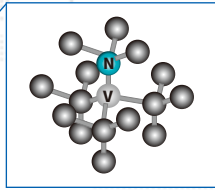


# 量子钻石单自旋谱仪

## Diamond II



# 产品介绍



金刚石内氮空位结构:NV色心

量子钻石单自旋谱仪是一台基于NV色心的以自旋磁共振为原理的量子实验平台,通过控制光、电、磁等基本物理量,实现对钻石中氮—空位(NV色心)发光缺陷的自旋进行量子操控与读出,与传统顺磁共振、核磁共振相比,具有初态是量子纯态,自旋量子相干时间长,量子操控能力强大,量子塌缩测量实验结果直观等独特优势。

带有负电的NV色心具有优良的量子特性。当施加532 nm的绿色激光,电子从基态跃迁到激发态。从激发态衰减到基态的过程中,会发出红色荧光。 $m_s=0$ 态的荧光强度比较强,而 $m_s=\pm 1$ 态发出的荧光比较弱,可以通过荧光强度区分自旋状态。

室温大气  
条件运行

多比特  
量子计算平台



单自旋灵敏度、纳  
米空间分辨率的  
磁共振谱学设备

# 产品优势

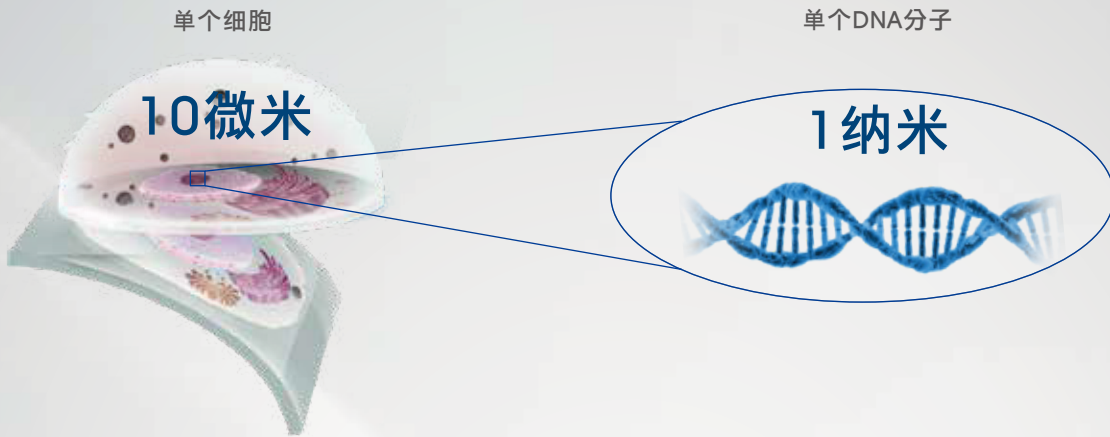
**1** 完善的金刚石探针制备技术,包括超纯金刚石的生长、离子注入和微纳加工工艺,掌握制备长相干时间、高稳定度金刚石量子探针的核心工艺。

**2** 超高空间分辨率,可实现纳米级尺度磁场、电场、温度的量子精密测量。

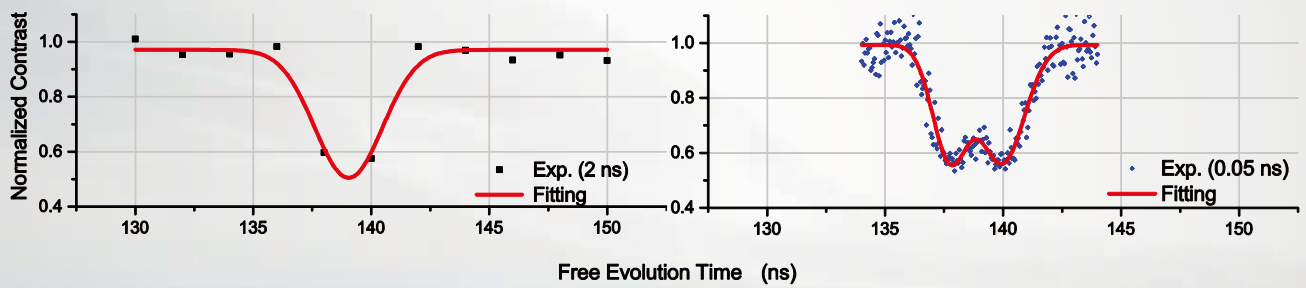
**3** 高保真度量子自旋态调控技术,自主研发的具备50皮秒时间精度宽带高功率微波调制部件,实现对自旋低噪声、高效、快速的量子相干操控。

**4** 可进行长时间无人值守实验,智能化仪器控制与信号采集系统,包括光路自动校准,磁场自动调节等。

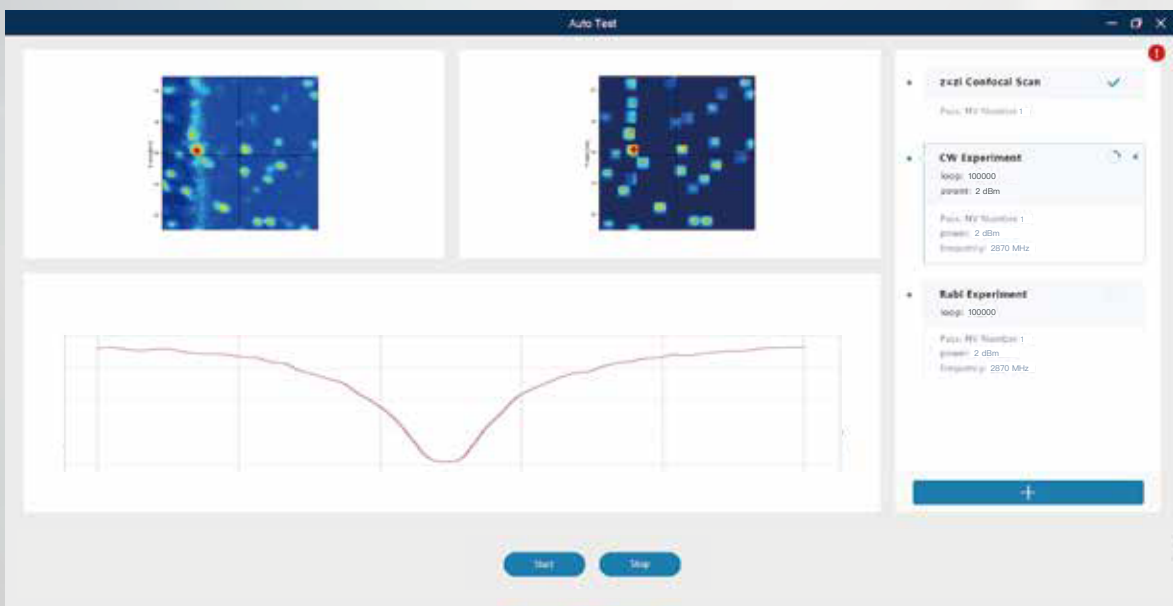
► 实现单自旋灵敏度, 纳米级分辨率的磁共振谱学方法



► 50皮秒时间精度, 超高谱线分辨率, 高保真度量子自旋态调控



► 智能化仪器控制与信号采集系统



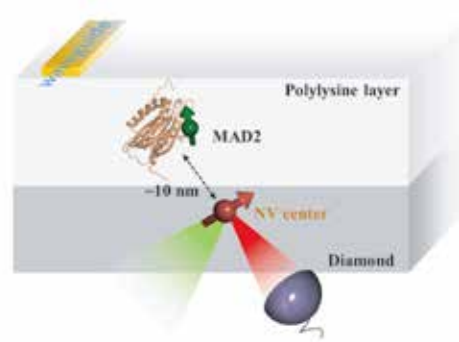
# 产品应用方向

## 量子钻石单自旋谱仪在谱学分析及结构解析中的应用

量子钻石单自旋谱仪可应用于解析生物大分子的结构与功能、单分子成像、亚细胞成像、细胞分选等领域，测量尺度横跨纳米到微米量级。

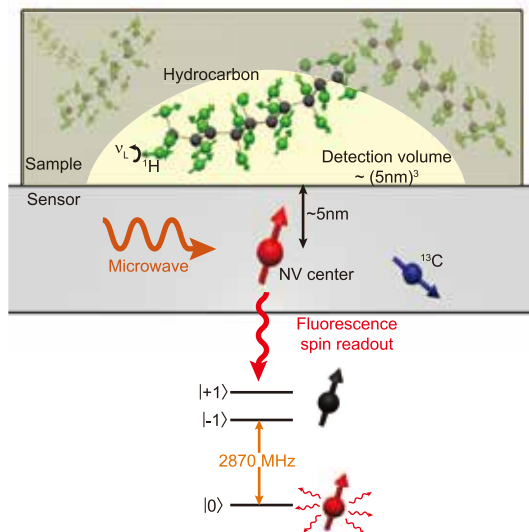
### 单蛋白等单分子电子顺磁共振

利用NV色心与外界电子自旋的相互作用，实现了在室温大气环境下，单个蛋白质分子的电子顺磁共振谱学研究。实现纳米尺度甚至单自旋水平对微观物质单元的检测，可以获取被系统统计平均所掩盖的个体信息，从而更本质地理解物质的结构与性质。



### 纳米尺度核磁共振

单分子核磁共振领域，这几年进展飞速。2016年，运用该技术测到单个蛋白整体的核磁共振谱图；目前，随着技术的发展，化学位移分辨率得到极大提高，已可实现 1 Hz 的分辨率 (pL 量级样品)，实现单个细胞尺度的核磁共振。

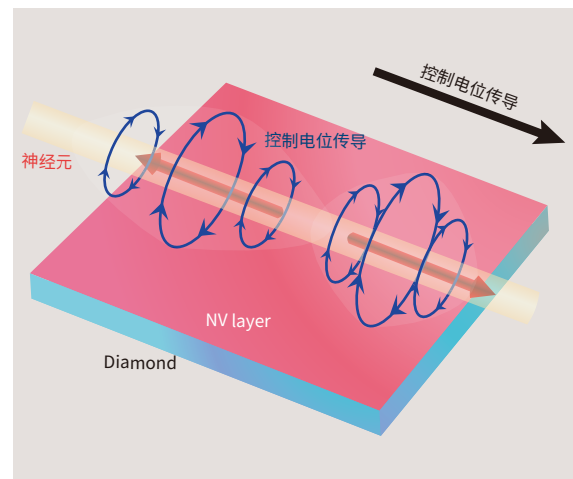


### 活体细胞温度、磁场、动作电位探测

应用含NV的金刚石纳米颗粒实时跟踪活体细胞，可实现纳米尺度的局部温度测量，从而监测癌细胞等活性状态时候的局部温度变化，反馈其生理状况。

应用NV色心，实现蠕虫单个神经元动作电位的探测，为该技术在神经科学领域的应用奠定了基础。

应用NV色心的测磁特性，实现对趋磁细菌的磁场成像。



#### 参考文献

1. Aslam, Nabeel, et al. "Nanoscale nuclear magnetic resonance with chemical resolution." *Science* 357.6346 (2017): 67-71.
2. Staudacher, Tobias, et al. "Nuclear magnetic resonance spectroscopy on a (5-nanometer) 3 sample volume." *Science* 339.6119 (2013): 561-563.
3. Lovchinsky, Igor, et al. "Nuclear magnetic resonance detection and spectroscopy of single proteins using quantum logic." *Science* 351.6275 (2016): 836-841.
4. Barry, John F., et al. "Optical magnetic detection of single-neuron action potentials using quantum defects in diamond." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113.49 (2016): 14133-14138.
5. Le Sage, David, et al. "Optical magnetic imaging of living cells." *Nature* 496.7446 (2013): 486.
6. Kucsko, Georg, et al. "Nanometre-scale thermometry in a living cell." *Nature* 500.7460 (2013): 54.

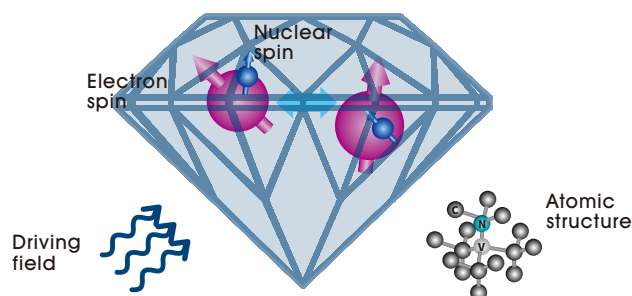
# 量子钻石单自旋谱仪在量子计算中的应用

## 量子计算

量子计算是指利用量子力学现象,研究计算系统,来执行数据操作。执行量子计算任务的机器即是量子计算机。

## 金刚石NV色心作为量子比特

金刚石中的NV色心自旋,室温大气条件下,即可以被高效率的初始化、操控和读出,并且具备长的相干时间,是理想的量子比特。



## 量子计算应用示例

### ◆ 高保真度量子控制

利用微波脉冲可以控制NV色心自旋态的翻转,从而构成量子逻辑门。通过精巧的设计脉冲序列,可以使得单比特量子逻辑门操作保真度达到99.99%。这是目前单比特量子逻辑门保真度的记录,并且达到了容错阈值。

### ◆ 量子算法

量子算法利用量子力学许多基本特性,如相干叠加性、并行性、纠缠性、测量坍缩等等,这些纯物理性质为计算效率的提高带来极大帮助,形成一种崭新的计算模式——量子算法。

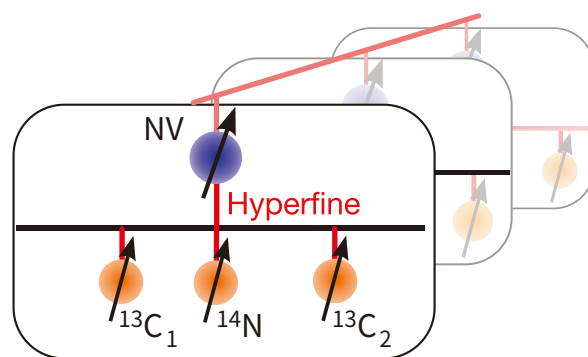
利用NV色心体系,演示了D-J算法,大数分解算法等,向实现室温量子计算机迈出了重要一步。

### ◆ 量子纠错

不管在经典计算还是量子计算中,错误总是不可避免。在经典的信息处理中,常采用编码的方式降低错误发生的概率。类似的,在量子计算中,也可以通过量子纠错降低错误发生的概率。金刚石中的电子自旋可以被快速操作,而核自旋具备更长的相干时间。利用金刚石NV色心电子自旋与近邻核自旋组成的杂化体系,演示了量子纠错过程,向解决量子计算可扩展性问题迈出了关键一步。



金刚石NV色心作为量子比特,运行大数分解算法



金刚石中NV电子自旋与近邻核自旋组成的量子处理器示意图

### 参考文献

- 1.Waldherr, Gerald, et al. "Quantum error correction in a solid-state hybrid spin register." Nature 506.7487 (2014): 204.
- 2.Rong, Xing, et al. "Experimental fault-tolerant universal quantum gates with solid-state spins under ambient conditions." Nature communications 6 (2015): 8748.
- 3.Shi, Fazhan, et al. "Room-temperature implementation of the Deutsch-Jozsa algorithm with a single electronic spin in diamond." Physical review letters 105.4 (2010): 040504.
- 4.Xu, Kebiao, et al. "Experimental adiabatic quantum factorization under ambient conditions based on a solid-state single spin system." Physical review letters 118.13 (2017): 130504.

# 性能参数

## 微波部分

|        |                   |
|--------|-------------------|
| 微波输出频段 | 0.7 – 4 GHz       |
| 微波输出功率 | 10 W (typical)    |
| B1 场强度 | 5 Gauss (typical) |

## 高精度任意波形发生器

|     |              |
|-----|--------------|
| 采样率 | 1 GSa/s      |
| 带宽  | DC - 200 MHz |
| 通道数 | 2            |

## 脉冲控制部分

|      |                 |
|------|-----------------|
| 时序精度 | 1 ns            |
| 最小脉宽 | 5 ns            |
| 最大脉宽 | 2.5 s           |
| 脉冲个数 | 25000 (typical) |
| 通道数  | 8 (typical)     |

## 光学部分

|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
| 激发光波长 | 532 nm                               |
| 激发光功率 | 10 mW (typical)                      |
| 开关比   | 50 dB (typical)                      |
| 扫描范围  | 180×180×90 $\mu\text{m}^3$ (typical) |
| 荧光收集  | 650-800 nm                           |
| 探测器   | 单光子探测器                               |

## 超高精度脉冲时序模块

|       |              |
|-------|--------------|
| 时间分辨率 | 50 ps        |
| 通道数   | 8 个          |
| 脉冲个数  | 10,000,000 个 |

## 磁场部分

|      |                |
|------|----------------|
| 磁场范围 | 50 – 550 Gauss |
|------|----------------|



国仪量子(合肥)技术有限公司  
CHINA INSTRU & QUANTUMTECH (HEFEI) CO., LTD



400-0606-976



0551-63367168



<http://www.ciqtek.com>



合肥市高新区创新产业园二期 E2 楼



[gylz@ciqtek.com](mailto:gylz@ciqtek.com)

