



ELEXSYS-II E 500

- 电子顺磁共振研究平台

Innovation with Integrity

CW-EPR

ELEXSYS-II E 500

电子顺磁共振是在自然科学领域使用的一种多功能工具。这种方法固有的高灵敏度，使得对顺磁中心的检测能达到纳摩尔浓度级别。这种非破坏性检测技术是开展化学、生物学、物理学和材料科学的研究的理想研究工具。

过去、现在与未来

ELEXSYS EPR系列于1996年在“落基山分析化学大会”上推出，是先进、现代化的电子顺磁共振研究平台。通过与全球领先研究机构的密切合作，Bruker将ELEXSYS系列的技术推到了最高水平。ELEXSYS涵盖电子顺磁共振领域的几乎所有已知应用。

第二代脉冲设备SpecJet-II和PatternJet-II于2006年推出。就在最近，DICE-II ENDOR面世，推出了多种新功能。

系统架构也实现了重大变化，其目的是推出全新ELEXSYS-II系列。OS9硬件采集服务器已被软件服务器所取代，SuperX微波桥经过重新设计，其质量指标进一步得以改进。

新型多功能信号处理单元(SPU)在ELEXSYS-II的功能扩展中发挥核心作用。SPU以一个集成式单元取代信号通道、快速数字化仪和快速扫描，能提供前所未有的性能、质量指标和新开发的采集模式的灵活性。



生物

结构生物学
功能生物学
光合作用
生物医学

物理

半导体
高分子科学
量子计算
表面科学

化学

催化剂
无机/有机化学
分子磁学
燃料电池

如果仪器接入了网络，那么系统现在完全可从EPR中心办公室进行远程控制，实现仪器检查，增强协助能力。

对高级电子顺磁共振研究工具的预期，远远超出单个硬件单元的性能。往往需要多个系统协同工作，才能顺利完成实验。ELEXSYS设计理念的一部分就是，把单个的部件集成到一起，满足电子顺磁共振的需求，并相互匹配，确保最佳性能。

Xepr前端软件凸显了ELEXSYS-II的理念，而且指导无经验或经验丰富的用户完成简单或非常复杂的实验。得益于我们仪器的非凡稳定性，可实现确保最高精度的7天24小时连续的例行操作，甚至在低温模式下也毫无问题。

ELEXSYS-II是EPR谱仪的另一个重要里程碑，不仅面向当今的应用，同时还能迎接未来的挑战。

ELEXSYS-II 平台

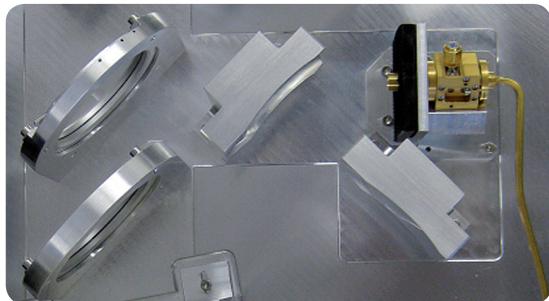
ELEXSYS-II提供了一个能集合所有现代化电子顺磁共振技术的平台。该系统支持CW和FT模式，1到263GHz的多频电子顺磁共振，以及面向动物研究或材料科学的电子顺磁共振成像。多共振是最近推出的DICE-II单元的主导优势，DICE-II是一种强大的电子-核双共振/三共振硬件设备。

E500亮点和标准特性

- SuperX微波单元，全球最高灵敏度
- 超高分辨率场控制器
- 数字快速场扫描模块
- 稳态和时间分辨实验
- 多功能信号处理单元
- 无需标样的定量计算
- Xepr软件包



E 580



E 780准光学前端

平台成员

- E 540成像系统
- E 500T瞬态EPR
- E 580 CW/FT波谱仪
- E 600/680 W波段谱仪
- E 780毫米波EPR (263 GHz)



E 540



E 680

	L-Band	S-Band	X-Band	K-Band	Q-Band	W-Band	mm-wave
CW-EPR	■						
FT-EPR	■	■	■	■	■	■	
CW-ENDOR		■		■			
Pulse-ENDOR		■		■			
Pulse-ELDOR	■	■	■		■	■	
Imaging	■	■					
Saturation recovery	■	■	■				
Rapid scan	■	■	■	■			
Transient EPR	■	■	■		■	■	
ODMR					■	■	

SuperX 微波单元

X波段ELEXSYS-II具备SuperX特性，可达到极限灵敏度。SuperX由精心挑选的大功率、超低噪声的双耿式源微波桥和超高Q值谐振腔组成。这些装置的有机组合使得X波段连续波EPR在灵敏度方面有了数量级的提高。对于传统灵敏度测量模式，以弱煤为标样，E500连续波EPR波谱仪的信噪比可达到3000:1。

超高Q值探头(SHQE)

- 光学窗口，标配
- 针对最高700 K温度的散热边盘，可选
- 单峰参考标样，可选

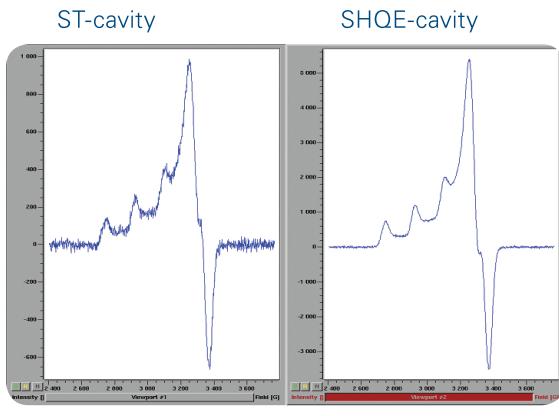


SuperX 微波单元

- 集成控制器
- 集成频率计
- 90 dB衰减标准，可选
- 6.5 MHz接收机带宽 (30 ns时间分辨率)
- 完全校准的信号幅度—无需标样的定量计算的先决条件
- 80 MHz电子调谐，带缩放功能，确保对高Q值和低Q值谐振腔的最佳控制
- 高保真AFC

微波桥可选项

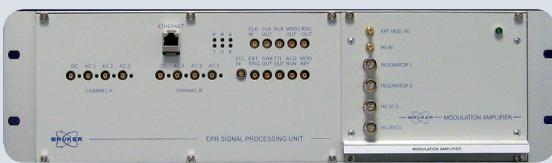
- 吸收谱和色散谱检测
- 200 MHz 带宽瞬态检测的接收器



20 K, 20 dB Cu²⁺ 组氨酸, 0.5 mM

信号处理单元(SPU)

SPU是高度集成的装置，提供现代化CW-EPR的所有采集模式。甚至是标准范围之外的电子顺磁共振实验，也可通过8个输入通道和许多触发模式轻松掌控。X轴和Y轴上的极大动态范围可简化用户交互，因此过去的许多微调操作就无需再进行。



SPU 特性总结

应用套件是针对各种应用优化的一整套计划和协议。

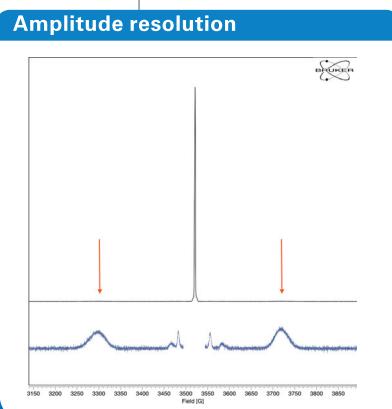
- 数字锁定（能同时检测多达5种模式谐波）
- 同时检测0度和90度调制相
- 调制频率最高可达1MHz
- 双通道，支持同步吸收谱和发散谱测量
- 快速扫描斜波发生器和检测系统（可进行调制和直接检测）
- 瞬态记录仪，具有14位单次振幅分辨率和8纳秒时间分辨率
- 预定义和用户定义的通道
- 输入通道，支持交流与直流耦合
- 内部和外部触发器
- 场和时间轴上256000个采集点
- 瞬态时间轴上65536个采集点



安装在磁极面上的快速扫描线圈

快速扫描模块在100 kHz调制频率时具有高达200 G的扫描范围和200 Hz的扫描速率。

在快速扫描vs时间模式下，还可监测全波谱的快速动态演化



32位振幅分辨率支持在单次扫描中同时测量非常小和非常大的信号。谱图的数字缩放，会显示出所有细节。示例显示石英中E⁺心的谱图，其中，最大与最小谱峰信号强度之比为750。

磁场

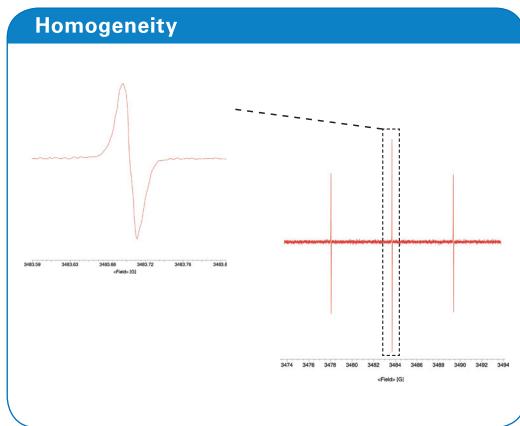
EPR的磁体系统包括一个电磁铁、一个电源以及一个配备霍尔传感器的磁场控制器，用于测量并控制磁场。我们的磁体系统针对EPR信号采集进行了优化。这意味着像均匀性、均匀体积、稳定性和扫描范围等是开发、生产和测试过程中的所考虑的重点参数，譬如，磁场均匀体积针对样品管和扁平池（EPR中最常见的样品容器）进行了优化。

磁场均匀性

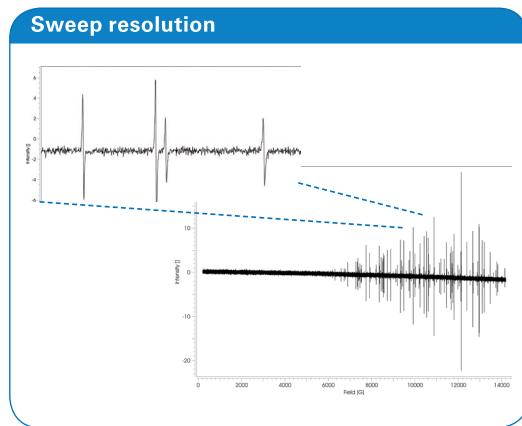
10英寸磁铁具有沿样品管轴
22毫米长的10 mG均匀性。

磁场控制器的扫描范围和分辨率

霍尔控制器在-18 kG到+18 kG的范围进行了校准，精度优于500 mG。可单次扫描全部磁场范围，同时分辨率最高达256,000个点。



¹⁴N@C₆₀ 溶液
尺寸为直径3 mm和长度15 mm，
显示线宽为15 mG



在减压下空气中氧气的
Q波段波谱。14 kG扫描范围，
80 mG扫描分辨率

ER 036TM 特斯拉计

最高精度的磁场测量通过NMR特斯拉计来实现。特斯拉计是一个设计紧凑的1H NMR波谱仪，分辨率为1 mG，单探头，操作范围从1.5到15 kG。特斯拉计完全集成到Xepr测量例程中。

ER 033D 场频锁

ER 033D场频锁定利用特斯拉计和频率计确立g因子稳定的测量条件。
推荐用于窄线、长采集时间和ENDOR实验。

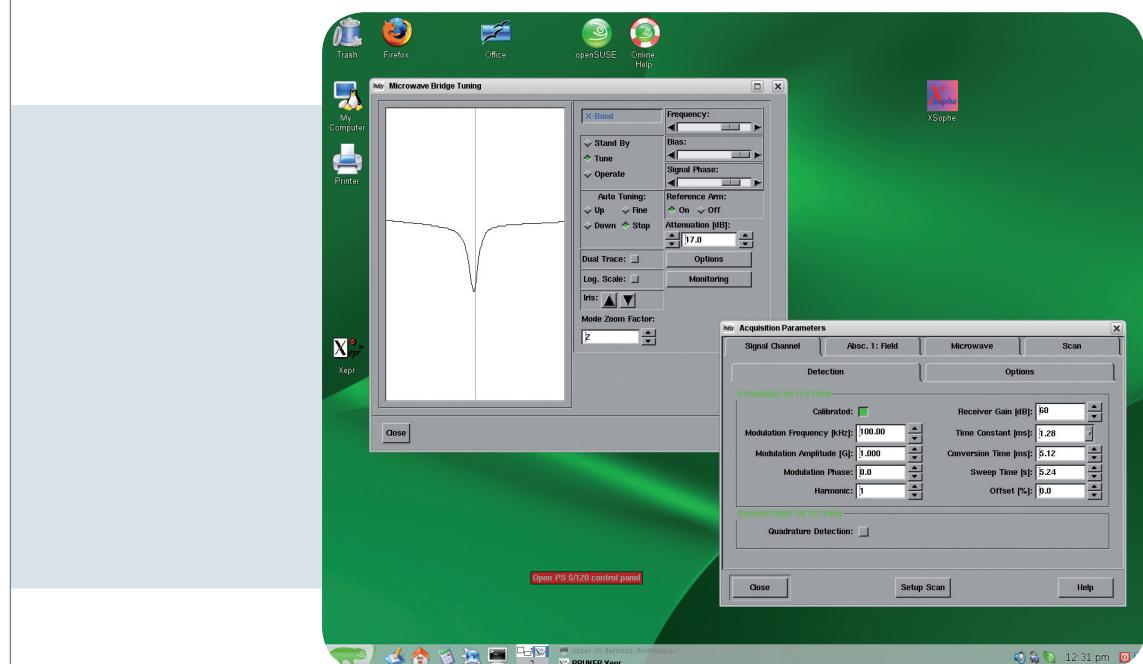
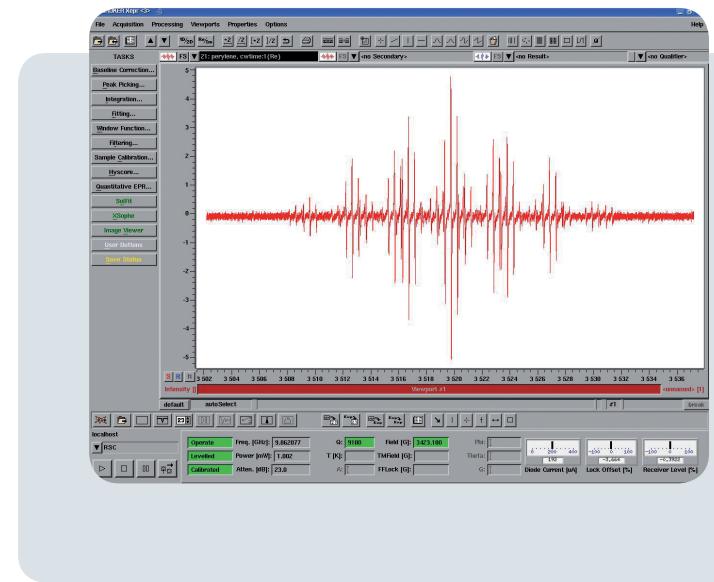
磁体和电源的不同组合可匹配不同的需求和预算。用户可根据最大磁场、磁间隙、均匀性和重量选择磁体系统。所有的ELEXSYS-II磁体均配备快速扫描线圈。9.5英寸和10英寸磁体均可配备全新12 kW双极电源。与全双极校准的磁场控制器一起，磁体可在一次扫描中从最大负值扫描到最大正值。

Xepr—谱仪控制和信号采集

Xepr软件包支持实验设计和系统控制，可实现前所未有的灵活性和易用性。无论是处理简单的CW实验，还是复杂的多重共振二维实验，Xepr的用户图形界面可轻松进行仪器控制、实验定义及执行。

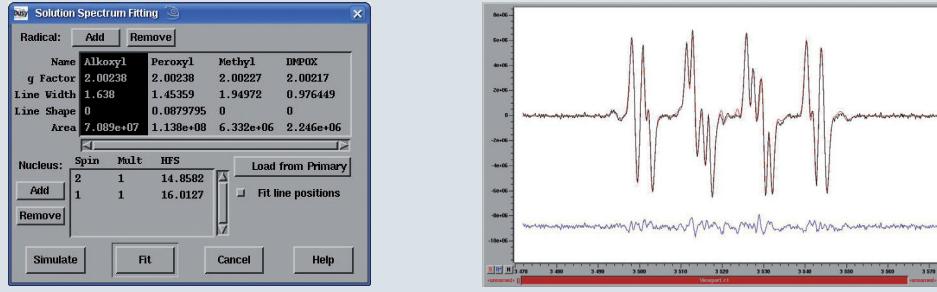
所有仪器参数的状态持续受到监控，并且实验的所有参数均与数据集存储在一起。因此，任何实验均可进行复制，并与全球各地的其他机构共享。

多次记录单个EPR波谱，是一系列实验中的第一步。Xepr可进行大量全自动二维实验，以便更深入地了解样品属性。例如，通过自动调节连续功率变化实现的二维功率饱和曲线，来保证整个实验中参数的适当选择。Xepr的不同采集特性在封底的图中进行了描述。

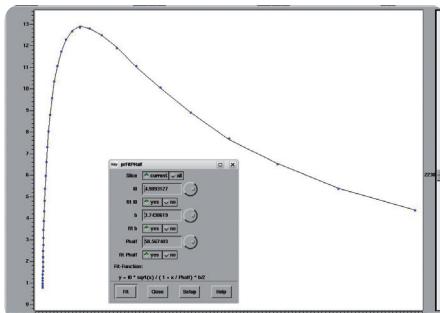


Xepr—数据处理和分析

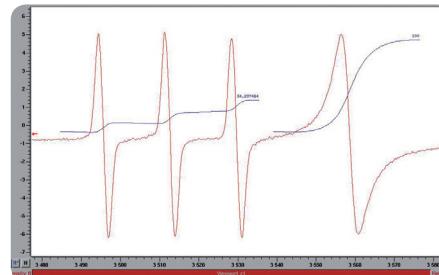
Xepr提供多种工具，用于处理并分析各种各样的实验数据。无论您是希望进行基线校正、二次积分计算、峰值检测、 $P_{1/2}$ 匹配，还是计算样品中的自旋数，所有分析工具都是触手可及的，并可在执行时不干扰正在进行的实验。此外，可生成用户定义的处理宏，以最大限度减少重复实验中的繁琐工作。



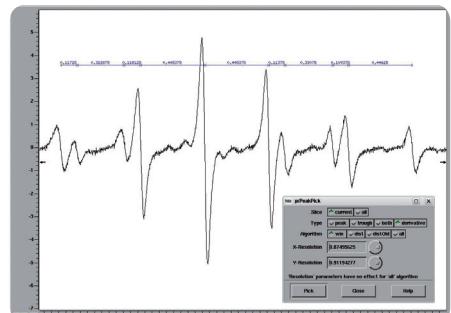
通过输入参数进行实验波谱的拟合，全新自旋捕获程序“SpinFit”支持对自旋加合物的分解和量化。
示例显示将4个自旋加合物拟合到一个波谱。同时也显示了差谱。



$P_{1/2}$ 用于分析饱和曲线



EPR定量分析。
例如，E 4100MK单峰参考标记。
根据峰峰值或二重积分分析，
可进行相对定量。



带峰距测量的谱峰标定

专用探头

标准超高Q值谐振腔或探头是面向所有类别样品和自旋系统的最佳选择。不过，在某些情况下，专用谐振腔可能是更好的选择，比如，如果只有少量样品，大容量谐振腔就不是最佳选择。

独特的X波段谐振腔

ER 4123D, 自旋标记谐振腔, 仅需3 μl 的样品量

ER 4116DM, 双模谐振腔, 用于研究自旋S $> 1/2$ 体系的禁戒跃迁

ER 4117MX, 混合谐振腔, 3 μl 有效容积

ER 4103TM, 圆柱形谐振腔, 用于大号扁平池

ER 4108TMHS, 紧凑的TM模腔, 仅20 mm宽。专为二维大功率梯度体系而设计

ER 4102ST, 标准的矩形腔, 支持瞬态EPR, 70 ns的时间分辨率

ER 4105DR, 双谐振器, 用于定量EPR

ER 4104OR, 光传输谐振器

ER 4114HT, 高温腔, 用于高达1300 K的温度

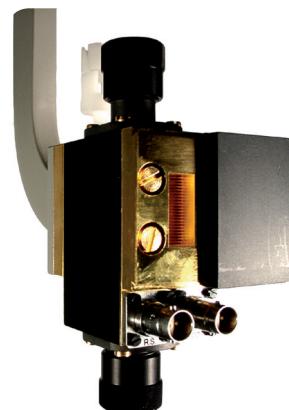
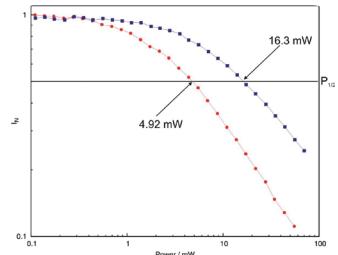
Flexline, 支持从L到X波段的高填充因数谐振腔的产品系列



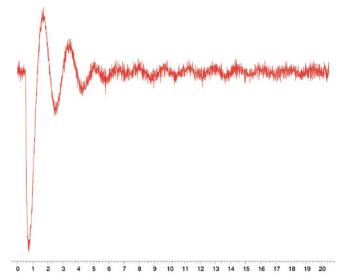
ER 4123D

10 μM TEMPOL水溶液的饱和曲线, 通过ER4123D谐振腔测得。

空气或氮气环境下分别是16.3 mW和4.92mW的 $P_{1/2}$ 。



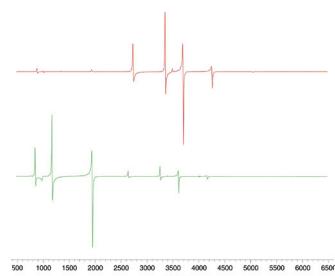
ER 4102ST



瞬态EPR实验中, 在ER 4102ST腔9 dB微波衰减下观测到的光激发三重态的Rabi振荡谱线



ER 4116DM



允许跃迁 (上) 和禁止跃迁 (下),
ER 4116DM谐振器在低温时观测
的谱线

多频附件

多频EPR的主要功能是，解除依赖于磁场的项与独立于磁场项的纠缠关系。可以增加某些相互作用的分辨率，对扩散效应可简化谱图或改变灵敏度视窗。Bruker BioSpin电子顺磁共振产品系列的微波频率范围跨越两个数量级，从1 GHz到263 GHz。对于每个波段，提供特定的谐振腔，用于特定的应用。

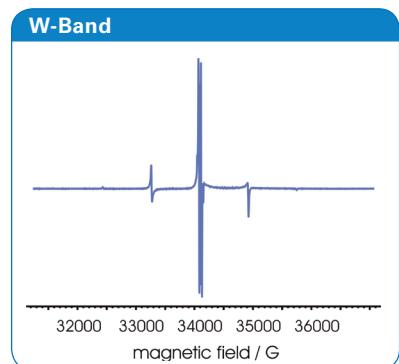
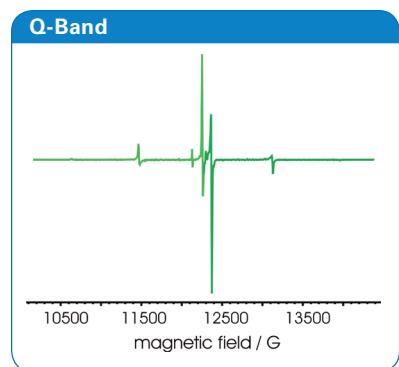
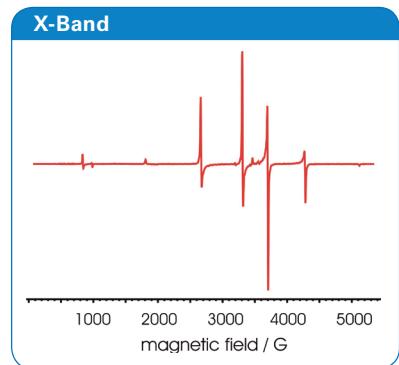
- L波段, 1 GHz,
配动物研究探头和谱仪
- S波段, 3.6 GHz,
用Flexline探头
- X波段: 大约9.8 GHz,
最常用的频率
- 24 GHz , K波段,
附VT探头
- 34 GHz, Q波段,
附支持EPR/ENDOR和光激发的VT探头
- 94 GHz的W波段,
附支持EPR/ENDOR和光激发的VT探头
- 263 GHz的毫米波,
附共振和非共振VT探头



Q-波段探头



E 600-1021H
W-波段探头



$\text{CsAl}(\text{SO}_4)_2$ 中 $1\% \text{ Cr}^{2+}$ 的多频EPR，显示
谱图随频率增加逐步简化

ENDOR 附件

ENDOR (电子-核双共振) 是确定电子-核超精细相互作用的一种非常有价值的技术。该技术可大大简化复杂的电子顺磁共振谱图。此外，如果由于非均匀性增宽导致EPR谱呈现结构混乱现象，结合ENDOR方法则可以提高谱图的分辨率。

E 560D DICE-II

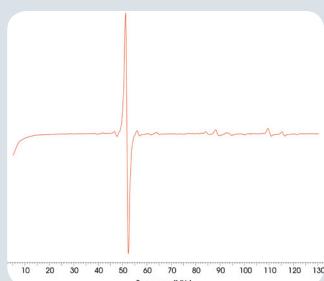
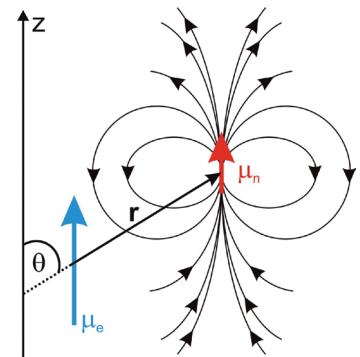
ELEXSYS产品系列新开发的ENDOR系统涵盖的频率范围从1至650 MHz。

系统组件包括：

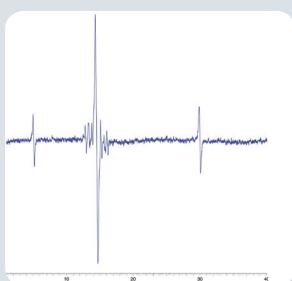
- ENDOR/TRIPLE射频发生器
- ENDOR低温杜瓦
- CW-ENDOR谐振腔 (X-或Q波段)
- FM和AM、ENDOR、TRIPLE、EIE数据采集软件
- PNT ENDOR测试样品
- 水冷50欧姆负载
- 支持射频放大器的选件
- 可选的场频锁定



机架配备DICE-II
射频单元和ENDOR放大器



丙氨酸粉末
Q波段低温ENDOR谱



丙二酸单晶
X波段1H ENDOR波谱



EN 801X-波段
CW ENDOR谐振腔



EN 250VTDJ
液氮ENDOR杜瓦



EN 260HVDJ
液氦ENDOR杜瓦

用于不同样品形态的附件

不同类别的样本和不同类型的研究需要额外的附件。比如，变温系统用于分析随温度变化的样本性质，或者计算机控制的转角器，可用于自动地，精确旋转单晶的角度。所有配件均无缝集成到ELEXSYS-II硬件和软件中。

ER 4131VT

液氮变温系统，
100至1300 K范围。



ER 4131VT系统的控制器

ER 4112HV系统的控制器

ER 4112HV

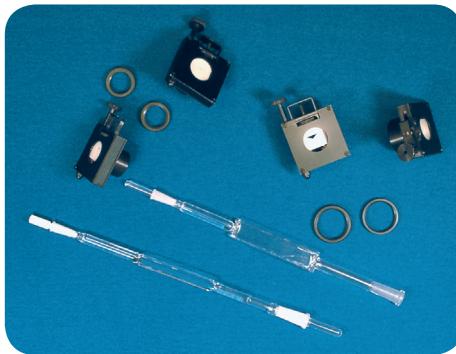
液氦变温系统，
1.8至300 K范围。

系统也可配置低温恒温器用于Flexline探头以及K波段、Q波段、W波段和毫米波谐振腔。

我们的液氮和液氦VT装置完全集成到
Xepr软件，并具有低功耗和高稳定性特点。

ER 4110AX AquaX

多孔毛细管(4或19)样品池，
用于水溶液样品的EPR定量分析



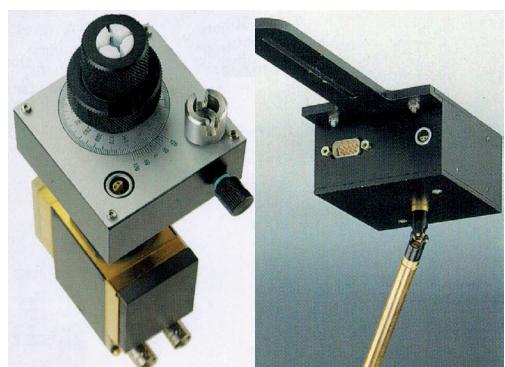
水溶液样品池和支架



SHQE腔的
液氦低温恒温器

ER 203UV

150 W紫外辐照系统，配汞灯或
氘灯，并可选配导光管、快门、斩
波器和水滤光器。

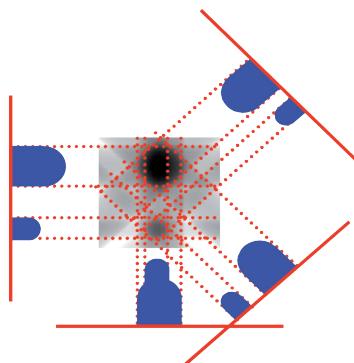


用于单晶研究的ER 218PG1
可编程转角器，分辨率1/8度

磁场梯度

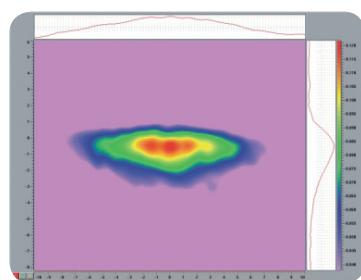
标准EPR都会对磁体进行优化，以实现尽可能最佳的均匀磁场。对于成像EPR，在均匀场上又叠加一个线性梯度场，以实现很好的空间编码。EPR成像可得到顺磁性物质的空间分布及其EPR参数。比如，我们可测量每个立体像素内的EPR线宽，确定组织内的局部氧压。成像配件包括二维或三维水冷梯度线圈、电源、梯度控制器和支持最高四维成像的采集及处理软件。

在成像实验中，谱仪会沿不同的梯度方向记录波谱的剖面图。然后，在背投程序重建剖面图从而形成空间图像。



E 540GCL

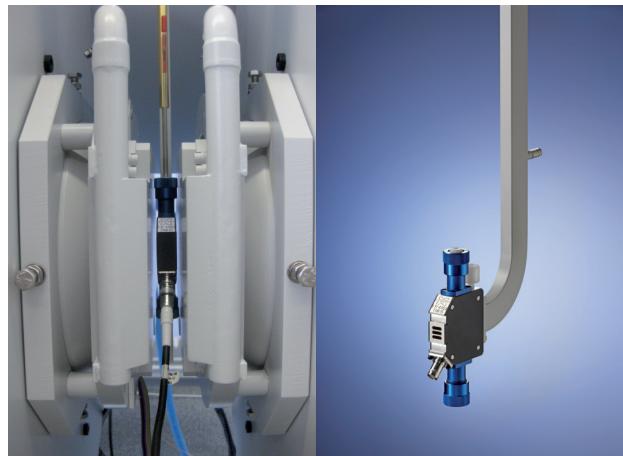
- 3D梯度, 40 G/cm, 支持X波段和L波段
- 兼容ER 073W和E 540M磁体



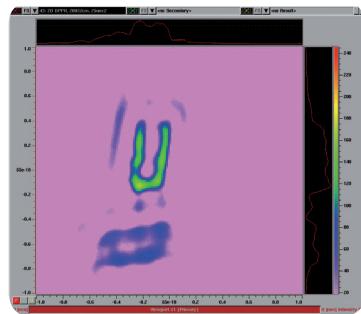
L波段表面线圈的
灵敏度剖面

E 540GCX2

- 二维梯度, 200 G/cm
X波段成像功能
- 兼容ER 073磁性材料
- 25毫米磁间距
- ER 4108TMHS谐振腔
- 兼容ER 4112HV液氦
低温系统



ER 4108TMHS



两个DPPH 晶体的
成像图, 25um的空
间分辨率

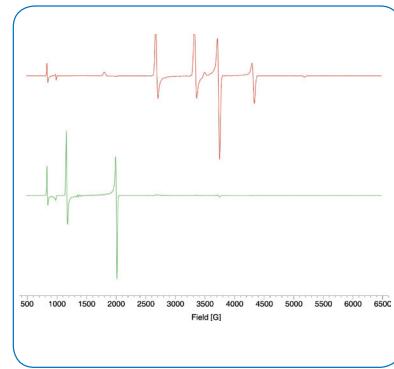
XSophe: 谱图模拟和优化

XSophe是专门为科学的研究者提供的一种易用的分析工具，用于模拟和分析各向同性，无规取向，及单晶的CW-EPR谱。

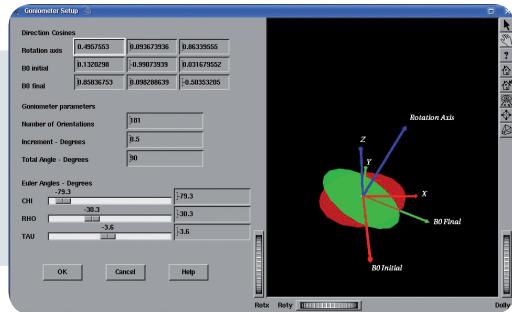
XSophe图形用户界面支持自旋体系定义，设置仪器参数及选择优化算法。模拟谱被自动转移到Xepr，以进行进一步分析和处理。

样品的磁性及其他特性

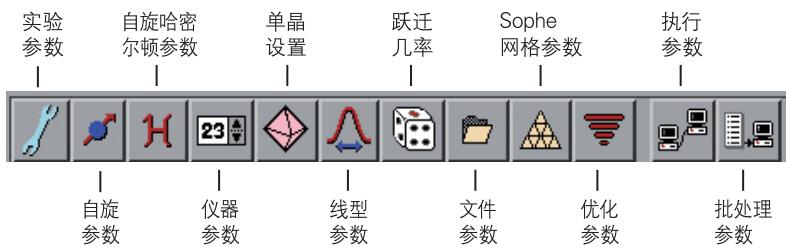
- G张量
- 超精细耦合
- 线宽模型
- 单晶线路图
- 温度变化



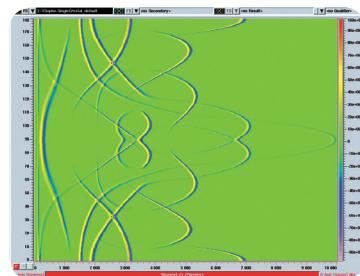
通过XSophe模拟粉末样品
S=3/2的允许跃迁(上)
和禁止跃迁(下) 谱图
(实验数据, 见第10页)



单晶模拟参数
输入的菜单

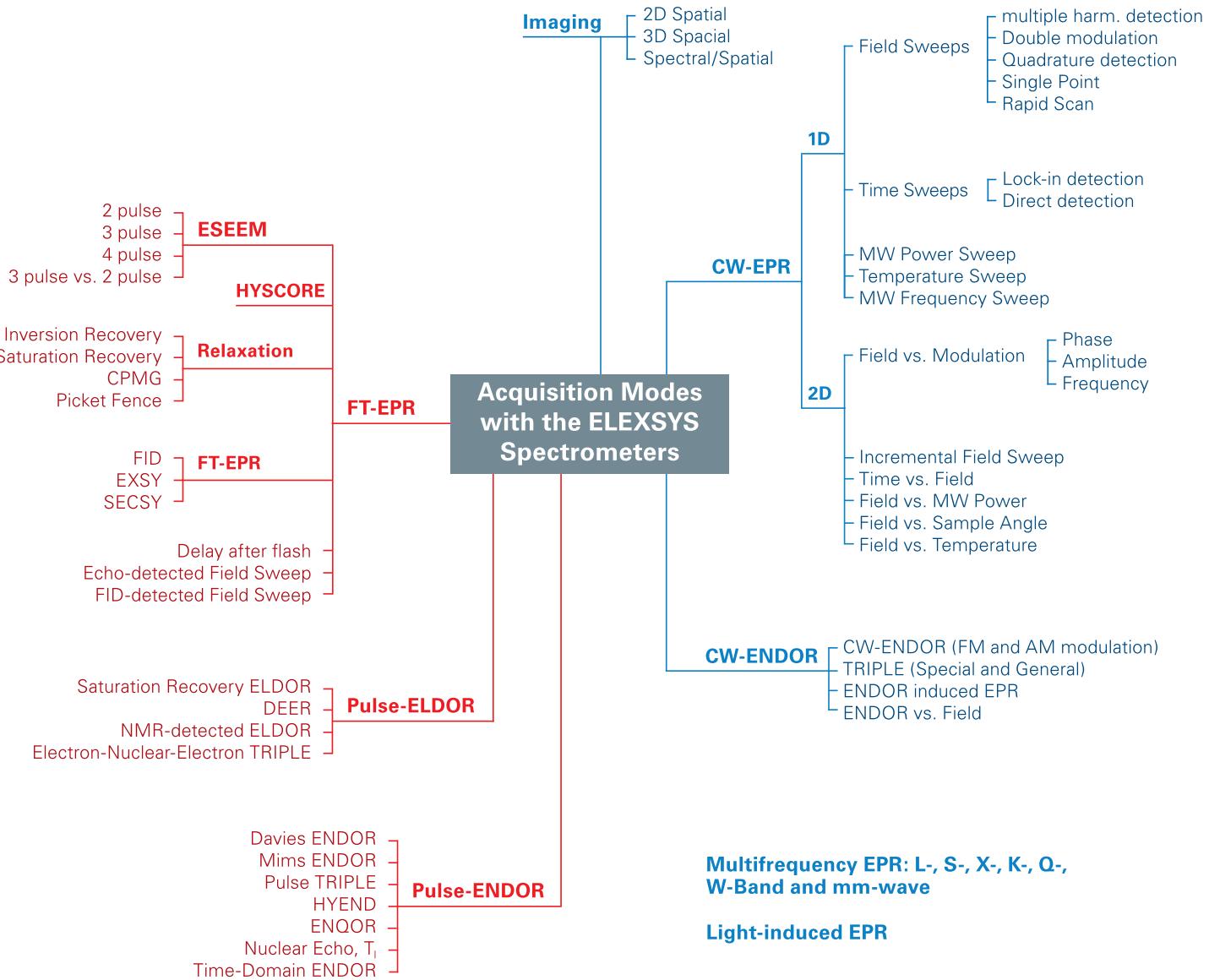


便捷的图标栏引导用户逐步成功完成模拟。



模拟单晶样品自旋体系的单晶路线
图, S=5/2、g=2、D=-4.5 GHz

ELEXSYS系列产品：功能丰富



● 布鲁克(北京)科技有限公司

网址: www.bruker.cn

布鲁克(北京)科技有限公司

北京市海淀区中关村南大街
11号光大国信大厦5216室
邮编: 100081
电话: (010)58333000
传真: (010)58333111

上海办公室

上海市徐汇区漕河泾开发区桂平路418号国际
孵化中心19楼
邮编: 200233
电话: (021)51720800
传真: (021)51720810

广州办公室

广州市天河区中山大道
中439号的天银商贸大
厦17楼1711-1716室
邮编: 100081
电话: (020)22365885/
(020)22365886