**北京邮电大学**

**物 理 实 验 报 告**

**班号 2019211310 姓名 刘洋 学号 2019211453 实验日期 5.25**

**实验名称 霍尔效应实验**

|  |
| --- |
| **实验目的：** |
|  |
| 1.通过霍尔效应测量磁场 |
| 2.霍尔效应测量电导率 |
| **实验原理与操作步骤[基本物理思想、实验设计原理、物理公式及其意义、电路图（光路图）等；主要操作步骤]** |
| **实验原理**  **1.通过霍尔效应测量磁场**  霍尔效应装置如图1和图2所示。将一个半导体薄片放在垂直于它的磁场中(B的方向沿z轴方向)，当沿y方向的电极http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image001.png、http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image002.png上施加电流I时，薄片内定向移动的载流子(设平均速率为u)受到洛伦兹力FB的作用。   |  |  | | --- | --- | | http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image003.png | (1) |   11  图1 实验装置图（霍尔元件部分）          http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image005.png  图2  电磁铁气隙中的磁场  无论载流子是负电荷还是正电荷，FB的方向均沿着x方向，在洛伦兹力的作用下，载流子发生偏移，产生电荷积累，从而在薄片http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image006.png、http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image007.png两侧产生一个电位差http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image008.png,,形成一个电场E。电场使载流子又受到一个与http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image009.png方向相反的电场力http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image010.png，   |  |  | | --- | --- | | http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image011.png | (2) |   其中b为薄片宽度，FE随着电荷累积而增大，当达到稳定状态时http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image010.png＝http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image009.png，即   |  |  | | --- | --- | | http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image012.png | (3) |   这时在http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image006.png、http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image007.png两侧建立的电场称为霍尔电场，相应的电压称为霍尔电压，电极http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image006.png、http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image007.png称为霍尔电极。  另一方面，设载流子浓度为n,薄片厚度为d,则电流强度I与u的关系为：   |  |  | | --- | --- | | http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image013.png | (4) |   由(3)和(4)可得到   |  |  | | --- | --- | | http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image014.png | (5) |   令http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image015.png则   |  |  | | --- | --- | | http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image016.png | (6) |   http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image017.png称为霍尔系数，它体现了材料的霍尔效应大小。根据霍尔效应制作的元件称为霍尔元件。  在应用中，(6)常以如下形式出现：   |  |  | | --- | --- | | http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image018.png | (7) |   式中http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image019.png称为霍尔元件灵敏度，I称为控制电流。  由式(7)可见，若I、http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image020.png已知，只要测出霍尔电压http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image008.png，即可算出磁场B的大小；并且若知载流子类型(n型半导体多数载流子为电子，P型半导体多数载流子为空穴),则由http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image008.png的正负可测出磁场方向，反之，若已知磁场方向，则可判断载流子类型。  由于霍尔效应建立所需时间很短(10-12~10-14s),因此霍尔元件使用交流电或者直流电都可。使用交流电时，得到的霍尔电压也是交变的，(7)中的I和http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image008.png应理解为有效值。  **2.霍尔效应实验中的负效应**  在实际应用中，伴随霍尔效应经常存在其他效应。例如实际中载流子迁移速率u服从统计分布规律，速度小的载流子受到的洛伦兹力小于霍尔电场作用力，向霍尔电场作用力方向偏转，速度大的载流子受到磁场作用力大于霍尔电场作用力，向洛伦兹力方向偏转。这样使得一侧高速载流子较多，相当于温度较高，而另一侧低速载流子较多，相当于温度较低。这种横向温差就是温差电动势VE，这种现象称为爱廷豪森效应。这种效应建立需要一定时间，如果采用直流电测量时会给霍尔电压测量带来误差，如果采用交流电，则由于交流变化快使得爱廷豪森效应来不及建立，可以减小测量误差。  此外，在使用霍尔元件时还存在不等位电动势引起的误差，这是因为霍尔电极http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image006.png、http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image007.png不可能绝对对称焊在霍尔片两侧产生的。由于目前生产工艺水平较高，不等位电动势很小，故一般可以忽略，也可以用一个电位器加以平衡(图-1中电位器R1)。我们可以通过改变IS和磁场B的方向消除大多数副效应。具体说在规定电流和磁场正反方向后，分别测量下列四组不同方向的IS和B组合的VBB’,即   |  |  | | --- | --- | | ＋B， +I | VBB’=V1 | | -B，  +I | VBB’=-V2 | | -B，  -I | VBB’=V3 | | ＋B， -I | VBB’=-V4 |   然后利用http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image021.png得到霍尔电压平均值，这样虽然不能消除所有的负效应，但其引入的误差不大，可以忽略不计。  电导率测量方法如下图所示。设B’C间距离为L，样品横截面积为S=bd，流经样品电流为IS，在零磁场下，测得B’C间电压为http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image022.png,根据欧姆定律可以求出材料的电导率。电导率公式http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image023.png。  http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%8E%9F%E7%90%86.files/image024.png |
| **实验内容**  将测试仪上http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image001.png输出，http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image002.png输出和http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image003.png输入三对接线柱分别与实验台上对应接线柱连接。打开测试仪电源开关，预热数分钟后开始实验。  1.保持http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image001.png不变，取http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image001.png＝0.450A，http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image002.png取0.50,1.00……,4.50mA，测绘http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image003.png-http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image002.png曲线，计算http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image004.png。  2.保持http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image002.png不变，取http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image002.png＝4.50mA，http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image001.png取0.050,0.100……,0.450A，测绘http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image003.png-http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image001.png曲线。  3.在零磁场下，取http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image002.png=0.1mA，，测http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image005.png。  4.确定样品导电类型，并求载流子浓度n ,迁移率http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image006.png ,电导率http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image007.png（1/Ω·cm）。   |  | | --- | | http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image008.png | | http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image009.png |   电子的迁移率，表示每秒钟每伏特电压下电子的运动范围大小。用来描述载流子在电场下运动的难易程度，其定义是：在弱电场作用下，载流子平均漂移速率与电场强度的比值。它的量纲是速度除以电场强度，常用的单位是http://10.69.25.155:8002/Upload/LabSource/2020512141410%E9%9C%8D%E5%B0%94%E6%95%88%E5%BA%94%E5%AE%9E%E9%AA%8C/%E5%AE%9E%E9%AA%8C%E5%86%85%E5%AE%B9.files/image010.png。 |
| **实验数据记录** |
| **一、在零磁场下测量的值：** |
| 在零磁场下，当IS=0.1mA时，霍尔元件上DE之间的电势差 (单位:mV) -15.01 ； |
| 记录霍尔片参数： L(DE之间距离)=2.994mm ，宽b= 3.992mm\_，厚度d= 0.4999mm \_。 |
|  |
| **二、测量霍尔元件的—Is特性曲线:** 移动霍尔元件片使其处于磁场最大处。保持电路中 |
| 的励磁电流**Im=0.45A不变**,调节工作电流Is从0.5 mA增加到4.5mA,每隔0.5mA测量相应 |
| 的霍尔电压值（单位：mV）。 |
| 此时励磁电流大小Im= 0.45 (A)，励磁线圈的系数：**m·n = 5050 （ Gs/A ），计算电磁线圈的磁场大小为B=**m·n·Im= 0.22725 (T)。注：1T=104 Gs      每组数据下对应的   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 1.02 | 2.07 | 3.15 | 4.14 | 5.20 | 6.26 | 7.23 | 8.28 | 9.33 | |
|  |
| 实验过程截图贴至此处（包括实验装置连线图，实验时间，电流表、电压表对应上表中任意 |
| 1次的测量值） |
|  |
| **三、测量霍尔元件的— Im 曲线:** 移动霍尔片使其处于磁场最大处。保持电路中的工作 |
| 电流**Is=4.5mA不变**,调节励磁电流Im从0.05 A增加到0.45A,每隔0.05A测量相应的霍尔 |
| 电压值（单位：mV）。 |
| 此时工作电流大小Is= 4.5 (mA)。 |
| 每组数据下对应的   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 0.92 | 1.95 | 3.04 | 4.07 | 5.14 | 6.19 | 7.24 | 8.32 | 9.35 | |
| **四、判断霍尔元件的载流子类型**（请填P或N） 型（**选做**，自行设计实验步骤） |
| **五、数据处理要求：** |
| 1.计算材料的电导率; |
| 2.绘制霍尔元件的—Is曲线，图解法求出斜率，计算霍尔元件灵敏度； |
| 3.绘制霍尔元件的—Im曲线，并讨论； |
| 4.计算霍尔元件的载流子浓度。（**选做**）    2.选择点（1.0，2.0）（4.0，8.3） |
|  |
|  |
| **对于Vh-Im曲线，随着Im的增大，Vh也在增大** |
|  |
|  |
| **回答问题：** |
| 1.为什么霍尔元件要选用半导体材料制作？为什么霍尔元件通常做成薄片状？ |
| 半导体迁移率很高，电阻率适中，是制造霍尔元件的较理想材料。金属的迁移率和电阻率均很低，而不良导体电阻率虽高，但迁移率极小。因此霍尔元件一般采用半导体材料制造。 |
| 霍尔电压与样品形状关系密切，我们假设长宽比为4时，长宽比霍尔角函数趋近于1，这时候会发现，其他条件不变，霍尔电压与样品厚度成反比，霍尔元件灵敏度Kh=Rh(霍尔系数)/d(厚度)，所以越薄，霍尔元件灵敏度越高。 |
|  |
| 2.如何判断实验中所用的霍尔元件是N 型还是P 型半导体材料？ |
| 用[左手定则](https://www.baidu.com/s?wd=%E5%B7%A6%E6%89%8B%E5%AE%9A%E5%88%99&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao)，磁场方向穿过手心，四指方向为电流方向，拇指为[电场方向](https://www.baidu.com/s?wd=%E7%94%B5%E5%9C%BA%E6%96%B9%E5%90%91&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao)，拇指指向负电荷一侧，此时为P型半导体，空穴型。若方向正好相反，则为[N型半导体](https://www.baidu.com/s?wd=N%E5%9E%8B%E5%8D%8A%E5%AF%BC%E4%BD%93&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao)。 |
|  |
|  |