

Zolix 卓立汉光

基于 NV 色心的 ODMR 与反聚束测试分析系统

基于 NV 色心的 ODMR 与反聚束测试分析系统

NV 色心

NV 色心 (Nitrogen-Vacancy Center) 是金刚石中的一种点缺陷, 由一个氮原子替代了金刚石晶格中的一个碳, 邻近位置同时存在一个碳原子的空位, 因此被称为氮 - 空位色心。NV 色心通常具备两种电荷状态, 带一个负电荷状态的 NV 和电中性状态的 NV^0 , 其中带负电荷状态的 NV 色心具备优良的光探测磁共振性质 (文中 NV 均指 NV^-)。

反聚束效应

反聚束效应是一种量子力学效应, 它揭示了光的类粒子行为。理想的二能级系统, 电子是费米子, 根据泡利不相容原理, 电子占据激发态而尚未产生自发辐射时, 无法激发下一个电子到同一激发态。它们每次发射时间间隔和自发辐射寿命有关, 无论外界怎么激发, 该系统只能在自发辐射寿命期间发射出一个光子, 即不可能在某一时刻同时发射两个及以上数量的光子, 即单光子源。当将发光信号分成两束, 采用两个检测器同时探测, 每个光子只能被其中一个检测器探测到。即在同一时刻仅有一个检测器可以探测到光子。反聚束效应会导致两个探测器的信号在很短的延迟时间内呈现反相关 (HBT 实验)

哈恩回波

自旋回波的英文是 Spin Echoes, 自旋回波是磁共振现象中的一种信号来源, 相对于第一个射频脉冲激发后立刻出现的自由感应衰减 (Free Induction Decay), 自旋回波是通过第二个射频脉冲之后, 将失相的磁化向量重新演化而返回的信号。哈恩回波 (Hahn Echo) 是以物理学家埃尔文·哈恩来命名的, 他首次发现了自旋回波现象, 1950 年他采用两个 90° 的射频脉冲得到了这个回波, 所以狭义的哈恩回波定义为两个连续的 90° 射频脉冲产生的回波。而在广义上的延展, 哈恩回波就是自旋回波。

塞曼分裂

若把自旋磁矩不等于零的物质放到静磁场 H 中, 由于磁场 H 与自旋磁矩的相互作用, 使原子能级产生分裂, 这种分裂称为塞曼 (Zeeman) 分裂。在塞曼磁能级之间产生的受激跃迁称为磁共振。

拉比振荡

激光脉冲打入物质中引起介质上下能级粒子数周期性反转的现象成为拉比振荡, 振荡频率称为拉比频率, 此过程发生的前提条件是脉冲时间小于介质的驰豫时间, 且不考虑阻尼。这样可以理解为粒子的激发态寿命大于脉冲的作用时间。

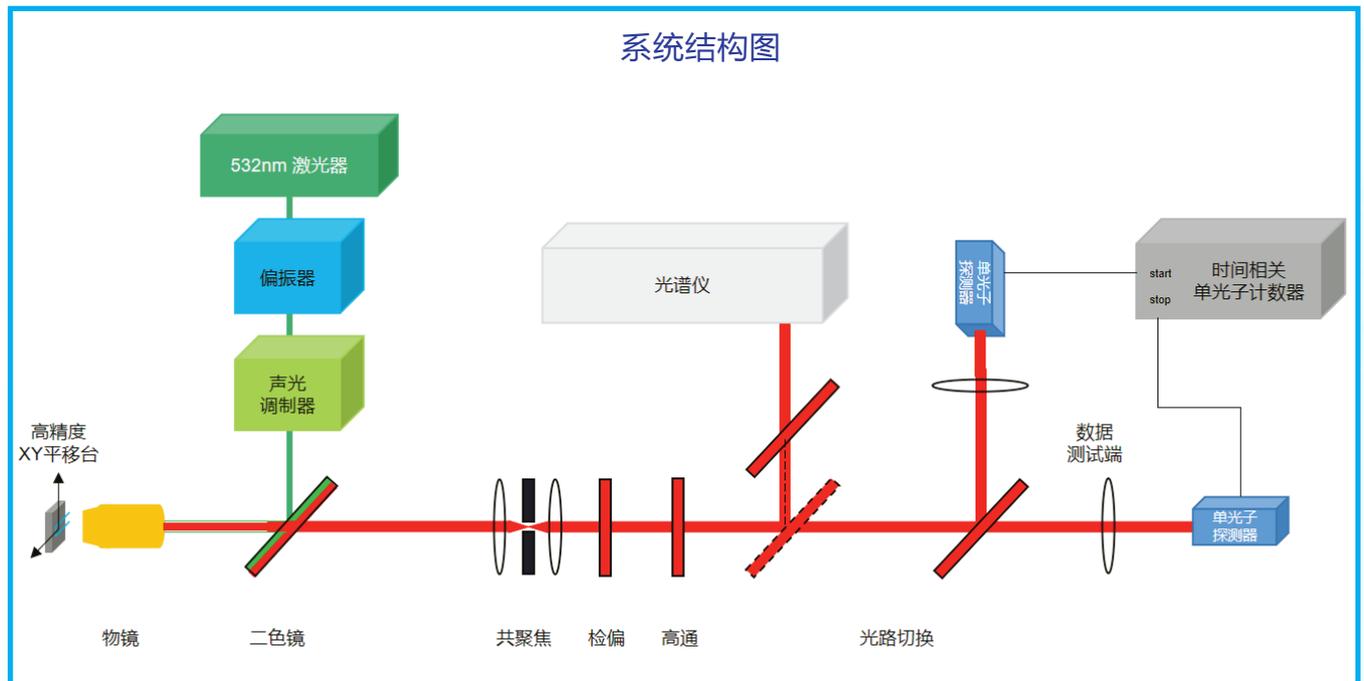
ODMR 技术

光探测磁共振 (Optically Detected Magnetic Resonance, ODMR) 是指原子、分子的光学频率的共振与射频或微波频率的磁共振同时发生的双共振现象, 用 ODMR 记录的是磁共振时对光响应的变化。ODMR 具有高灵敏度和高分辨率等优势, 与荧光、拉曼、圆二色性及闪光光解等实验技术有机地结合起来, 成为研究生物大分子 (分子量从几千到几百万) 的能态、结构与过程的有力手段。

利用金刚石氮 - 空位 (NV) 色心作为纳米尺度的“量子探针”, 结合 ODMR 技术, 可以实现纳米级的高空间分辨以及单电子自旋甚至是单个核自旋的超高探测灵敏度, 是一种新型的微观磁共振技术。其原理是通过连续激光来极化 NV 色心至某一初始态, 然后通过脉冲式微波操控量子态, 最后用激光极化 NV 色心的同时通过统计荧光光子的计数来判断 NV 色心当前所处的量子态, 利用单自旋体系对外界环境的敏感性从而得到样品的相关属性。目前, 该技术被广泛应用于纳米到微米尺度的弱磁场测量及电子自旋和核自旋的探测, 以及高空间分辨和高灵敏度的磁成像。

系统方案配置与选型

北京卓立汉光仪器有限公司结合多年的光电系统研制经验，全新推出基于金刚石 NV 色心的 ODMR 与反聚束测试技术的测试系统，可实现 ODMR 测试、光子反聚束测量等功能。



系统以金刚石 NV 色心为测试对象，首先利用高性能显微光路系统定位其在金刚石中的具体位置；进而应用 ODMR 技术对 NV 色心的 ODMR 光谱进行测试，得到塞曼分裂谱。激光照射和激发 NV 色心即可将 NV 色心调控到基态自旋态 $|0\rangle$ ，而同步使用共振微波脉冲（脉冲宽度半个拉比周期，即 π 脉冲）辐射则可以将之调控到 $|1\rangle$ 或 $|-1\rangle$ 从而实现磁共振的操控。利用金刚石中的这种氮-空穴自旋能级受塞曼效应的影响，可获得周围磁场的信息。在激光激发过程中依赖于自旋能级的荧光信号强度被用来推断自旋能级的布居。从而 NV 色心基态的自旋能级结构可以使用光泵磁共振技术进行探测。由于自旋能级间的能量间隙取决于磁场强度，所以可以通过测量共振微波的频率来测量磁场。

利用 HBT (Hanbury Brown-Twiss) 实验得到二阶自相干函数，确定是单个 NV 色心，或是多个色心的系综发光。最后，对于单一 NV 色心实施量子调控，获得拉比振荡、自由弛豫衰减、哈恩回波实验数据。

系统技术指标

设备名称	配置参数	
反聚束模块	激发源	100mW 532nm TEM ₀₀ 激光器 1-3W 532nm 单色光源
	共聚焦正置明场显微镜	5 孔物镜转盘, 标配明场用物镜 标配 10×, 50×, 100× 物镜
	扫描设备	运动行程: 75 mm × 50 mm 最小步距: 50nm (可选配高精度压电位移台)
	分光设备	320mm 焦距影像校正单色仪, 双入口、狭缝出口、CCD 出口, 配置三块 68×68mm 大面积光栅, 波长准确度: ±0.1nm, 波长重复性: ±0.01nm, 狭缝缝宽: 0.01-3mm 连续电动可调
	单点探测器	响应波长: 400nm-1060 nm; 探测效率: 65%@700 nm; 暗计数: <500 cps; 死时间: 50 ns;
	数据采集器	时间分辨率: 16/32/64/128/256/512/1024ps……33.55μs 死时间 < 10ns 最高 65535 个直方图时间窗口 瞬时饱和计数率: 100Mcps
	面阵探测器	低噪音科学级光谱 CCD (LDC-DD), 芯片: 背照式深耗尽芯片 2000x256, 像元尺寸: 15μm*15μm, 探测面: 30mm*3.8mm, 最低制冷温度 -60℃ @25℃ 环境温度, 风冷, 最高量子效率值 >95%
	系统软件	反聚束数据获取软件 / 显微光谱获取软件

设备名称	配置参数	
ODMR 模块	调制模块	信号波段: 9K-6GHz 信号发生器 功率放大: 35dB (0.6-6GHz) 最小门宽: DC-5GHz (Min 20ns)
	AOM 模块	工作区间: 400nm-850nm 有效孔径: 2.5mm X 2mm 上升 / 下降时间: 12ns
	时序控制器	6 通道内同步延时器
	系统软件	ODMR 测试专用软件

Zolix 卓立汉光

北京卓立汉光仪器有限公司

更多信息尽在卓立网站: www.zolix.com.cn

北京: 北京市通州区金桥产业基地 联东U谷中试区68号B座 | 电话: 010 56370168 | 邮箱: info@zolix.com.cn

上海: 上海市普陀区武宁路501号鸿运大厦17楼1701-1710室 | 电话: 041 64447575 | 邮箱: info-sh@zolix.com.cn

深圳: 深圳市龙华区民治梅龙路七星商业广场B1106室 | 电话: 0755 83493053 | 邮箱: info-sz@zolix.com.cn

成都: 成都市青羊区顺城街406号四川国际大厦七楼G座 | 电话: 048 84896040 | 邮箱: info-cd@zolix.com.cn

西安: 西安市高新区高新六路38号腾飞创新中心B座406室 | 电话: 049 89564755 | 邮箱: sales-xa@teo.com.cn

长春: 长春市经开区净月大街1号万豪世纪广场A座1588号 | 电话: 0431 81954963 | 邮箱: sales-cc@teo.com.cn

郑州: 郑州市中原区建设西路荣成大厦1415室 | 电话: 13910017448 | 邮箱: alex-xu@teo.com.cn