

太阳能电池原理及工艺流程

太阳能是人类取之不尽用之不竭的能源，同时也是清洁能源，其本身不会产生任何环境污染。在太阳能的有效利用当中，太阳能光电转换利用是近些年来发展最快、最具活力的研究领域，是太阳能技术应用领域中最受瞩目的项目之一。

制作太阳能电池主要是以半导体材料为基础，其工作原理是利用光电材料受光能照射后发生光电反应而实现能量转换。根据所用材料的不同，太阳能电池可分为：硅基太阳能电池、薄膜太阳能电池、生物太阳能电池等等，这里主要讲的硅基太阳能电池。

硅太阳能电池

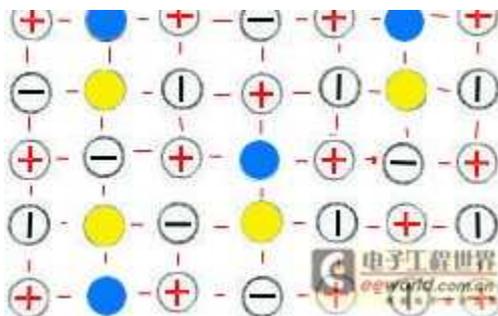
1. 硅太阳能电池工作原理与结构

太阳能电池发电的原理主要是半导体的光电效应，一般的半导体主要结构如下：



图中，正电荷表示硅原子，负电荷表示围绕在硅原子旁边的四个电子。

当硅晶体中掺入其他的杂质，如硼、磷等，当掺入硼时，硅晶体中就会存在着一个空穴，它的形成可以参照下图：



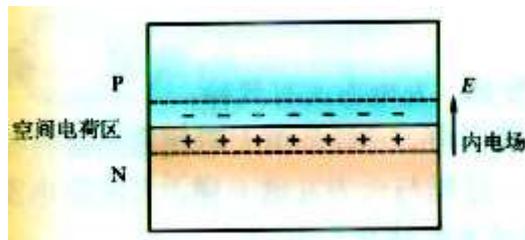
图中，正电荷表示硅原子，负电荷表示围绕在硅原子旁边的四个电子。而黄色的表示掺入的硼原子，因为硼原子周围只有 3 个电子，所以就会产生入图所示

的蓝色的空穴，这个空穴因为没有电子而变得很不稳定，容易吸收电子而中和，形成P（positive）型半导体。

同样，掺入磷原子以后，因为磷原子有五个电子，所以就会有一个电子变得非常活跃，形成N（negative）型半导体。黄色的为磷原子核，红色的为多余的电子。如下图。

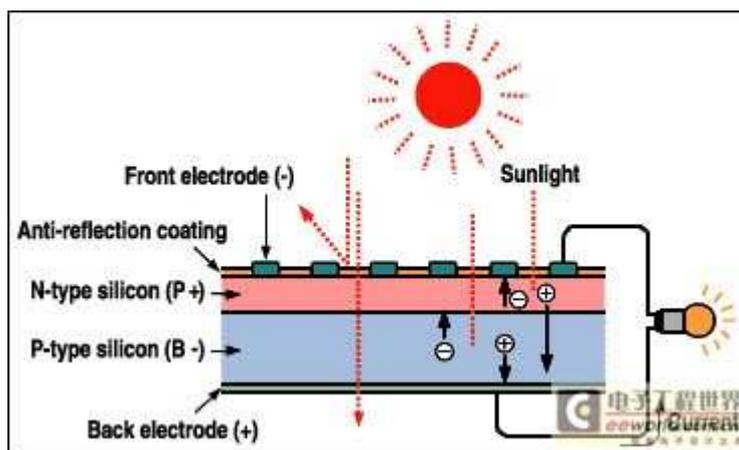


P 型半导体中含有较多的空穴，而 N 型半导体中含有较多的电子，这样，当 P 型和 N 型半导体结合在一起时，就会在接触面形成电势差，这就是 PN 结。



当 P 型和 N 型半导体结合在一起时，在两种半导体的交界面区域里会形成一个特殊的薄层（界面的 P 型一侧带负电，N 型一侧带正电。这是由于 P 型半导体多空穴，N 型半导体多自由电子，出现了浓度差。N 区的电子会扩散到 P 区，P 区的空穴会扩散到 N 区，一旦扩散就形成了一个由 N 指向 P 的“内电场”，从而阻止扩散进行。达到平衡后，就形成了这样一个特殊的薄层形成电势差，这就是 PN 结。

当晶片受光后，PN 结中，N 型半导体的空穴往 P 型区移动，而 P 型区中的电子往 N 型区移动，从而形成从 N 型区到 P 型区的电流。然后在 PN 结中形成电势差，这就形成了电源。（如下图所示）

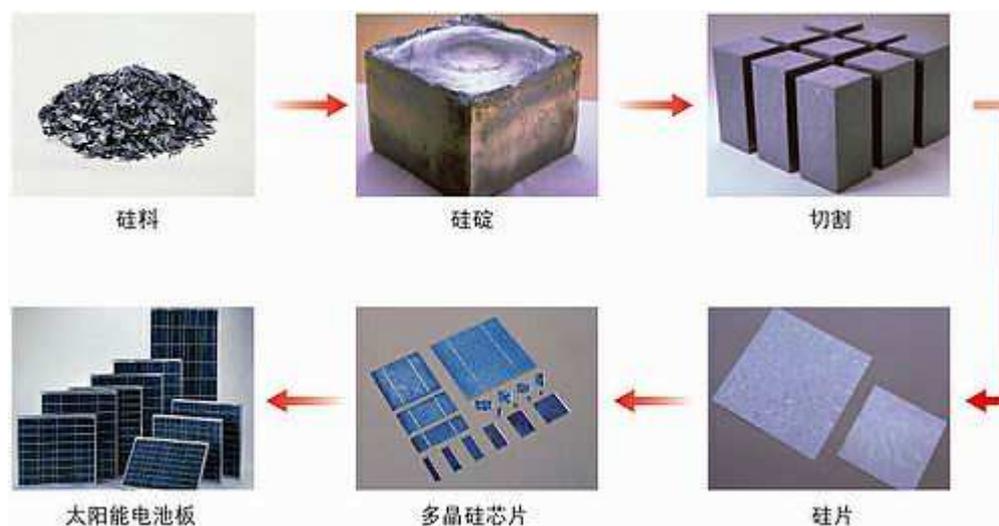


由于半导体不是电的良好导体，电子在通过 p-n 结后如果在半导体中流动，电阻非常大，损耗也就非常大。但如果在上层全部涂上金属，阳光就不能通过，电流就不能产生，因此一般用金属网格覆盖 p-n 结（如图 梳状电极），以增加入射光的面积。

另外硅表面非常光亮，会反射掉大量的太阳光，不能被电池利用。为此，科学家们给它涂上了一层反射系数非常小的保护膜（如图），实际工业生产基本都是用化学气相沉积沉积一层氮化硅膜，厚度在 1000 埃左右。将反射损失减小到 5% 甚至更小。一个电池所能提供的电流和电压毕竟有限，于是人们又将很多电池（通常是 36 个）并联或串联起来使用，形成太阳能光电板。

2. 硅太阳能电池的生产流程

通常的晶体硅太阳能电池是在厚度 350~450 μm 的高质量硅片上制成的，这种硅片从提拉或浇铸的硅锭上锯割而成。



上述方法实际消耗的硅材料更多。为了节省材料，目前制备多晶硅薄膜电池多采用化学气相沉积法，包括低压化学气相沉积（LPCVD）和等离子增强化学气

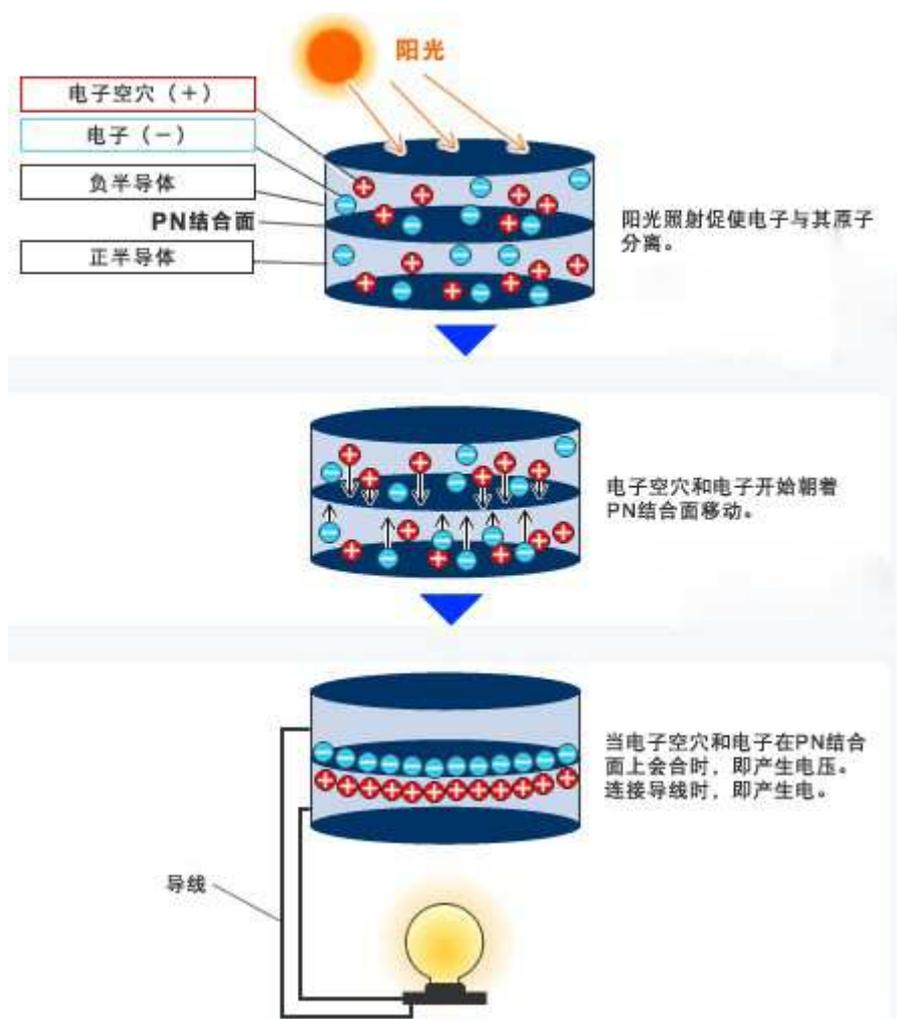
相沉积（PECVD）工艺。此外，液相外延法（LPPE）和溅射沉积法也可用来制备多晶硅薄膜电池。

化学气相沉积主要是以 SiH_2Cl_2 、 SiHCl_3 、 SiCl_4 或 SiH_4 为反应气体，在一定的保护气氛下反应生成硅原子并沉积在加热的衬底上，衬底材料一般选用 Si、 SiO_2 、 Si_3N_4 等。但研究发现，在非硅衬底上很难形成较大的晶粒，并且容易在晶粒间形成空隙。解决这一问题办法是先用 LPCVD 在衬底上沉积一层较薄的非晶硅层，再将这层非晶硅层退火，得到较大的晶粒，然后再在这层籽晶上沉积厚的多晶硅薄膜，因此，再结晶技术无疑是很重要的一环，目前采用的技术主要有固相结晶法和中区熔再结晶法。多晶硅薄膜电池除采用了再结晶工艺外，另外采用了几乎所有制备单晶硅太阳能电池的技术，这样制得的太阳能电池转换效率明显提高。

太阳能电池发电的原理

太阳能电池发电的原理主要是半导体的光电效应。能产生光电效应的材料有许多种，如：单晶硅，多晶硅，非晶硅，砷化镓，硒铜等。它们的发电原理基本相同。现以硅为例说明。

带正电荷硅原子旁边围绕着四个带负电荷的电子。可以通过向硅晶体中掺入其他的杂质，如硼、磷等来改变其特性。当掺入硼时，因为硼原子周围只有 3 个电子，所以硅晶体中就会存在着一个空穴，这个空穴因为没有电子而变得很不稳定，容易吸收电子而中和，形成 N 型半导体。当掺入磷原子时，因为磷原子有五个电子，所以就会有一个电子变得非常活跃，形成 P 型半导体。N 型半导体中含有较多的空穴，而 P 型半导体中含有较多的电子，这样，当 P 型和 N 型半导体结合在一起时，就会在接触面形成电势差，这就是 PN 结。当光线照射太阳能电池表面时，PN 结中的 N 型半导体的空穴往 P 型区移动，而 P 型区中的电子往 N 型区移动，从而在 PN 结两侧集聚形成电位差。当外部接通电路时，在该电压的作用下，将会有电流流过外部电路产生一定的输出功率。这个过程就是光子能量转换成电能的过程。



其他相关知识:

1. 塞贝克效应: 德国物理学家塞贝克发现, 两种不同导体所组成的回路中, 当两接点处于不同温度时, 就产生电动势, 因而也就产生电流。

2. 隧道效应原理: 在两层金属导体之间夹一薄绝缘层, 就构成一个电子的隧道结。实验发现电子可以通过隧道结, 即电子可以穿过绝缘层, 这便是隧道效应