

一、实验核心目的

- 颠覆性验证：在无电荷源的时变磁场中，直接测量涡旋电场对带电体的力学作用，挑战“电场是否真实存在”的百年争议。
- 理论边界探索：检验麦克斯韦方程组在瞬态强场条件下的适用性，寻找量子修正迹象。
- 技术突破：开发新型电场力学传感器，为暗物质探测、真空极化研究提供新工具。

二、实验步骤详解

阶段 1：探针系统构建（3 周）

1、带电探针制备

选用 PRC400 型原子力显微镜探针

通过扫描隧道显微镜（STM）向探针尖端注入电荷（目标： $q=10^{-15}C$ ）

用石墨烯包裹实现电荷稳定（衰减时间 >48 小时）

2、悬臂传感系统集成

将直径 5mm 的铝片焊接至悬臂自由端（焊接温度 $<200^{\circ}C$ 防止硅基变形）

在铝片表面镀制 100nm 氮化硅绝缘层（防止电荷泄漏）

阶段 2：磁场-电场耦合（2 周）

3、脉冲磁场系统搭建

使用市售高压脉冲电源（如 Behlke HTS 300kV）驱动平面螺旋线圈

参数设定：

磁场变化率 $\partial B / \partial t = 10^6 T/s$

脉冲宽度 $\tau = 10 \mu s$ （避免热效应）

4、三维磁场屏蔽

外层：2mm 厚坡莫合金筒（衰减静磁场 $>60dB$ ）

内层：超导铅膜（抑制瞬态涡流干扰）

阶段 3：力学测量（核心阶段）

5、差分测量实施

并排安装两套完全相同的探针系统

仅实验组探针置于脉冲磁场区

实时记录 $\Delta R/R$ 实验 $-R$ 对照

6、信号提取与放大

惠斯通电桥输出接入锁相放大器（参考频率=磁场调制频率）

采用两级放大：

前级：低温低噪放大器（LN2 冷却至 77K）

后级：数字锁相积分（时间常数=100ms）

阶段 4：校准与验证

7、平行板电场校准

构建间距 1cm 的铜制平行板电容器（ $E=U/d$ ）

在 $E=10^3\text{V/m}$ 下测量探针响应，建立电荷-形变标定曲线

8、量子极限验证

将系统冷却至 4.2K（液氮杜瓦）

对比常温/低温数据，分离热噪声与量子涨落