

《普通物理实验》实验报告

实验名称 高温超导材料特性测试和低温温度计 实验日期 2024 年 4 月 7 日
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 110

第一部分 数据记录及处理(注:同组实验同学为杨永坤)

1 室温检测

1. 进行本实验时,室温为: $T_0 = 295.03K$
2. 室温下,通过铂电阻、硅二极管和高温超导材料的电流分别设定为:
 $I_{Pt} = 1.0000mA$
 $I_{SiD} = 100.00A$
 $I_x = 10.0040mA$
3. 测得此时超导样品上的电压为: $U_x = 0.185mV$,由此可以得到室温下超导样品的电阻为: $R_{x0} = 0.0186\Omega$
4. 铂电阻温度计电压为: $U_{Pt} = 108.57mV$,铂电阻阻值为 108.57Ω

2 测量数据结果

本次实验过程中,在不同时刻测量了铂电阻温度计上的电压,SiD 上的电压,样品上的电压,并查表利用插值法计算了 Pt 电阻对应的温度,并计算了硅二极管和样品的电阻,列表于下一页

3 低温温度计比对

室温下铂电阻的电阻为: $R_{Pt0} = 108.57$

液氮沸点下铂电阻温度计的电压为: $U_{Pt} = 20.33mV$,所以液氮沸点时下铂电阻的电阻为: $R_{Pt1} = 20.33\Omega$

故末态液氮沸点温度估计为 $T = 77.59K$

由以上两个点可以线性拟合出铂电阻任一电阻对应的温度值: $T = R * 2.464K/\Omega + 27.493K$

对比线性拟合结果和插值结果,温度差结果误差均在 0.3Ω 以内

由不同温度下硅二极管的电阻结果,可以绘制出硅二极管电阻随温度的变化关系:

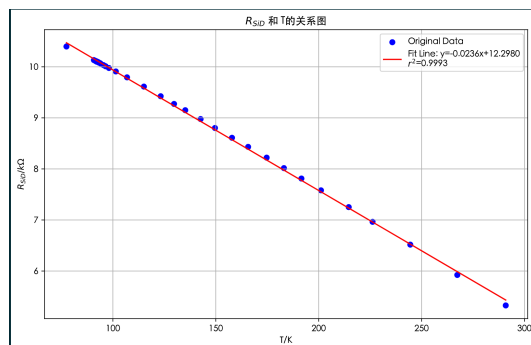


图 1: SiD 电阻温度关系图

组号 n	Pt 电压/mV	SiD 电压/V	样品电压/mV	T/K	$R_{SiD}/k\Omega$	R/Ω
1	106.7600	0.5326	0.181	290.9072	5.326	18.0928
2	97.2300	0.5923	0.166	267.3681	5.923	16.5934
3	87.9800	0.6517	0.153	244.5206	6.517	15.2939
4	80.5600	0.6964	0.143	226.1932	6.964	14.2943
5	75.8700	0.7252	0.136	214.6089	7.252	13.5946
6	70.4100	0.7581	0.129	201.1227	7.581	12.8948
7	66.5600	0.7812	0.125	191.6132	7.812	12.4950
8	63.1200	0.8016	0.120	183.1164	8.016	11.9952
9	59.7200	0.8221	0.116	174.7184	8.221	11.5954
10	56.0800	0.8432	0.112	165.7276	8.432	11.1955
11	52.9000	0.8610	0.108	157.8730	8.610	10.7957
12	49.5500	0.8802	0.104	149.5985	8.802	10.3958
13	46.7300	0.8977	0.100	142.6331	8.977	9.9960
14	43.7100	0.9150	0.096	135.1737	9.150	9.5962
15	41.5000	0.9273	0.093	129.7150	9.273	9.2963
16	38.8700	0.9424	0.089	123.2189	9.424	8.8964
17	35.5700	0.9613	0.083	115.0679	9.613	8.2967
18	32.2500	0.9794	0.077	106.8675	9.794	7.6969
19	30.0500	0.9909	0.072	101.4335	9.909	7.1971
20	28.6900	0.9977	0.069	98.0743	9.977	6.8972
21	28.0300	1.0011	0.066	96.4441	10.011	65.9736
22	27.6100	1.0033	0.064	95.4067	10.033	6.3974
23	27.0000	1.0068	0.059	93.9000	10.068	5.8976
24	26.7100	1.0083	0.056	93.1837	10.083	5.5978
25	26.5300	1.0093	0.051	92.7391	10.093	5.0980
26	26.4400	1.0097	0.043	92.5168	10.097	4.2983
27	26.3900	1.0099	0.033	92.3933	10.099	3.2987
28	26.3600	1.0101	0.023	92.3192	10.101	2.2991
29	26.3100	1.0102	0.011	92.1957	10.102	1.0996
30	26.2800	1.0104	0.004	92.1216	10.104	0.3998
31	26.2400	1.0106	0.000	92.0228	10.106	0.0000
32	26.1700	1.0108	-0.002	91.8499	10.108	-0.1999
33	26.0200	1.0117	-0.002	91.4794	10.117	-0.1999
34	25.7300	1.0132	-0.003	90.7631	10.132	-0.2999
35	20.3300	1.0398	-0.001	77.4251	10.398	-0.1000

表 1: 测量数据及处理结果表

《普通物理实验》实验报告

实验名称 高温超导材料特性测试和低温温度计 实验日期 2024 年 4 月 7 日
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 110

硅二极管在该温度范围内线性良好,是比较理想的温度计。对硅二极管电阻和温度的关系进行拟合我们可以得到:
 $R_{SiD} = (23.66T + 12298)\Omega$ 相关系数为 $r^2 = 0.9993$,可见线性拟合效果良好。

3.1 温度计特性对比

经过简单比对后发现:

1. Si 半导体电压随温度升高而降低,静态电阻温度系数为负,呈线性关系,线性性较好。
2. Pt 电阻的电压随温度升高而升高,电阻温度系数为正,线性关系好(这是由于铂电阻是本实验的温度基准,而拟合表中数据后线性性确实很好)
3. 温差电偶温度计比较简单,电压与两端温度差呈正相关,低温下线性性相比前两个温度计较差,但是使用更为简易方便。可以作为液面计使用

4 超导转变曲线

根据数据表,知乱真电动势约为-0.002V,超导转变过程中数据修改记录后绘图如下:

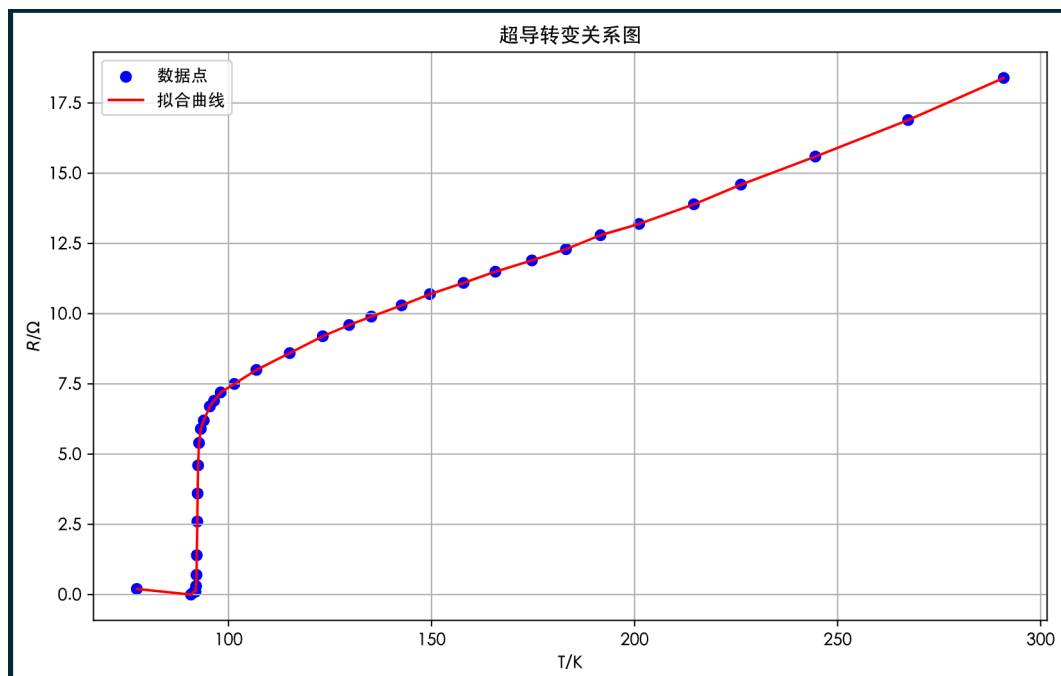


图 2: 超导转变曲线数据图

《普通物理实验》实验报告

实验名称 高温超导材料特性测试和低温温度计 实验日期 2024 年 4 月 7 日
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 110

选取转变前的几组温度-电阻关系(此处选取了第 3-17 组)做线性拟合后,得到

$$R = 0.052\Omega/K + 2.49\Omega$$

$$r = 0.9985$$

选取转变过程中的几组温度-电阻关系(此处选取了第 26-29 组)做线性拟合后,得到

$$R = 10.1\Omega/K - 930\Omega$$

$$r = 0.9990$$

得到超导转变起始点为 $T = 92.80K$ 零电阻温度为 $T = 92.08K$ 转变温度为 $T = 92.44K$

其不确定度计算约为 $\sigma_T = 0.03K$

该结果可以直观的展示于数据图中,拟合图像与课上结果基本一致,此处仅展示其交点的计算结果。

5 液氮沸点检测

最终稳定状态下

由铂电阻读出的电阻值和液氮温度为

$$R = 20.33\Omega$$

$$T = 77.59K$$

实际的液氮沸点为

$$T = 77.36K$$

由 SiD 读出的电阻值和液氮温度为

$$R = 10.398k\Omega$$

$$T = 80.30K$$

铂电阻和 SiD 测得的结果偏差分别为:

$$\delta_{Pt} = 1.30\%$$

$$\delta_{SiD} = 3.80\%$$

误差在合理范围内,说明本实验采用铂电阻温度计是较为准确的计温方法。

液氮温度下超导样品的电阻(修正后)为

$$R = 0\Omega$$

通过铂电阻、硅二极管和高温超导材料的电流分别为:

$$I_{Pt} = 1.0001mA \quad (1)$$

$$I_{SiD} = 100.00A \quad (2)$$

$$I_x = 10.0098mA \quad (3)$$

对比室温下的 d 读数结果,一致性很好,说明本实验的系统较为稳定,电流源可以近似作为理想恒流源使用,系统的稳定性较好,在本实验的精度范围内不需要额外的校正。

《普通物理实验》实验报告

实验名称 高温超导材料特性测试和低温温度计 实验日期 2024 年 4 月 7 日
姓名 李灿辉 学号 2200017799 实验地点 南楼 110

第二部分 分析与讨论

1. 本实验要想得到精确的数据,需要每个时间段都达到近似热平衡,实验中前期温度下降较慢,因此我们下降样品过慢,浪费了大量时间,后期接近转变温度处转变区电阻下降太快,难以达到平衡,因此转变部分的结果难以得到准确的数值,可能有一定的偏差。
2. 实验使用的系统恒流源稳定性很好,但是仍需要经常检查,这是保证实验严谨性的必然要求
3. 开始下降时,需要常观察液面计以保证样品和液氮距离合适,但下降至温度相近时,液面计将无法继续有效工作,此时应当停止下降样品,耐心等待超导转变记录数据。
4. 本实验测定 SiD 的电阻温度关系时,发现 SiD 的电阻温度关系为负,符合实验前了解到背景知识,计算发现使用线性拟合 Pt 电阻温度关系得到的 SiD 电阻温度关系更为线性,但是为了准确,此处依然适用查表插值的结果。
5. 转变过程中,数据组数较少,实际上转变过程中使用手机摄像得到的数据组数是充足的,但是由于温度变化较快,系统达到的热平衡是不充分的,因此仅增加数据组数并不能提高结果准确性,改进的方法是尽可能减慢超导转变温度附近降温的速率。