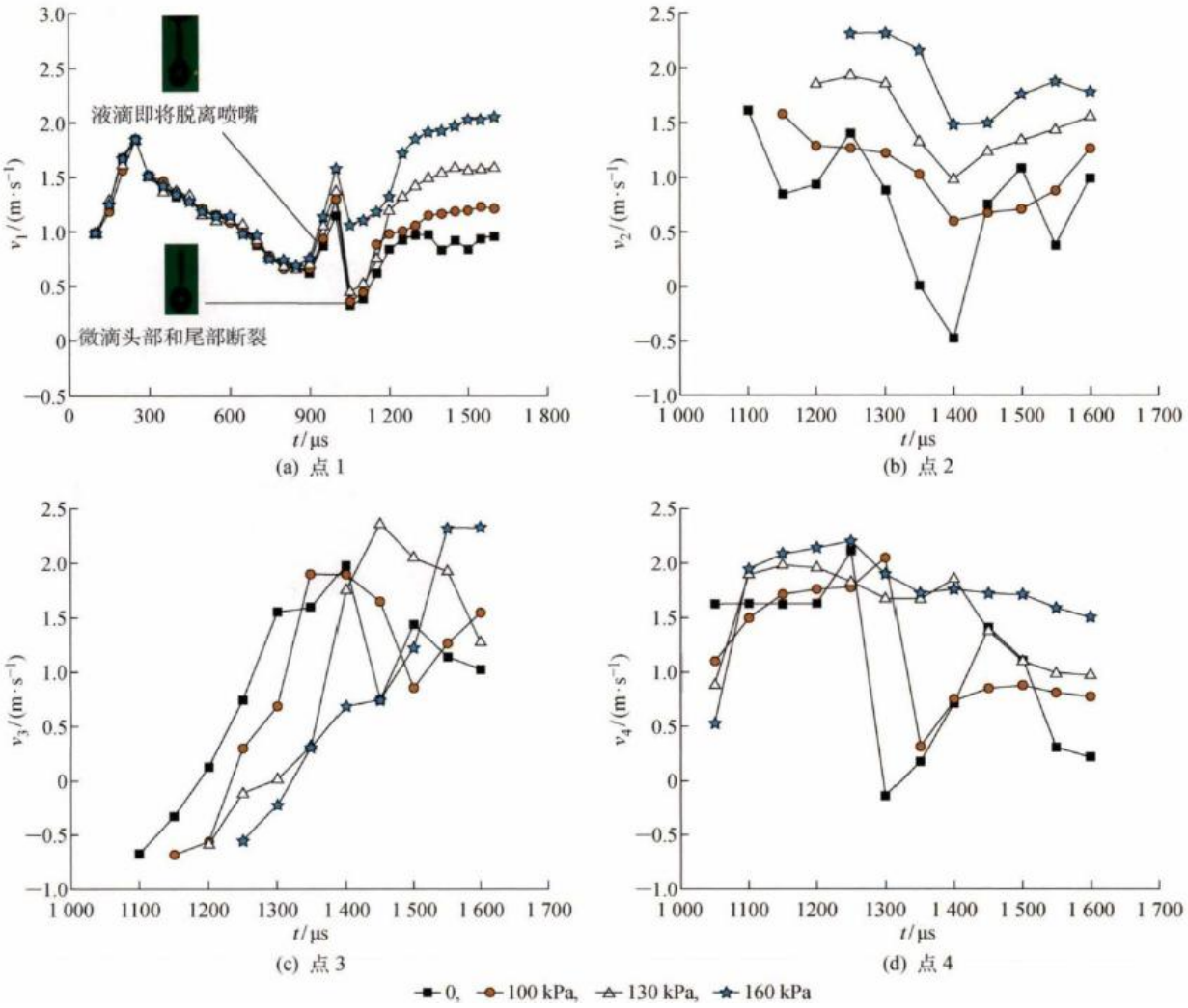
4、主液滴与卫星液滴在同一时刻的位移均增加，两者头、末端的速度均有增大的趋势，末端速度的波动浮动和频率均有所下降；



主液滴与卫星液滴位移示意图



主液滴与卫星液滴位移随时间变化



5、主液滴与卫星液滴的形态更加趋于扁平，主液滴当量直径减小，卫星液滴当量直径增大。

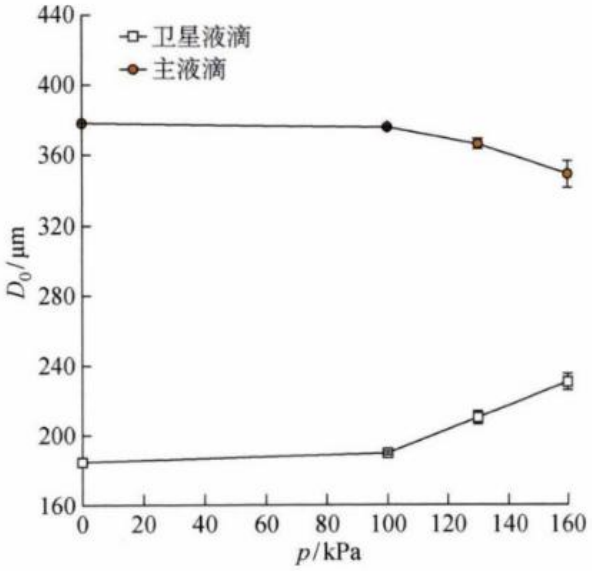
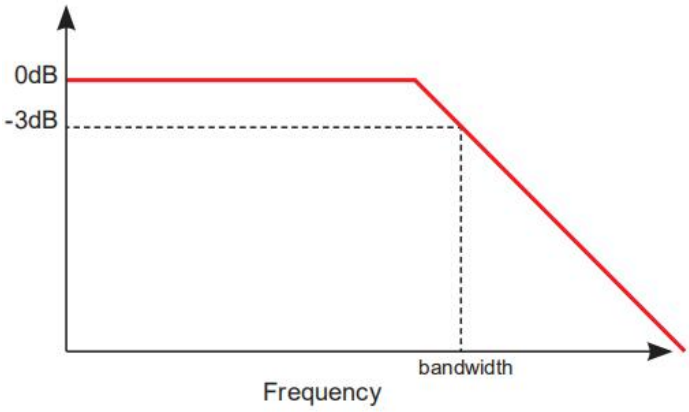


图 13　D_0 随气流压强的变化

相关产品介绍资料：

放大器选型指南：



1、带宽

是指正弦波曲线输入信号衰减到信号真实幅度 70.7% 的频率，也就是 -3dB 点。放大器必须有足够的带宽，以便满足输入信号的放大及监测。

2、电压

选择放大器时需结合 -3dB 带宽考虑输出电压是否足够，如果测试对电压有较高的要求则应预留一定的电压余量。

3、电流

根据被测负载的阻抗，选择能够满足测试电流需求的放大器。

4、电压增益

如果输入信号为特定的电压信号，那么选择放大器时还需考虑电压增益。

5、负载

根据被测负载的测试条件验证选型的放大器是否满足需求。

6、选件

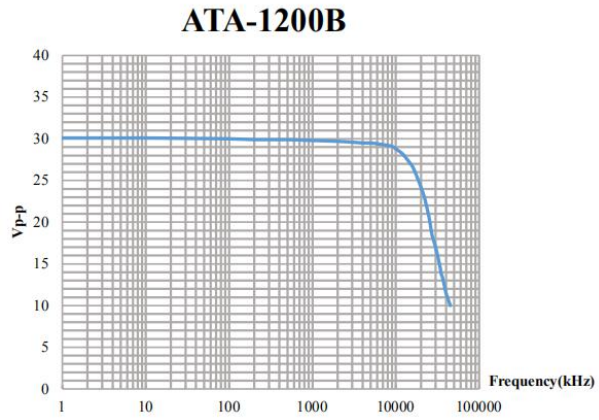
数字 Monitor 选件：14 位垂直分辨率，带电压、电流回读功能，电压电流波形显示功能。

程控接口。

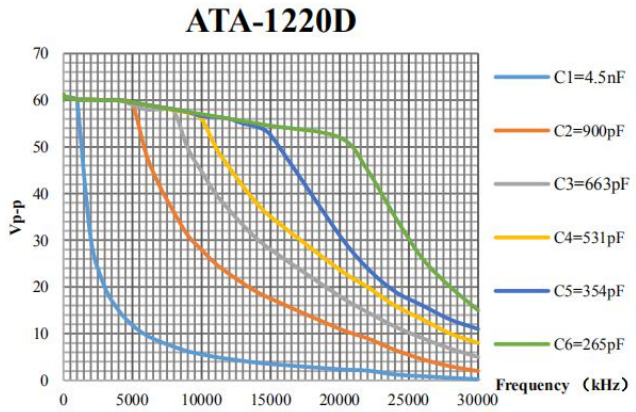
产品快速选型：

宽带放大器 ATA-1000系列						
产品图片	产品系列	规格型号	指标参数			
	ATA-100 功率放大器	ATA-101	28Vp-p（±14V）	2A	DC~1MHz	
		ATA-103	28Vp-p（±14V）	2A	DC~3MHz	
		ATA-105	28Vp-p（±14V）	2A	DC~5MHz	
	ATA-1000 宽带放大器	ATA-1200B	30Vp-p（±15V）	1A	DC~25MHz	
		ATA-1220D	60Vp-p（±30V）	1A	DC~21MHz	
高压放大器 ATA-2000系列（更高电流可定制）						
产品图片	产品系列	规格型号	指标参数			
	ATA-2000 高压放大器	ATA-2021H	200Vp-p（±100V）	500mA	DC~1MHz	单通道
		ATA-2022H	200Vp-p（±100V）	500mA	DC~1MHz	双通道
		ATA-2031	300Vp-p（±150V）	120mA	DC~500kHz	单通道
		ATA-2032	300Vp-p（±150V）	120mA	DC~500kHz	双通道
		ATA-2041	400Vp-p（±200V）	100mA	DC~500kHz	单通道
		ATA-2042	400Vp-p（±200V）	100mA	DC~500kHz	双通道
		ATA-2081	800Vp-p（±400V）	40mA	DC~200kHz	单通道
		ATA-2082	800Vp-p（±400V）	40mA	DC~200kHz	双通道
		ATA-2161	1600Vp-p（±800V）	40mA	DC~150kHz	单通道
功率放大器 ATA-3000系列						
产品图片	产品系列	规格型号	指标参数			
	ATA-300 功率放大器	ATA-304	90Vp-p（±45V）	8A	DC~30kHz	
		ATA-308	180Vp-p（±90V）	8A	DC~30kHz	
		ATA-309	90Vp-p（±45V）	18A	DC~30kHz	
	ATA-3000 功率放大器	ATA-3040	90Vp-p（±45V）	8A	DC~100kHz	
		ATA-3080	180Vp-p（±90V）	8A	DC~100kHz	
		ATA-3090	90Vp-p（±45V）	18A	DC~100kHz	
高压功率放大器 ATA-4000系列						
产品图片	产品系列	规格型号	指标参数			
	ATA-4000 高压功率放大器	ATA-4315	150Vp-p（±75V）	1.41A / 1Arms	DC ~3MHz	
		ATA-4011	160Vp-p（±80V）	1.41A / 1Arms	DC ~1MHz	
		ATA-4012	160Vp-p（±80V）	2.82A / 2Arms	DC ~1MHz	
		ATA-4014	160Vp-p（±80V）	5.65A / 4Arms	DC ~1MHz	
		ATA-4051	310Vp-p（±155V）	1.41A / 1Arms	DC~500kHz	
		ATA-4052	310Vp-p（±155V）	2.82A / 2Arms	DC~500kHz	

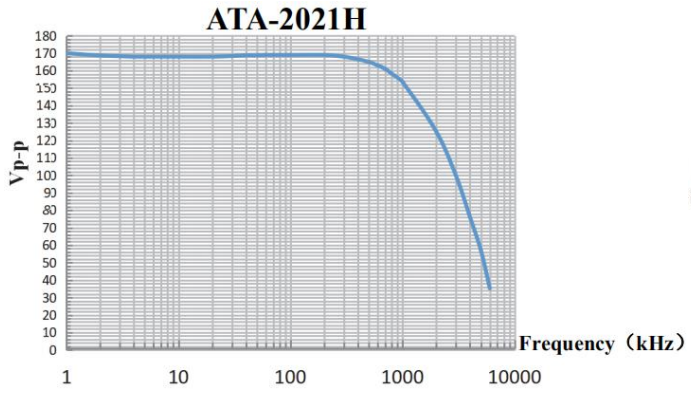
幅频特性与负载曲线图：



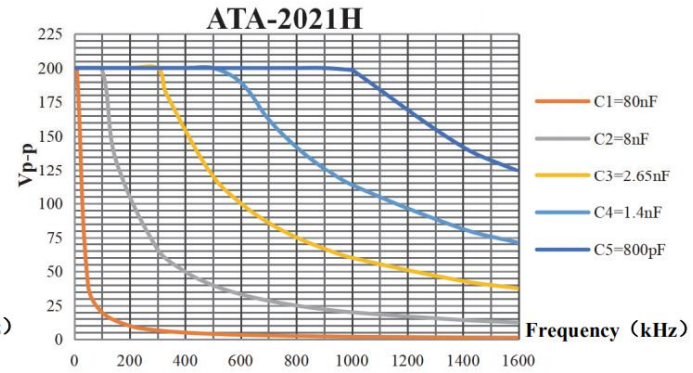
幅频特性（最大输出电压 Vpp）



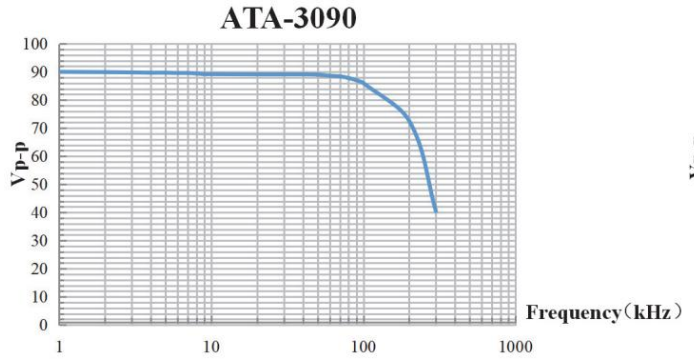
ATA-1220D 容性负载曲线图



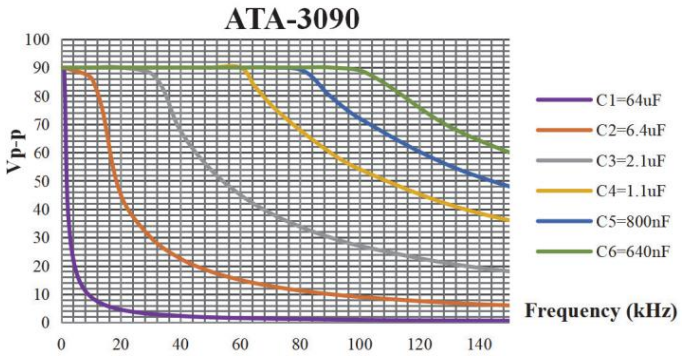
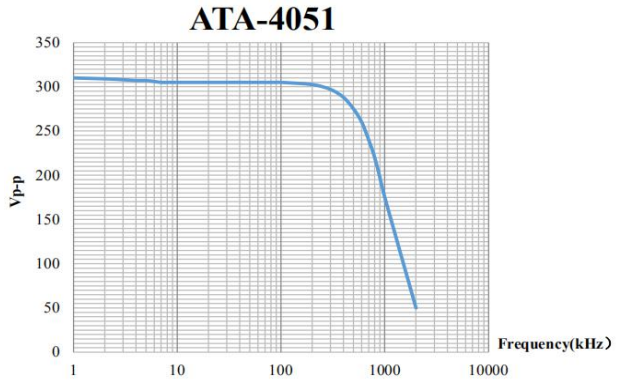
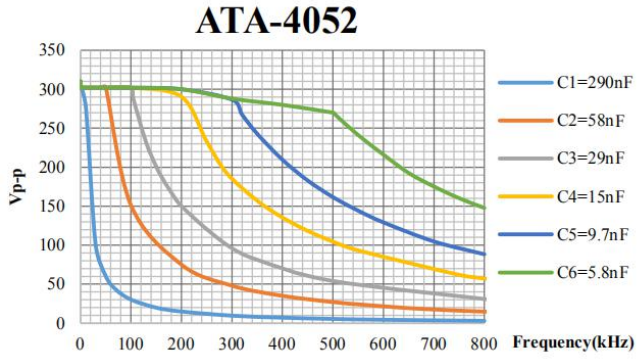
幅频特性（最大输出电压 Vpp）



ATA-2021H 容性负载曲线图



幅频特性（最大输出电压 Vpp）



ATA-3090 容性负载曲线图