|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 预习报告 | | 实验记录 | | 分析讨论 | | 总成绩 | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 年级、专业： | 19级物天 | 实验班 | 三 | | 姓名： | 胡韵俏 | 学号： | 19342035 | | 日期： | 2022.3.25 | 教师签名： |  |   **实验 E1 低温技术与高温超导研究（磁）**  【实验报告注意事项】   1. 实验报告由三部分组成： 2. 预习报告：（提前一周）认真研读**实验讲义**，弄清实验原理；实验所需的仪器设备、用具及其使用（强烈建议到实验室预习），完成讲义中的预习思考题；了解实验需要测量的物理量，并根据要求提前准备实验记录表格（由学生自己在实验前设计好，可以打印）。预习成绩低于10分（共20分）者不能做实验。 3. 实验记录：认真、客观记录实验条件、实验过程中的现象以及数据。实验记录请用珠笔或者钢笔书写并签名（**用铅笔记录的被认为无效**）。**保持原始记录，包括写错删除部分，如因误记需要修改记录，必须按规范修改。**（不得输入电脑打印，但可扫描手记后打印扫描件）；离开前请实验教师检查记录并签名。 4. 分析讨论：处理实验原始数据（学习仪器使用类型的实验除外），对数据的可靠性和合理性进行分析；按规范呈现数据和结果（图、表），包括数据、图表按顺序编号及其引用；分析物理现象（含回答实验思考题，写出问题思考过程，必要时按规范引用数据）；最后得出结论。   **实验报告**就是预习报告、实验记录、和数据处理与分析合起来，加上本页封面。   1. 每次完成实验后的一周内交**实验报告**。 2. 除实验记录外，实验报告其他部分建议双面打印。   **【实验安全注意事项】**  1. 液氮：最容易被注意到的危险源是低温，但液氮在室温下快速蒸发会在液体周围产生一层导热差的氮气，短时间接触造成冻伤的可能性不大，被液氮冷却的低温金属更容易造成冻伤；此外，实验室内存放液氮量不能超过 100 升。  2. 强磁场：不能带铁磁性的物品或工具接近电磁铁。在电磁铁旁竖立禁带金属和磁性  物品进入实验场地的标识及划出禁带的范围。 |
| **实验 E1 低温技术与高温超导研究（磁）**  【实验目的】  1. 学习基本的低温技术，掌握深冷温区的获得和测量方法（实验内容 1、2、3）；  2. 掌握超导电性的两个基本特征：零电阻和迈斯纳效应，认识磁场对超导临界温度的影响，对宏观量子化有一个初步的认识；学习多变量对研究对象影响的研究方法。  3. 学习将弱信号测量技术应用于超导转变的测量：直流四引线法用于零电阻特性测量实验内容 1），交流磁化率用于迈斯纳效应测量（实验内容 2）；学习为测量提供磁场条件。  4. 复习巩固信号提取方法之“本底扣除”，包括硬件设计中的物理扣除和数据处理时的数值扣除。  5. 巩固和加深数据采集系统的认识，学习用 LabView 管理实验（实验内容 1、2、3）；  6.（选）学习通过电磁铁获得强磁场的方法，了解磁场强度、分布均匀性与电磁铁的  磁隙宽度的关系（实验内容 4）；  【仪器用具】      **【原理概述**】        **高温超导块材（体材）（bulk material）**  **高温超导带材(tape)**  本实验电阻测量用的是第二代高温超导带材 YBa2Cu3O7-，它是一种层状结构，在柔软  金属基带（哈氏合金）外延生长缓冲层、超导层（层厚 2m）、保护层（银层，层厚 2m）、  稳定层（Cu 层，层厚 5m）,更详细的结构见图 E1- 15。零场下超导膜的转变温度在 903K  范围内，*c* 轴垂直于膜面，即超导电流方向在 *ab* 面内。  **高温超导薄膜（film）**                    【**实验技术原理概述**】  **1. 低温技术**  1.1 原理  从室温至液氦温度（4.2K）温区段称为低温液氦温区；将从室温至液氮温度（77K）温区段称为低温液氮温区；4.2K 以下区段称为极低温。  低温的获得取决于两个因素，制冷和隔热。制冷就是从被冷却的物体中抽走热量；而隔热则阻碍外界的热量传回该物体。当外界漏入物体的热量等于制冷所抽走的热量时，物体达到热平衡，其温度不再变化。  真空中因热传导和对流约为零，只有热辐射传热，成为常用的低温隔热方式。为减少热辐射传热，会在真空中进一步采用低温防辐射屏或多层绝材料（MLI）。          1.2 低温恒温器  漏热式低温恒温器（冷指），通过控制恒温器冷端与冷源的热接触或通过在恒温器与冷源的热通道（冷颈）做热补偿，使恒温器在某一温度下，恒温器向其冷端的漏热与环境向恒温器的漏热相等（达到平衡）。漏热有三种方式——传导、对流、和辐射。恒温器与环境通过真空隔热，可基本消除对流漏热，固体传导漏热和稀薄气体的传导漏热也大大降低；为减少恒温器与环境之间的辐射漏热，（通常在低于液氮温区或以下温度）在恒温器与环境之间设置防辐射屏。  1.3 低温测量与引线  常用的低温温度传感器有铂电阻温度传感器，T 型热电偶。  1.4 循环致冷机        【预习思考题】（实验目的 1）   1. 深低温系统为什么要抽真空？真空度要求多高？   真空中热传导和对流约为零，只有热辐射传热。  恒温器与环境通过真空隔热，可基本消除对流漏热，并且大大降低稀薄气体的传导漏热。  空气的气体成分也对低温系统产生影响。例如残留空气中水蒸气会因低温而结冰。  压强小于   1. 真空泵产生一定的噪声，在达到真空要求后，是否可以关真空泵？关真空泵前，是否要先关真空阀门？   可以。  要先关真空阀门。  在机组正常运行中，防止先停泵后，因为入口抽气门全部关闭需要一定时间，这样部分空气会从泵体通过抽气入口门倒流，降低真空度。   1. 为什么要安装屏蔽罩（防辐射屏）？屏蔽罩用哪一类材料最好？   物体与环境之间插入一块温度接近TL的低温物体作为防辐射屏，则从防辐射屏到物体之间的漏热比从环境的直接漏大大降低。即使不控制该防辐射屏的温度，让其自动达到热平衡，此时，从环境对防辐射屏的净漏等于从防辐射屏到低温物体的净漏热，则从环境到低温物体的净漏热减半：    为减少恒温器与环境之间的辐射漏热，（通常在低于液氮温区或以下温度）在恒温器与环境之间设置防辐射屏。本实验（制冷机）装置的冷指和防辐射屏材料为黄铜，外表面镀金。  使用具有很高的[反射系数](https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%8D%E5%B0%84%E7%B3%BB%E6%95%B0" \t "https://baike.baidu.com/item/%E9%9A%94%E7%83%AD%E6%9D%90%E6%96%99/_blank)的热反射材料，能将热量反射出去，如金、银、镍、[铝箔](https://baike.baidu.com/item/%E9%93%9D%E7%AE%94" \t "https://baike.baidu.com/item/%E9%9A%94%E7%83%AD%E6%9D%90%E6%96%99/_blank)或镀金属的[聚酯](https://baike.baidu.com/item/%E8%81%9A%E9%85%AF" \t "https://baike.baidu.com/item/%E9%9A%94%E7%83%AD%E6%9D%90%E6%96%99/_blank)、[聚酰亚胺薄膜](https://baike.baidu.com/item/%E8%81%9A%E9%85%B0%E4%BA%9A%E8%83%BA%E8%96%84%E8%86%9C" \t "https://baike.baidu.com/item/%E9%9A%94%E7%83%AD%E6%9D%90%E6%96%99/_blank)等。   1. 请估计直径为 12mm、长为 100mm，温度为 4K 的恒温器在无防辐射屏时的漏热约为多少？在采用一层防辐射屏后，其与环境之间的辐射漏热减少了多少？ 如果将防辐射屏的温度降到液氮温度（77K），则该防辐射屏的辐射漏热又为多少？   环境温度为300K时，    采用一层防辐射屏后：    将防辐射屏的温度降到液氮温度（77K）：     1. 铂电阻温度计位置不在样品旁边，有什么因素会影响样品温度偏离温度计的温度？偏离有多大？能否测量或通过建模进行定量分析？   PT1000温度传感器与样品直接接触，可能会对温度测量造成影响。线圈在通过电流时产生焦耳热，对铂电阻温度计的温度准确度有相当大的影响。并且阻碍温度降低。  热响应时间与保护管的热传导性质有关。  当焦耳热过大时可暂时关闭交流稳流源。  **2. 强磁场技术**    本实验都采用电磁铁来产生磁场。出于安全考虑，近代物理实验室的电磁铁的最大磁感应强度为 0.6T。并要求将与实验无关的物品存放在实验区外；也不允许将铁磁材料（金属）带入实验区。由于磁化或退磁化过程中，铁磁材料内部的磁畴运动不可避免地受到阻碍，造成“磁滞2”现象，电磁铁磁隙内的磁场并不与外加电流形成严格的对应关系。因此，在使用电磁铁时，建议使用电磁铁电源中的磁场模式（FIELD），一方面，该模式自带自动消磁的功能（需要在设定磁场为 0 时等待较长的一段时间）；另一方面，该模式是通过特斯拉计测量磁场值反馈控制、从而准确获得所需磁场。  对于液氮恒温器，电磁铁相对固定，即样品相对于磁隙的位置相对固定；对于循环制冷机恒温器，电磁铁可通过导轨水平移动，即相对于恒温器可进行水平调节，使用前请注意标定磁场及相应的电磁铁位置。电磁铁磁隙内的磁场（磁通线密度）分布并不均匀，样品位置的磁场与控制点（特斯拉计的位置）的磁场可能存在偏差，当样品位置和控制点位置固定后，两者磁场的相对关系也即固定，可以通过校正或数值模拟得到该关系。  **磁场标定**    【预习思考题】（实验目的 3 之磁场）   1. 高磁场下电磁铁长时间工作会导致线圈温度升高，如何在满足实验需求的同时，使线圈电流最小、且实验时间最短？然后如何保护自己避免烫伤、又不影响线圈散热？   电磁铁利用铁磁材料的高磁导率作为磁芯外绕螺线管制成。通过对线圈施加较小的电流就可以在电磁铁的磁隙中获得较高的磁场，磁隙两旁的铁磁体通常采用锥形结构进一步聚集磁场，其极限磁场取决于铁磁材料的饱和磁化强度（或饱和磁场），一般在数特斯拉量级；根据磁路定理，磁隙越宽，磁隙内的磁场就越弱。  将样品放在电磁铁线圈中心。  增加线圈匝数，增加铁芯。  促进空气流通，使用风扇散热。   1. 本实验中样品位置的磁场与霍尔探头测量的磁场有多大的偏差？如何校正（将方案写入预习报告）？校正时电磁铁电源能选用“磁场模式”吗？为什么？   霍尔探头在实验时无法取代样品放在亥姆霍兹线圈中心，而是放在样品旁边。而两线圈间的磁场分布不均匀。    如何校正？  通过用特斯拉计测量磁隙内不同的位置的磁感应强度，获得样品位置与传感器位置的磁感应强度关系，此时应采用电流模式（CURRENT），该模式下施加到电磁铁的电流受输入电流值控制，而不受特斯拉计测量值的反馈控制，因此，当电流稳定后，电磁铁磁隙内的磁场分布就已固定。  不能选用磁场模式。该模式是通过特斯拉计测量磁场值反馈控制、从而获得所需磁场。电磁铁磁隙内的磁场（磁通线密度）分布并不均匀，样品位置的磁场与控制点（特斯拉计的位置）的磁场可能存在偏差。但特斯拉计不能直接放置在样品的位置，磁场模式下，特斯拉计测量的磁场不够精确，反馈控制使控制后的磁场仍然不准确。     1. 如果采用“电流模式”加磁场，请在现场预习时测量电磁铁的剩磁有多大？   电流设置为0 后仍有磁场。  4. 如果采用“磁场模式”加磁场，会有剩磁问题吗？  不会有。磁场模式（FIELD）自带自动消磁的功能（需要在设定磁场为 0 时等待较长的一段时间）；  **3. 直流四引线测量电阻**          **4. 交流四引线测量电阻**              5.4 交流磁化率      【预习思考题】（实验目的 3 之电磁测量）   1. 外加磁场与电流方向的夹角不同，洛伦兹力不同，从而超导体的磁流阻大小不同。针对研究磁场（矢量）对超导转变的影响，写出你的实验方案。   外加磁场对超导转变的影响。高温超导体为 II 类超导体，当外磁场高于下临界场后，磁场就会以磁通线的方式进入超导体，此时对超导体施加电流，则磁通线会在洛伦兹力的作用下运动，从而产生电压降，它等效于在超导体上有一个电阻，被称为“磁流阻”（由于磁通线流动所导致的电阻）。可见，当外加磁场与电流平行时，洛伦兹力为零；而当它们相互垂直时，洛伦兹力最大。  实验方案：  1）首先寻找临界磁场（寻找下临界磁场Hc1）。  对于 II 类超导体，当加大外磁场至样品先进入混合态（量子磁通线进入超导体，而量子磁通线的中心是处于正常态的），此时所对应的磁场称为下临界磁场（Hc1）  方法：改变磁场大小，测量交流极化率M。随着磁场H的增大，-4πM有一个陡降处，此时对应的磁场称为下临界磁场（Hc1）。     1. 设定磁场大于下临界磁场。固定该磁场大小。   首先，使外加磁场与电流平行（夹角为0），测量此时的电压。  然后改变外加磁场与电流方向的夹角，在不同夹角下分别测量电压。  计算不同夹角下的电压与夹角为0时的电压差，画出夹角与电压差曲线。  可以发现，当夹角90°时，电压差最大，即洛伦兹力最大，即磁流阻最大。   1. 用直流法和交流法测量电阻有何差异？对于交流法测量电阻，是否可以有效地扣除测量系统中感抗和容抗的贡献？   直流四引线法测量电阻时，是通过改变电流的方向来消除温差电势和接触电势。  对于交流四引线法，电源输出的是交流电流，则电阻上的电压降也是交流电压，通过测量交流电压的有效值（Vpp/2√2,与热电势和接触电势无关），可求得电阻（交流电抗，包含了感抗和容抗）。  用直流四引线法测量时，是通过反向测量电流测得的电压与正向电流没得的电压差来消除接触电势和热电势的；而对于交流法测量，电流方向本身就是正、反向变化的，接触电势与热电势自然被消除。  可以。有两种方案实现交流四引线法测量微小阻抗：一种用稳流电源，即交流电流振幅不随负载变化；另一种是允许测量电流变化，但几乎同时（时间间隔范围内负载不发生变化）测量电流和负载电压降，而电流是通过测量与待负载串联的标准电阻上的压降得到。  稳流电源输出电流  wpsoffice  样品两端的输出电压为，  /private/var/folders/r2/w6ny2g2127s_xxtz_61_xv680000gn/T/com.kingsoft.wpsoffice.mac/wpsoffice.mQKLVYwpsoffice  其中，θV和θI分别是样品电压和电流的相位差；从式(6)和式(7)中计算出阻抗值：  wpsoffice  其中，/private/var/folders/r2/w6ny2g2127s_xxtz_61_xv680000gn/T/com.kingsoft.wpsoffice.mac/wpsoffice.uiKhtlwpsoffice为纯电阻值。   1. （现场预习时，能否通过实验结果回答）直流四引线法测量中的双绞线（twisted pair6）起到什么作用？ 用屏蔽线如何？   双绞线（twisted pair）是一种[综合布线](https://baike.baidu.com/item/%E7%BB%BC%E5%90%88%E5%B8%83%E7%BA%BF/4282" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%8C%E7%BB%9E%E7%BA%BF/_blank)工程中最常用的传输介质，是由两根具有绝缘保护层的铜[导线](https://baike.baidu.com/item/%E5%AF%BC%E7%BA%BF/1413914" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%8C%E7%BB%9E%E7%BA%BF/_blank)组成的。把两根绝缘的铜导线按一定密度互相绞在一起，每一根导线在传输中[辐射](https://baike.baidu.com/item/%E8%BE%90%E5%B0%84/5676" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%8C%E7%BB%9E%E7%BA%BF/_blank)出来的电波会被另一根线上发出的电波抵消，有效降低信号干扰的程度。  采用这种方式，不仅可以抵御一部分来自外界的[电磁波](https://baike.baidu.com/item/%E7%94%B5%E7%A3%81%E6%B3%A2/102449" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%8C%E7%BB%9E%E7%BA%BF/_blank)干扰，也可以降低多对绞线之间的相互干扰。把两根绝缘的导线互相绞在一起，干扰信号作用在这两根相互绞缠在一起的导线上是一致的（这个干扰信号叫做[共模信号](https://baike.baidu.com/item/%E5%85%B1%E6%A8%A1%E4%BF%A1%E5%8F%B7/7982331" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%8C%E7%BB%9E%E7%BA%BF/_blank)），在接收信号的差分电路中可以将共模信号消除，从而提取出有用信号（[差模信号](https://baike.baidu.com/item/%E5%B7%AE%E6%A8%A1%E4%BF%A1%E5%8F%B7/3906269" \t "https://baike.baidu.com/item/%E5%8F%8C%E7%BB%9E%E7%BA%BF/_blank)）。  屏蔽线是为减少外电磁场对电源或通信线路的影响，而专门采用的一种带金属编织物外壳的导线。这种屏蔽线也有防止线路向外辐射电磁能的作用。屏蔽层的效果主要不是由于金属体本身对电场、磁场的反射、吸收而产生的，而是由于屏蔽层的接地产生的，接地的形式不同将直接影响屏蔽效果。   1. 与标准四引线法（四电极）相比，两电极四引线有何不同，请画出等效电路图，并说明在超导态能否测出零电阻。   标准四引线法（四电极）：电流电极和电压电极的分离，从而消除引线电阻和接触电阻，从而使测量更加准确。    两电极四引线：用测试线将被测电阻导线接到万用表上，连接线的电阻也算在被测电阻值里，无法将它们分开。    因电压表的输入阻抗大，流过电压表测量引线的电流小，即接触电阻和引线电阻所造成的电压降小，可以忽略。  四线法消除接触电阻和引线电阻后，能测出超导的零电阻。   1. 测量交流磁化率的实验装置上的两个已经连接好的次级线圈不能做到完全对称，测试人员并不知道单个线圈的输出电压是多少，如何判断次级线圈是以抵消本底的方式连接？       由图可知，次级与次级反接，且两个次级线圈是同一根导线围成，电流相等。反接后完全抵消。  6. 交流信号包含幅值（R）和相位（θ），或实部和虚部，由于实际制备时两个**次级线圈**不可能做到完全对称，那么，  1) 可以在物理上抵消本底信号（含幅值和相位）吗？  次级线圈做不到完全对称，因此，幅值不完全相同，相位不完全相反，所以物理上无法抵消。  2) 由两对线圈完全对称假设而推出的式（E1- 18）会是怎样？请推导。  若完全对称，则两个线圈输出电压幅值完全相同，相位完全相反。  次级线圈组输出电动势：  把、代入得  ，  3) 实部与虚部的区分依赖于相位差测量，如何扣除交流磁化率测量**系统**的相位差本底？（如下图参考**双通道锁相放大器**微小阻抗测量实验中的用取样电阻获得初级线圈电流相位）  将稳流源与一个标准电阻串联，测量电阻压降信号，除以其阻值后可以得到稳流源输出电流信号，得到电流相位。再将该信号与待测电阻压降信号相位相减得到相位差:  wpsoffice  4) 如何在锁相放大器中设置相位角（θ），使得测量的 X、Y 值分别对应于交流磁化率的实部和虚部？  感生电动势（或次级线圈的输出电压）与初级线圈电流同相的为虚部，与电流相差π/2 的为实部。  设置θ=90°      7.如何对磁化率定标？实部或虚部能同时定标吗？  单个次级线圈的感生电动势约正比于交流磁化率，则一对线圈就能以较小的误差测出磁化率。    若两对线圈完全对称（实验中假设），则其中θ=0°  改变（即同时改变实部与虚部），记录次级线圈感生电动势，从而算出磁化率。  能。   1. 交流互感一级线圈的电阻为 34Ω，对于稳流源的最大输出 0.1A，所产生的焦尔热为0.34W，它对样品温度产生多大的影响？有什么方法降低该影响？【提示，设线圈与恒温器的接触热阻为 20K/W。】   样品温度升高6.8K  减小稳恒源的电流输出。在线圈与恒温器样品间加隔热板。   1. 线圈架用材料做合适？为什么不能用金属？【提示：应用电磁学中的电磁感应知识。】   用塑料合适，例如含氟塑料。  不能用金属。有的金属是磁性材料（如铁），会被磁化，影响磁场分布。有的金属不是磁性材料（如铝、铜），电阻小，涡流强，有电磁阻尼。  10. （选）互感线圈为何要用锰铜丝绕制？如果用纯铜漆包线绕制会如何？  锰铜丝与纯铜漆包线的温度系数不同。锰铜的温度系数远小于纯铜漆包线。若使用纯铜漆包线，当线圈通过大电流，焦耳效应产生大量热量，铜线温度升高，电阻变化很大。 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 专业： | 物理与天文学院 | 年级： | 19级 | | 姓名： | 胡韵俏 | 学号： | 19342035 | | 室温： |  | 实验地点： | A102 | | 学生签名： | 胡韵俏 | 评分： |  | | 日期： | 2022.3.25 | 教师签名： |  |   **实验 E1 低温技术与高温超导研究（磁）**  【实验内容、步骤、结果】   1. 达到实验条件的准备工作   1、抽真空  打开真空泵，然后缓慢拧开真空阀门。抽真空约半小时后，可打开低温恒温器。   1. 打开低温恒温器，开始制冷。打开控温仪、万用表（测Pt1000电阻）、锁相放大器。打开所有仪器后，打开电脑。 2. 当温度降到200K时，关闭真空阀门，然后关闭真空泵。 3. 当温度降到120K时，可以开始实验。 4. 磁场标定   将亥姆霍兹线圈移动到远离样品的地方固定。  设置电流。将特斯拉计放置在两线圈中间处（样品实验时放置的位置），读取此时的磁场强度。然后将特斯拉计移动到实验时会放置的位置，读取此处的磁场强度，并记录此位置。（两次测量转动特斯拉计十一圈，以此来固定二者位置。）  多次改变电流大小，从而改变磁场强度，重复上述内容，获得在不同电流下，两个位置磁场强度大小的比例关系。（在不同电流下，比例关系仍然几乎相等）。因此可将实验中特斯拉计测得的磁场强度通过此系数换算成样品位置的磁场强度。  将亥姆霍兹线圈移动回样品处，并使样品处于线圈中心。   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 电流（A) | 2A | 1A | 0.5A | | 中心处磁场（KGs) | 0.495 | 0.261 | 0.104 | | 边缘（实验中位置）（KGs) | 0.547 | 0.28 | 0.12 |   三、    1、按照电路图连线，即将交流稳流源接入电路。  2、首先设置亥姆霍兹线圈电流为0A，即磁场强度为0T。  在温度为100K处，开始实验，持续降温至55K，用电脑记录实验数据，得到温度与R值的关系。  注意，温度要通过PT1000的电阻值计算得到，而不是直接读取控温仪的数据。  3、从55K升温回到100K处，同样得到此磁场强度下的温度与R值的关系。  4、改变电流大小，从而改变磁场强度，重复实验，得到多组温度与R值的关系，并绘出不同磁场大小下的关系图。  实验中，电流设置分别为0A、3A、5A  实验分析中使用的PT1000温度传感器电阻换算的温度。公式为T=0.2335R+30.15 (K)  **研究性实验**  科学问题选题  1. 超导现象是否历史相关（如先降温后加场或先加场后降温）？  步骤  1. 选定两个态，在这里我们选定的态为（85K，0kGs）和（79K，2kGs）。然后分别沿着两条路径，从第一个态转变到第二个态  2. 先从 85K 转变到 79K，然后再增加磁场到 2kGs。温度的步进是 1K，然后磁场的步进是 0.5kGs。  3. 85K 下，先增加磁场到 2kGs，然后再逐步降温到 79K。步进同上。  我们想要验证的是，无论沿着哪一条路径，样品最终抵达的态的参数（R，θ）是相同的。也就是说，我们要验证的态是热力学态，因为热力学态的转变与路径无关。    2. 外磁场如何影响超导转变时磁化率随温度的关系 [包括（Tc）和抗磁性]  此实验的实验步骤同步骤三。  【实验过程遇到问题记录】  第一周实验中，样品处温度通过PT1000电阻值获得，而控温仪（冷指温度）与样品处温度不同。实验中控温仪数值降到一定程度时，PT1000显示电阻计算得到的样品实际温度仍然过大（超过100K），故无法观察到转变温度，且降不到指定温度。  解决方法：调节锁相放大器样品处线圈电流从0.5A至0.1A，使线圈产生的焦耳热下降。（此解决方式缓解了一些，但降温仍然十分缓慢。）第二次实验时，问题得到解决：交流电流源输出电流过大，更换电流源后实验正常。  第二周实验时，在PT1000温度显示正常的情况下，仍无法观察到临界现象，因此怀疑是样品有问题。  第三次实验，更换样品后，一切实验正常。（但被替换下来的样品能观察到磁悬浮，理论上样品没有问题。） |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 年级、专业： | 19级物天 | 实验班 | 三 | | 姓名： | 胡韵俏 | 学号： | 19342035 | | 日期： | 2022.3.25 | 教师签名： |  | | 评分： |  |  |  |   **实验 E1 低温技术与高温超导研究（磁）**  【分析与讨论】  一、磁场标定   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 电流（A) | 2A | 1A | 0.5A | | 中心处磁场（KGs) | 0.495 | 0.261 | 0.104 | | 边缘（实验中位置）（KGs) | 0.547 | 0.28 | 0.12 |   固定中心和边缘测量磁场的位置后，两者的磁场大小有一比例关系。  由表格知，边缘处（磁化率实验测得的）磁场大小是中心处（样品实际）磁场大小的1.12倍。  二、磁化率与温度变化关系（升温与降温）    磁化率无法标定，因此用V2与温度的关系代替磁化率与温度的变化关系，可以得到转变温度。  磁场电流设置为0A时的升温与降温：  e533b696706fbf710761c5c815dd1e6e_  磁场电流设置为3A时的升温与降温：  **395eaa999bc8a6569f4a1c50409df72f_**  磁场电流设置为5A时的升温与降温：  9b368dc03d0df37067fbaf50c097093c_  样品内部线圈接线可能正接,因此实际数据的曲线趋势与理论相反。因为无法得到准确磁化率的值，因此只讨论变化趋势。  对比不同磁场大小下的三次实验，蓝色是升温曲线，黄色是降温曲线。  磁场为0时，降温曲线和升温曲线在正常态下能达到重合，超导转变温度也基本一致，但在超导转变后，温度低于83K后相差逐渐增大，最后磁化率曲线随着降温趋于平稳，差值稳定。  磁场电流设置为3A时，降温曲线和升温曲线在正常态下能达到重合，（此处降温曲线波动较大，可能是记录分辨率问题）超导转变温度也基本一致，在超导转变过程中，曲线能达到重合。但在超导转变后，温度低于84K后相差逐渐增大，最后随着降温，差值稳定。  磁场电流设置为5A时，降温曲线和升温曲线在正常态下就有所区别，有一定差值。超导转变温度基本一致，在超导转变过程中和在超导转变后，温度低于83K后相差逐渐增大，最后随着降温，差值稳定。  分析原因：超导体具有零电阻效应和迈斯纳效应。本实验观察迈斯纳效应即在磁场强度低于临界值的情况下，磁力线无法穿过超导体，超导体内部磁场为零的现象。  不同磁场大小下，分别升温和降温的临界温度近似相同，而磁化率大小有区别。原因可能是样品并非理想第二类超导体。晶阵缺陷的存在，阻碍着磁通线的运动。因此，可以把它们看作是一些对磁通线运动产生钉扎作用的钉扎体。只有体内组分均匀分布，不存在各种晶体缺陷，其磁化行为才呈现完全可逆，称为理想第二类超导体。  三、外磁场如何影响超导转变时磁化率随温度的关系 [包括（Tc）和抗磁性]  四、超导现象是否历史相关（如先降温后加场或先加场后降温）？    选定两个态，在这里我们选定的态为（85K，0kGs）和（79K，2kGs）。然后分别沿着两条路径，从第一个态转变到第二个态。无论沿着哪一条路径，样品最终抵达的态的参数（R，θ）是相同的。  本计划连续测量，但考虑到磁滞现象和弛豫时间所带来的误差，所以改为取特定点，待各值稳定再测量计数。  两条路径中，第一条路径：先降温，后加场，在加场过程中可以看到R值和θ值非常稳定。R值波动范围在21-22.1μV之间，可认为不变。  第一条路径：先加场，后降温，在达到超导态时，不断加场，R值在小范围内上下波动，没有趋势变化。观察到迈斯纳效应（磁屏蔽）。  与历史无关。  分析：  超导体一旦进入超导状态，体内的磁通量将全部被排出体外，磁感应强度恒为零，且不论对导体是先降温后加磁场，还是先加磁场后降温，只要进入超导状态，超导体就把全部磁通量排出体外。这是第二类超导体的迈斯纳效应。  【实验分工】  【实验思考题】 |