

亥姆霍兹型超导磁体及光学杜瓦瓶

曹树石 王学忠 陈辰嘉
(北京大学物理系)

一、引言

随着激光、强磁场的发展,利用晶体的磁光效应研究其能带结构,已经成为重要的手段之一。为了进行窄禁带半导体磁光效应的研究,我们设计和研制了场强为 46kG 的亥姆霍兹型超导磁体和与之配套的光学杜瓦瓶,其结构和性能如下。

二、磁体部分

亥姆霍兹型线圈如图 1,可视为图 2(a)、(b)所示的两个圆筒型线圈产生的磁场的迭加。此时,两个圆筒型线圈磁场方向相反,电流密度相同。

选用合适的线圈形状和配置间距,线圈中心处附近的磁场均匀度可以很高。而中心 O 点处的磁场强度可表示为^[1]

$$B_0 = \mu_0 i \lambda a_1 \left(\beta_t \ln \frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \beta_t^2}}{1 + \sqrt{1 + \beta_t^2}} - \beta_g \ln \frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \beta_g^2}}{1 + \sqrt{1 + \beta_g^2}} \right),$$

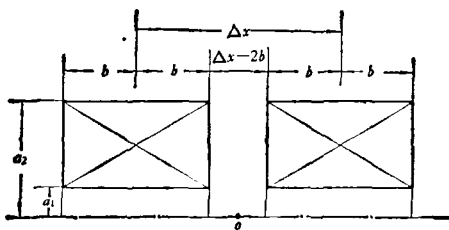


图 1 亥姆霍兹线圈

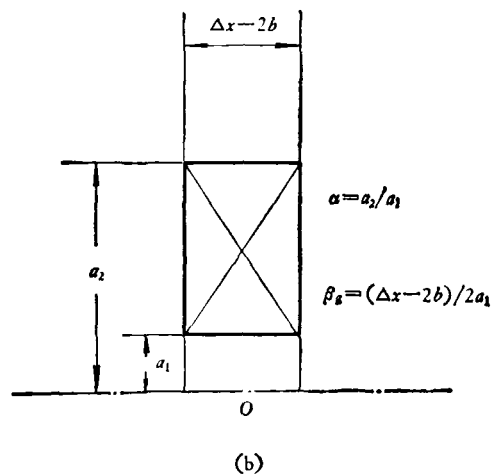
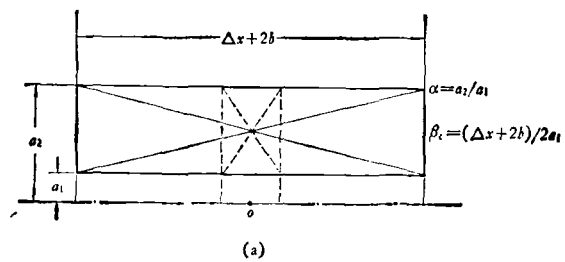


图 2 由两个线圈合成的亥姆霍兹线圈

式中 μ_0 为真空磁导率, i 为绕组的电流密度, λ 为绕组的填充因子, α, β 分别为磁体的约化外半径和约化半长度(即以内半径 a_1 为长度单位)。

磁体的形状如图 3。磁体的骨架采用不锈钢材。挡板处绝缘层上的沟道与挡板上的孔相通,便于液氮与线圈直接接触。绕组层间垫了经过草酸阳极氧化处理的高纯铝箔(厚度为 30 μm , 纯度为 99.999%)。绕制过程中,用 7501 脂填充铌钛线间的间隙。在低温下,由于 7501

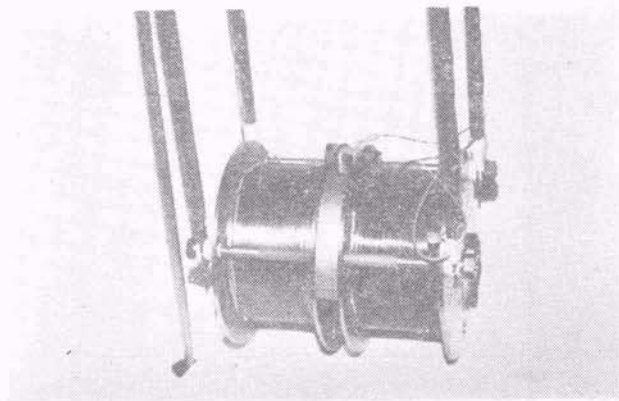


图 3

脂的凝固,能增加匝间的机械稳定性。较细的多股铌钛线(直径 0.4mm,外挂绝缘漆),不仅绕制方便,保证精度,增加磁体的电感,有利于磁场的稳定。小的工作电流,减少了电流引线的漏热损耗。绝缘漆减少了匝间的漏电,提高了励磁的速度。

超导磁体是由两个同样的圆筒形线圈组成。内半径 a_1 为 0.8cm,外半径 a_2 为 4.5cm,长度 $2b$ 为 5.0cm,两个线圈间距 $\Delta x - 2b$ 为 1.8cm。每个线圈都是 6430 匝。用四根螺栓(长短各两根)将两个线圈组合起来。线圈间有两个扇形的垫板(见图 3)厚度为 1.2cm。为了使磁体能够方便地安装和从杜瓦瓶中取出,螺栓上的不要太紧。

用四根德银管吊装磁体。其中两根作电流引线。这两根德银管的下部焊上多根超导线及铜线,尽量减少由焦耳热而引起的液氮的蒸发。

经理论计算,磁体中心处的磁场强度值为每安培电流产生 852.2G。冲击检流计法实测结果为每安培电流产生 849.7G。55 安培电流下,中心场强是 46kG。我们用了鸡西仪表厂生产的 JWL-150A 稳流超导磁体电源。电流稳定度为 5×10^{-4} A/h。可以用最大升流速率档(20A/min)对磁体进行升流。磁体轴线中点 ± 1 cm 范围内的均匀度是 2%。这样的均匀度不够理想。主要是磁体两个线圈间的间距比原设计大了,因而未能达到轴线中心处均匀度为 10^{-3} 的设计要求。如将该磁体的线圈拆除一些,再绕两组副线圈置于磁体中心处的两旁,非

物理

但场强提高,均匀度也会大大改善。

三、杜瓦瓶

使用玻璃杜瓦瓶进行强场下的低温磁光实验,特别是红外波段,光路复杂,光程长,给实验带来很多困难。为此,我们设计和制作了与亥姆霍兹型超导磁体配套的金属光学杜瓦瓶。杜瓦瓶结构示意图如图 4。

杜瓦瓶分成三层。内层是液氮容器,用壁厚 0.5mm、长 1100mm、直径 200mm 不锈钢筒,下部有一通光光路管(外径 12mm)。光路管的下面装了一个能活动的半圆形垫板(厚度为 12mm)。中层是液氮槽,防辐射屏置于液氮槽的下部,可以拆卸。液氮槽用紫铜板焊成。一个紫铜环将液氮槽与杜瓦瓶的上部连接起来,以减少液氮容器的温度梯度。杜瓦瓶外层是壁厚 2mm 的不锈钢板焊成的,下部有直径

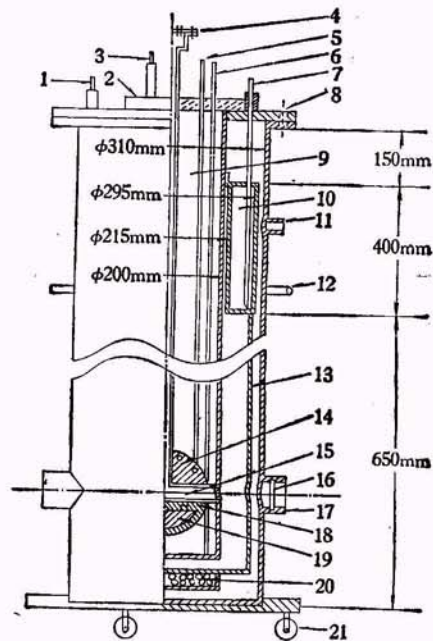


图 4 杜瓦瓶结构示意图

- | | | |
|-----------|------------|------------|
| 1. 氮气出口; | 2. 有机玻璃法兰; | 3. 氮气出口; |
| 4. 测量线接头; | 5. 磁体吊杆; | 6. 液氮注入管; |
| 7. 液氮注入管; | 8. 法兰; | 9. 杜瓦瓶内胆; |
| 10. 液氮槽; | 11. 抽气阻; | 12. 环形手把; |
| 13. 防辐射屏; | 14. 磁体上垫板; | 15. 通光光路管; |
| 16. 窗片; | 17. 窗口; | 18. 磁体; |
| 19. 活动垫板; | 20. 活性炭; | 21. 轮子 |

25mm的通光窗口,采用真空橡皮O圈密封,窗片可以更换。杜瓦瓶各层表面都经抛光处理,接口用氩弧焊接,氦质谱仪检漏。杜瓦瓶下面装上轮子,移动方便。

使用结果: 磁场为40kG时,六升液氮可工作三个小时,基本满足我们的实验要求。若在液氮容器颈部增设防辐射等特殊装置,可进一步降低液氮蒸发率。通光光路管置样品处的温度~15K。

四、磁体与杜瓦瓶的装置

磁体的四根德银管与有机玻璃法兰连接,磁体横置于杜瓦瓶中。杜瓦瓶、磁体、通光光路管的轴向互为垂直。调节德银管与法兰的连接位置,使磁体的中心对称点与杜瓦瓶内的通光光路管的对称中心重合。从通光光路管方向看去,磁体、通光光路管及测量引出线管相对位置示意图如图5。我们在前面已经指出,磁体组合时螺栓上的不太紧,磁体两部分之间的间距略大于12mm,确保磁体顺利的插入。通光光路管的外径及它下面的活动垫板厚度与上垫板的厚度相同。磁体通电后,两个线圈相互吸引,紧压上、下垫板及通光光路管,保证了磁体挡板不变形且间距为12mm。半圆形的下垫板能够活

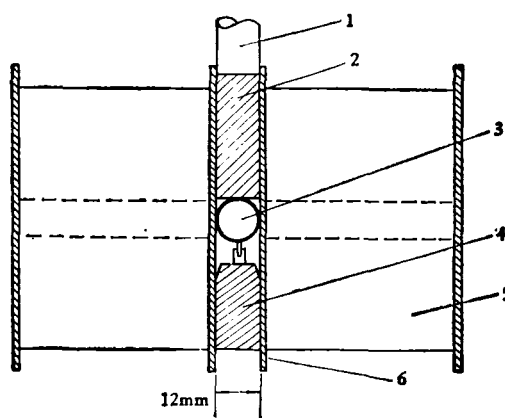


图5 磁体在杜瓦瓶中位置示意图

1. 测量线引出管; 2. 上垫板; 3. 通光光路管;
4. 下垫板; 5. 磁体; 6. 挡板

动,磁体的放入和取出都很方便。

我们在这套装置上做了在液氮温度下InSb的自旋反转受激喇曼散射及双光子的磁光吸收等实验。

参加这项工作的还有刘彩霞、朱印康、邢启江同志;此工作并得到了我系金加工车间,低温教研室,北京航空学院氩弧焊车间的支持;在磁体设计中低温教研室李传义同志给予热情帮助,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 焦正宽等, 超导电技术及其应用, 国防工业出版社, 1974年, 71-79页。

用于电子加速器的次级发射流强监测器

胡朝晖 曲树桐 刘玉珊 王友智 邢连华 张玉珍

(中国科学院高能物理研究所)

本文介绍了为监测电子直线加速器束流强度而研制的金属箔次级发射流强监测器及其性能。经法拉第筒校准后,作电子束平均流强监测用。对Al箔,相对误差小于2%。

次级发射监测器(secondary emission monitor 以下简称为SEM)是由G. W. Taufest等人最先提出并使用的^[1]。理论和实践已证实^[2-4],

SEM是电子加速器工作时一种较好的在线监测装置。最初只用于平均流强的监测,现在国际上已用作束流截面与发射度的监测装置^[6]。

早期的SEM多用于能量高于10MeV的电子加速器,后来Vanhuyse等人^[3]减少了SEM的组合箔数,使电子经受的多次散射减小,从而把SEM的应用推广到几个MeV的低能区域。我们实验用的SEM是由三张Al箔构成的,称为