

出国参观考察报告

法国、澳大利亚太阳能利用情况

科学技术文献出版社

出国参观考察报告

法国、澳大利亚太阳能利用情况

(内部发行)

编辑者: 中国科学技术情报研究所

出版者: 科学技术文献出版社

印刷者: 北京印刷三厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 2.5印张 64千字

统一书号: 13176 · 8 定价: 0.30元

1977年2月出版

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业、干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。

目 录

一、国际太阳能发电会议概况及法国太阳能利用情况	(1)
(一) 硅太阳电池和光生发电机	(2)
(二) 薄膜硫化镉太阳电池	(5)
(三) 太阳热能利用	(10)
二、澳大利亚太阳能研究概况	(11)
(一) 家用小型太阳能热水器	(12)
(二) 高温太阳能热水器	(12)
(三) 木材烘干窑	(12)
(四) 太阳能淡化	(14)
(五) 今后工作	(15)
附：国际太阳能发电会议论文摘要	(16)

一、国际太阳能发电会议概况及 法国太阳能利用情况

“国际太阳能发电会议”于一九七六年三月一日至五日在法国图鲁兹市召开，有四十多个国家参加，有四百三十五人出席。

法国对这次会议很重视，新能源委员会委托法国宇航中心(CNES)和科研中心(CNRS)负责组织，由这个委员会官方负责人高立在会上致了开幕词。在四十个与会国中有十七个国家提出了九十九篇报告。第三世界国家如巴西、尼日尔、马来西亚等分别报告了他们在本国内进行的工作。提供报告最多的国家是法国占总数的一半，其次是美国、苏联等。这不但显示了这个会议的国际性，而且充分说明了世界各国对太阳能利用的重视。当然据了解世界上各国在太阳能方面还作了许多工作。可能因为各种原因未能出席会议或提供报告，像我国和日本等就是。

会议上除了几篇综合报告是在全体会议上宣读以外，其他报告分别在光电和热电两个分会场上同时进行的，会议结束前进行了圆桌会议讨论了一些方向性、共同性的问题。

会议的学术气氛较浓，提问较多，也没有什么倡议、声明、协作任务等活动。总的来说，热电研究工作引起了与会者更多的兴趣，几乎每次会场都坐满了听众。由于我们没有这方面专业人员参加，因此热电报告听的很少。

会后在法国对有关光电和热电研究的一些单位进行了参观和技术座谈。这些单位有：

①法国宇航中心(CNES)的电子物理研究室、环境考验和标定介绍。日光反射研究小组的太阳热能利用设计。

②电子、物理实验室(LEP)光伏研究室的设备和座谈。

③原子能委员会(CEA)的能量转换和热传递部。

④和阿诺尼姆公司(SAT)：高叶经理介绍座谈。

⑤蚌任拉(BRIAUI)泵公司：太阳水泵站。

⑥索夫立特协会(SOFRETES)热电技术座谈。

⑦比利牛斯山的大型高温太阳炉和太阳取暖的住宅。

⑧马赛大学光电冶金和日光反射实验室。

通过会议和参观，我们了解到一些新的动向受到了较大的启发。特别是对近年来由空间使用太阳能技术的基础上，逐渐转向地面应用所采取的新措施方面。如：①多晶硅拉膜法；丝网漏印上栅法以及硫化镉的化学喷涂法等都是降低成本的新途径。②黑电池的制备和硫化镉膜中掺锌是突破当前常规电池效率的有效措施。③热电方面的接受器的结构、吸热材料以及储热研究对于我国提高太阳能利用率和扩大应用范围，像小型干燥器、太阳水泵和太阳热水器等方面有一定参考价值。

下面我们分二部分将有关的技术内容做以介绍，供有关同志参考。待会议资料汇编出版后以会议报告原文为准。

一、硅太阳电池和光生发电机。

二、薄膜硫化镉太阳电池。

三、太阳热能利用。

(一) 硅太阳电池和光生发电机

在会上有关硅太阳电池、肖特基势垒，异质结太阳电池、光生伏打发电机和光生伏打系统等四个专题共三十八篇报告，占报告总数的百分之四十。从这些报告中可看出：

近两年来在空间应用太阳能技术的基础上，美国、法国、西德等陆续转向地面应用，发展的总趋势是大规模地面应用必需使其成本降低。目前使用太阳能电池发电的投资要比原子能发电的投资还要高四十多倍，美国在近十年内要实现降低十倍价格的工艺改进，并积极研究能使价格降低一百倍的新工艺。法国在近五年内通过工艺改进使电池降到原价的一半或十分之一，八十年代的后五年中通过用多晶沉积硅薄膜代替单晶硅工艺以及采用除硅以外的其他电池材料，如硫化镉、三、五族和二、六族等化合物，可预计再降一个数量级。总之，围绕降低成本均作了广泛的研究：改进简化生产工艺；研究新材料；探索提高效率的新途径和应用考验等等。

在一般的研究规划中大体上分近期（75—85年）和远期（85—2000年）两步，近期主要改进器件工艺提高效率，远期主要是新材料新工艺的研究。

下面分四部分把会议上和参观中在为此目的而采取的新措施作以简要介绍：

(一) 硅太阳能电池。

(二) 硅肖特基和异质结太阳电池。

(三) 光生伏打系统：1. 光生伏打发电机。

2. 组合板应用考验。

3. 太阳光伏聚光器。

(四) 其他部分。

1. 硅太阳电池：

主要是采取新工艺新材料来达到提高效率降低成本的目的。据美国、法国人介绍，在1976~1980年单晶硅电池效率要从目前的 10—12% 提高到 16%，单晶直径从 $\phi = 50-75$ 毫米提到 $\phi = 100-150$ 毫米；硅片厚度从 0.3 毫米减到 0.2 毫米或者更薄。价格要从目前的 每瓦 50 美元降到每瓦四美元，八零年以后要降到每瓦 1 美元或 0.5 美元。同时要以沉积的多晶硅薄膜或其他材料代替单晶硅。

(一) 提高原有电池效率

① 继紫电池之后，法国电子、物理实验室在这次会上提出制备黑电池工艺，据作者介绍，如果条件选好，电池的光吸收率可达 98%，这样电池的效率可以由原来的 10% 左右提到 15%。

黑电池的工艺：采取薄的单晶硅片，用一种特殊的腐蚀方法将表面腐蚀成许多小金字塔形状（ 10μ 左右），在不加任何反射涂层下，这种电池表面可对反射光由 30% 减到 10%。但要注意选择适当温度成结。

② 制备薄的背电场电池：在单晶硅片背面引入一个电场，作成 n^+pp^+ 形式的电池，这样光生载流子不在背面接触电极处复合，可提高短路电流。同时介绍如果把黑电池和背电场电池的工艺合并则对 50—100 微米的薄硅电池可以达到最高效率，这是因为背电场电池保持高的收集效率又采用一个反射的背接触更增加了收集效率，而且开路电压是随电池厚度的减

少而增加的。

黑电池本身，光是在平均厚度中被吸收，这比正常电池减薄了。

③采取新的覆盖层：美国介绍用塑料或玻璃冲压制成的一种锯齿形覆盖层，可以提高电池的输，使电池的效率改进10%。其作用是：i，使由覆盖层表面上反射光的减少了。

ii，使入射光再导向第二个平面又折射回电池表面提高电池光呼吸率。一般的被栅线所盖住入射光的6~8%的损失，至少有50%可以被锯齿型覆盖层收回，这种覆盖层的反射损失为2~3%，总电流增益为5%和普通覆盖层相比，预料通过卷包栅和锯齿覆盖层，则由电极栅线接触引起的损失可以减少到零。

④材料、结构的选择：荷兰人介绍选取欧洲六国电池和美国十二种电池，材料电阻率从1—10欧姆-厘米的区熔硅和坩埚硅单晶，厚度0.225—0.3毫米的电池作了研究和考验，认为对地面应用低电阻率材料的背电场结构可以得到最大的功率输出。

(2) 降低成本的途径

①为了使电池降价100倍或更多，仅仅改进现有的器件工艺仍然不能摆脱昂贵的单晶硅材料作电池的价格，为此美国、法国预计采取多晶硅薄膜来代替单晶硅。美国几年前对定边喂膜法(E.F.G.)、气相沉积法(C.V.D)、真空蒸发法(E.B.S)等制备硅薄膜作了不少工作，但都没有得到满意的结果。在这次会上，法国提出了一个以石墨为基板的拉膜法，这种方法的设备简图如图1所示，方法如下：

将石墨压成薄片，在设备容器充入氢气放上金属硅，以高频对硅进行局部加热，到硅熔融将基板从其中以每分钟12厘米的速度拉出，在基板上生成多晶硅薄膜，膜厚可以控制，石墨的选择认为正六面体结构为好。同时对薄膜进行了X—射线衍射分析晶粒排列较整齐。在拉膜方向晶粒较长，长晶方向为211面与基板平行方向为111面。

同时也介绍了过去以石墨舟作的薄膜硅，作效率为5—6%的电池。

这种拉膜方法设备简单，，由于石墨与熔融硅接触时间仅仅3—5°因而不会产生SiC薄层，没有掺杂和设备腐蚀等问题，采用此法可能做到廉价生产硅电池。目前处在成膜阶段，在器件工艺上，需要考虑非扩散成结的方法等才能制得好的电池。

②在电极接触上，英国、法国等介绍用丝网漏印法制备电极，这种方法已引起许多国家的重视。

丝网漏印法：就是用一个丝绸网栅模，放在成结后的基片上，然后用类似油印法或挤压法，印在栅网处，再刮平，经过加温热处理即可。这种作法可以保留硅热氧化物。这不但简化生产工艺步骤降低了成本而且电极与电池间的接触比蒸发法更牢固。

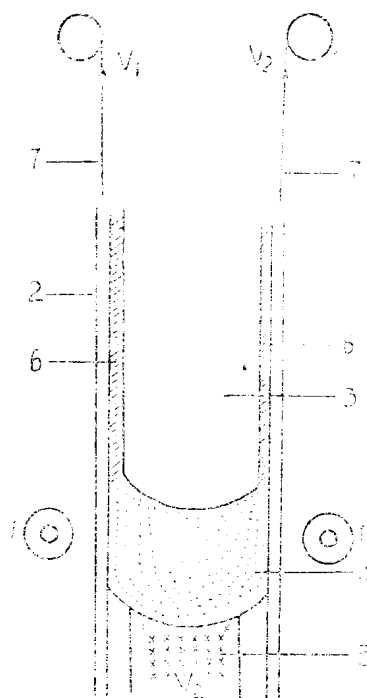


图 1

1.高频加热器，2.石墨基板，3.设备容器，4.熔融硅，5.金属硅，6.硅薄膜，7.拉伸方向。

③多晶薄膜硅和薄硅片都在成结时易造成短路，因此将采取肖特基带透明囊封及做异质结等来解决（详见〈二〉）

④在单晶材料上采取大园片，减少材料切割损失，法国无线电技术公司(RTC)全部生产直径 $\phi=50-60$ 毫米的单晶作电池，提供作电源用。

2. 肖特基和异质结太阳电池

伴随着低价的多晶硅薄膜逐渐代替单晶硅的进程中，在沉积的多晶硅薄膜上成结就不能采用在单晶硅中已成熟的高温制结方法，因为薄的晶界层的影响进行高温扩散易造成短路，所以必须采取低温制结；提出了肖特基势垒和金属与半导体的异质结太阳电池的工艺。

（1）肖特基和异质结太阳电池的特点和技术途径：

特点：以掺锡的三氧化二锑和硅的异质结电池为例其特点是：

①同一个膜可以有三种作用：起抗反射，透明电极和正向收集的作用。

②避免扩散引起的死层，由于电场存在表面复合速度降低，兰色响应增加。

③在 A_{ml} 下，电池效率大于6%，开路电压为400毫伏，短路电流密度： $35\text{mA}/\text{cm}^2$ 。

技术途径：在 $m-S$ 太阳电池中：（ $m-S$ 为金属和半导体），主要是开路电压低，所以转换效率也低（2~3%），其关键是如何改善界面影响问题，如：界面厚度及结构等。因此采取下列方法提高开路电压：

①正确选择金属。②用 mlS 结构。③用MOS结构，特别是通过对金属一氧化物一硅二极管的研究和开路电压与接触点的关系的研究开路电压可改进50%，法国人介绍通过界面的改进使 $m-S$ 太阳电池效率改进8%。

短路电流的提高：以卤化处理绝缘氧化层改进 mlS 硅太阳电池的短路电流，即在 450°C 下进行氢处理，降低禁带中心的氧化硅界面状态上的数目，提高短路电流。如：沉积金属电极前用 HF 处理氧化层几秒钟，短路电流可以增加1.5倍。同时绝缘氧化层为 $30\text{\AA}$ 时增强肖特基接触近似经典 $p-n$ 结水平。

（2）二氧化锡和硅异质结的制备和异质结的有关计算：对于 SnO_2-Si 异质结中二氧化锡是透明和导电的，作为光伏结构（电极和异质结一部分）它的选定很重要。

①制备方法：

当 SnCl_4 加热后有 $\text{SnCl}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SnO}_2 + 4\text{HCl}$

要控制炉温 T_1 、 T_2 氧体流走，喷涂时间以及掺杂的氟化铵(NH_4F)，三氯化锑(SbCl_3)的影响等。

作了 $T_2=460-600^\circ\text{C}$ ， $T_1=380^\circ\text{C}-400^\circ\text{C}$ 和 SnO_2 层不同厚度等研究提供些数据，以 SnO_2 为电极效率达3—4%。

②异质结效率的计算：

今后地面应用的将是薄膜异质结电池，过去计算都是同质结电池的效率，如何将此计算推广异质结进行了计算研究，指出如何使收集效率比同质结更高等。

3. 光伏打系统

这里分光伏打发电器及其环境考验和光伏打聚光器几部分。

（1）光伏打发电器

光伏打发电器就是把单个硅光电池片组合起来构成功率大小不等的供电装置。许多国家都为地面使用开展组合研究和使用的考验。德国运用空间应用的十年左右的经验自1975—1978年搞一个分步生产2000瓦的地面太阳能发电机的计划。单体电池是电阻率为2欧姆-厘

米,厚度为0.27—0.4毫米的 n^+p 型,电极是钛、钼、银、氧化钛减反射膜,效率是 11—12%,以镶片为互连片,32只圆片组合成一个小板。美国、英国也都有些中小型规模的地面应用装置,美国在路易斯中心建立一个10千瓦的设备进行考验。法国无线电技术公司(RTC),已做出多种不同功率的组合板在非洲、马来西亚和国内进行应用考验。阿诺尼姆公司(SAT)也把每年为空间生产选下来的废片约 2 万片组合起来应用。

(2) 应用环境考验

①环境和使用条件的考验看组合板能否在各种应用环境下能长期工作,法国对300 瓦发电机进行加速考验;美国对太阳方阵进行使用条件和环境条件下组件和材料寿命的考验。

法国无线电技术公司(RTC),组合的方阵在法国蚌任拉公司供水泵使用考验,电压为 24V—48V,功率2000W已经应用一年,预计可用 50 年。在非洲沙漠和边远地区给电视学校、灯塔、水泵和独立供电等。瑞士做微型发电机应用于电子手表而且用废品电池就可以。总之,太阳能电池发电器可以解决偏远难以送电地区的供电问题。

(3) 光生伏打聚光器

聚光器是低价利用太阳能中除研究低价能量转换器外所夺取的在转换之前给与聚光而获得高能的一种方法。聚光器在解决各种太阳镜技术问题时,必须在收集表面有一个均匀场,转换器效率最高决定聚光器的表面形状,表面有抛物面的,但多数是平面,同时要考虑接收器要定向和跟踪日光。

在光伏聚光器应用中遇到一个高光强下效率下降的问题,因为聚光温度升高,开路电压随温度升高而下降;另外串联电阻要增大伏安曲线变坏,因此聚光器要适当的冷却和通风以及改变器件工艺来解决上述问题。但聚光器价格太贵,必须降到转换器的价格才能应用。

4. 其他几个问题

(1) 储电问题

为了保证日夜进行供电,据各国报导,地面均使用通常的铅蓄电池,目前价格仅占总价的十分之一。如:法国人介绍:一九七六年太阳电池占总价的70%;蓄电占总价的10%;到一九八五年则太阳电池占总价的15%而蓄电占总价的35%,这说明一旦太阳能的成本降低,蓄电池的价格就会提到日程上来。因此从现在起对蓄电池就应开始寻找低价的途径。

(2) 太阳能电池的标定问题

法国、英国介绍了太阳能电池标定的工作。法国宇宙研究中心介绍了以气球标定太阳电池的方法。他们认为在几种标定方法中气球标定较好。

气球体积为 5 万立方米充氢气,高度为10—35公里,全部系统以遥控指令,自动定向、测量等。精度0.5%,一次标定 20×20 平方毫米的电池共30只,主要测量电压、电流、温度,每十六秒钟测一次,强调指出不同工艺的电池都要进行标定。在设备中要考虑温度、大气、日地距离等修正系统对日光成 90° 误差在 1° 以内。标定中71年和75年对一个电池而言基本没变。

英国人也介绍在马耳他地面标定的问题,他提出在一定光强下,输出与阳光的能量光谱有明显的关系,它随地区、天气、每天日照时间和每年季节等变化,因此必须有个国际标准。标定光强平均差 $\pm 2\%$,温度 $\pm 1^\circ\text{C}$,环境温度 $28 \pm 2^\circ\text{C}$ 。

(二) 薄膜硫化镉太阳电池

薄膜硫化镉太阳电池已在美国和法国生产。尽管法国阿诺尼姆公司和宇航中心共同对该

电池进行了长期和空间考验证实了该电池的可靠性, 由于美国还不肯在空间使用硫化镉电池, 欧洲各国也都在观望。因此, 该电池的批量生产影响了其价格。该电池比硅电池的 400 法朗/瓦的价格还要高。不管在材料使用上或是工艺上都不能满足廉价的要求。为此, 在最近几年在这方面进行了很多研究工作。

美国一家公司提出用窗玻璃做基板, 二氧化锡做透明电极。用镉的化合物与硫脲喷到 150°C 基板上制得的太阳电池平均效率为 $4.5-5\%$ 。最高达 5.8% 。讨论了喷涂中液滴大小对膜性能的影响, 认为液滴直径为 50μ 最适合。在喷液中加入添加剂可使膜致密性提高, 膜厚 $2-3\mu$ 。电池是以后壁方式工作的。

法国阿诺尼姆公司在 1974 年 11 月报导了开始用一种含有镉和硫的溶液在 200°C 下沉积在一个衬底上并作了价格的估计:

一块大尺寸的玻璃板作为衬底和一个二氧化锡层的透明电极价值 0.25 美元/瓦。

一层将要转化为硫化亚铜的喷涂硫化镉层

一层硫化镉层共值 0.5 美元/瓦。

一个金属喷涂层作为第二个电极值 0.25 美元/瓦。

因而预计 5—15 年内可达 1 美元/瓦的指标。

在这次会议上, 法国马赛大学光电冶金实验室对美国的结果表示怀疑。该实验室正在研究阿诺尼姆公司用化学喷涂法制成膜的基本性质。法国电化学和分析化学实验室也配合进行喷涂制膜的工艺。喷涂膜是用氯化镉或硝酸镉与硫脲的水溶液喷到 200°C 以上的基板上得到相当好化学配比的多晶膜。结晶取向决定于在溶液中的硫镉比。在比值为 1 时主要取向为 (002) 面。热处理能改善晶形。

具体情况如下。

1. 条件的选择

(1) 喷涂液可从下列两组化合物中选择:

丙酸镉 硝酸镉 乙酸镉 氯化镉

硫脲 硫代氰化铵 N—N' 二甲基硫脲

(2) 基板温度: $340-450^{\circ}\text{C}$ 之间

(3) 喷涂速度: 10—15 毫升/分

(4) 喷液浓度: 不大于 0.01 Ml。

(5) 膜的掺杂: 将掺杂物加入到喷液

(6) 热处理: 450°C 氩气氛并有硫化镉同时存在

(7) 膜的性质: 电阻率为 $10^2-10^3\Omega\text{cm}$, 120°C 1 小时热处理后电阻率下降到 $1\Omega\text{cm}$ 。

2. 实验和结果

(1) 膜的制备和结晶:

每次将基板加热到 120°C 除去水份, 然后加热到 230°C 进行沉积硫化镉膜, 最后将基板温度升到 340°C 使反应中产生的氯化铵升华。每次喷涂 $0.1-0.2\mu$ 硫化镉速度为 50 毫升/小时。

除喷液中硫镉比为 1 时可得 (002) 面取向以外, 其他比值的喷液所得薄膜均为不定形。然而热处理在 450°C 下进行一周后结晶增长到 1μ 。

热处理后, 锌的掺杂对膜没有任何影响。

(2) 膜的性质: 焊钢后测得电阻率为 $10^4\Omega\text{cm}$ 左右。在溶液中掺 3% 锌时电阻率可降到 $10^2-10^3\Omega\text{cm}$ 。

电阻率在 $-100^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$ 间与温度和 0.8eV 的活化能成对数关系。 100°C 以上在膜上附加 0.5V/cm 的电场时电阻率随时间降低、电场再增加时此效应更显著直到电阻率下降到 $1\Omega\text{cm}$ 停止。去除电场在 120°C 下热处理 1 小时后电阻率恢复到原值。这个现象到目前还不能解释。

热处理增加膜对光的透明度。此膜对很短光波是不透明的，对 0.5μ 光的透过率不超过 3 %。

此膜具有光导性。热处理对陷井现象的影响是显著的。光导响应的时间是十分之几秒的量级。

(3) 结论：必须将喷涂膜（硫化镉）的制备方法，物理性质，产生结构和制得电池性质等因素联系起来进行仔细研究才能制出优质的硫化镉薄膜太阳能电池。因而揭开经济生产大面积半导体薄膜的工业化途径。

提高原有电池效率也是降低电池价格的一个方面，美国和法国也都进行了一些突破常规硫化镉薄膜太阳能电池现有转换效率（6—7 %）的水平的研究工作。

美国地拉委大学从电池的工作原理提出突破此电池转换效率的关键是提高电池的开路电压。用 $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}$ 代替硫化镉或一个氧化物（在结区）可以产生更高的开路电压和更高的电池效率。他们认为，电池电流电压特性是由硫化镉流入硫化亚铜的电子所决定的。通过伴随着两种物质的晶格位错的界面状态，结上电场以及界面复合速度一起决定了在光照下有多少电子在结区损失。

法国马赛大学光电冶金实验室报导了他们用硫化镉和硫化锌双层膜制备电池法提高电池开路电压的结果。

(1) 实验和结果：用普通热蒸发法制备硫化锌镉膜。基板温度为 $180-200^{\circ}\text{C}$ 。进行了含 1 % 和 3 % 硫化锌的硫化镉作蒸发源料得到均匀薄膜。测量了此膜的电导率 σ ，不同光谱的透过系数，光反射系数和禁带宽度与膜中硫化锌含量的关系。结果，5 % 硫化化锌含量使硫化镉膜的禁带宽度从 2.4 电子伏升到 2.48 电子伏。其电阻率也适合作太阳能电池。制不出硫化锌含量再高的膜。阿诺尼姆公司制得 5 % 硫化锌的光电池开路电压达 580 毫伏，电流为 15mA/cm^2 。AMI 的转换效率为 4 %。（图 2，3，4，5）

含过量锌要影响硫化亚铜层光电流产生。为使光电流提高到 20mA/cm^2 ，采用硫化锌镉和硫化镉双层膜的结构。硫化锌镉厚度为 20μ 上面蒸发一层 $2-3\mu$ 纯硫化镉。基板温度控制在 200°C 。为了防止界面沾污，在同一真空室内蒸发两层膜。与此同时还制备了双层纯硫化镉电池。在相同工艺条件下做了单层硫化镉电池。双层纯硫化镉电池与单层硫化镉电池的性能和行为相同。

在没有进行最佳条件选择的情况下得到下面结果：

电池在阿诺尼姆公司制好后用模拟阳光 140mWcm^2 的光强下进行测量。（图 6）

n 层性质	短路电流 mA/cm^2	开路电压 mV	除此外，还对各种膜制得电池的 光电压的光谱响应进行了比较，结果 是相同的。因而硫化镉层的性质对光 谱的影响不大。（图 7，8，9，10）
单层 CdS	14.5	480	(2) 结论：双层硫化镉—硫化 锌镉膜可以用做硫化亚铜电池，它并 不改变转换器的一些基本性质。通过
双层 CdS	14.5	480	
单层 CdZnS (5%ZnS)	9—11	550—580	
双层 CdZnS (1%ZnS)	14.5	490	
双层 CdZnS (5%ZnS)	14	515	

图 1

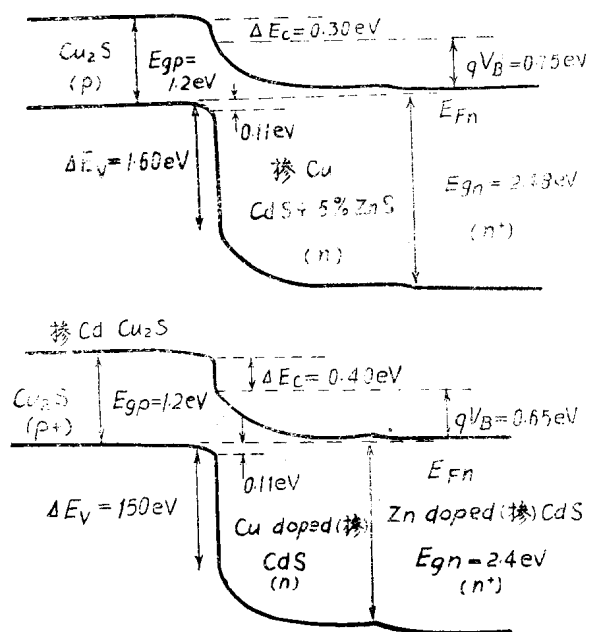


图 2

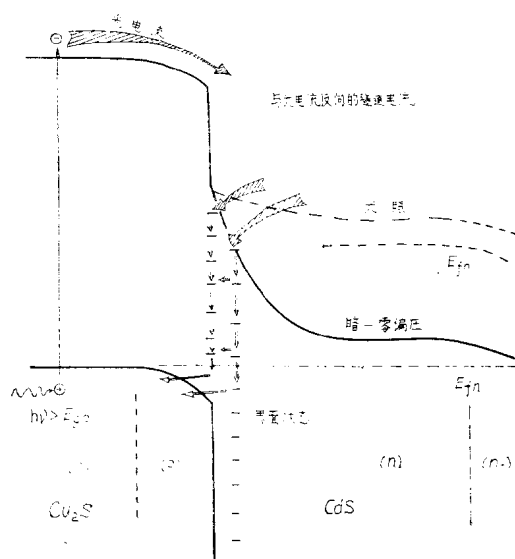


图 3

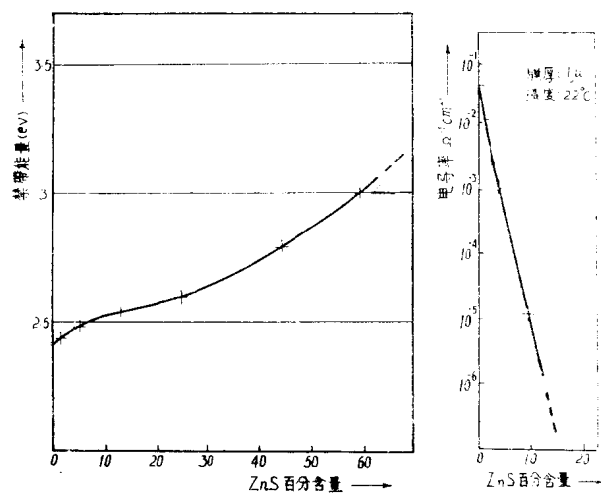


图 4

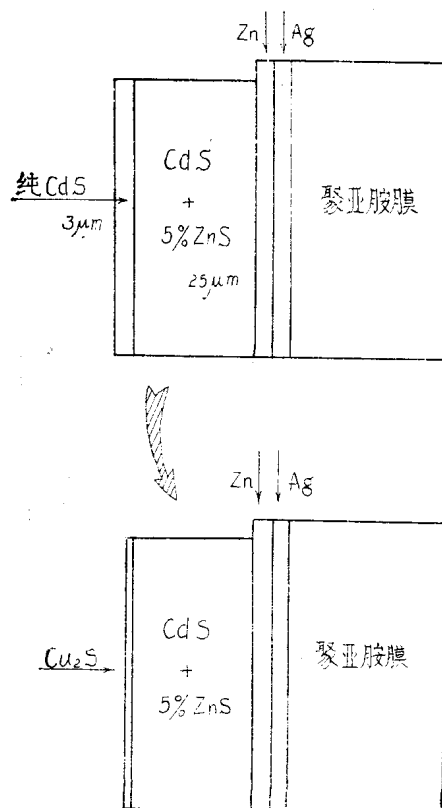


图 5

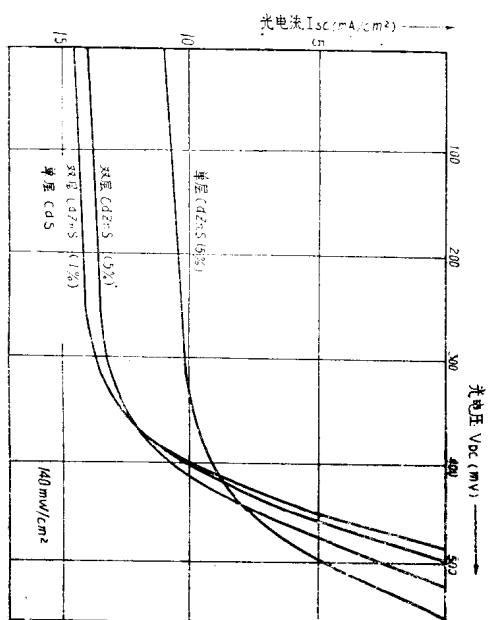


图 6

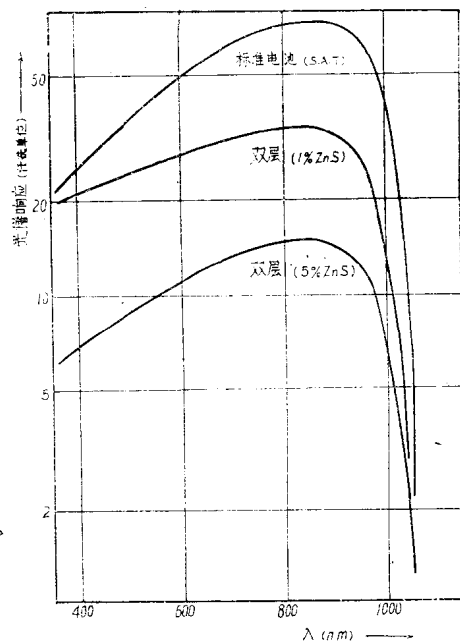


图 7

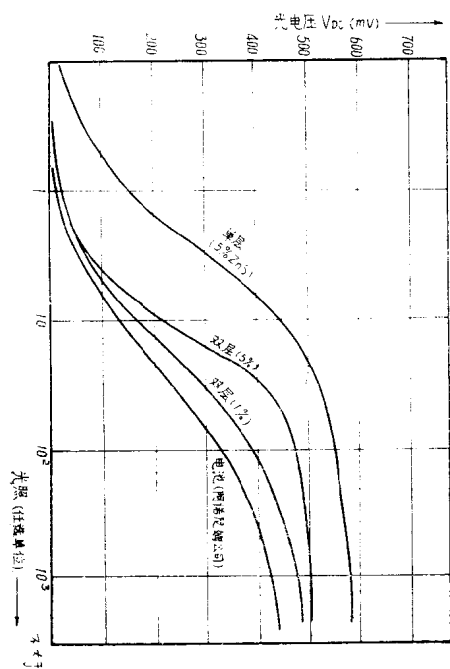


图 8

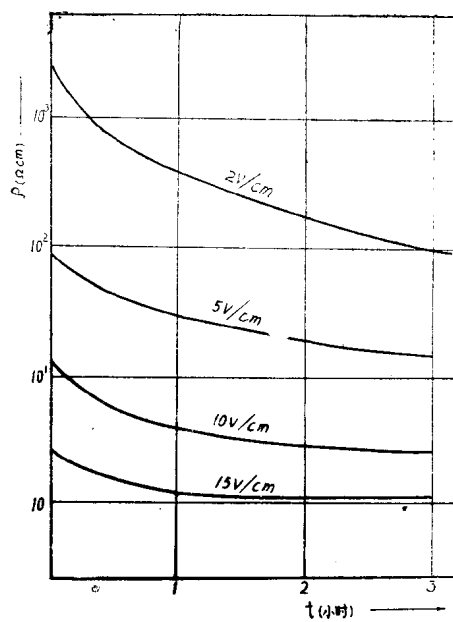


图 9

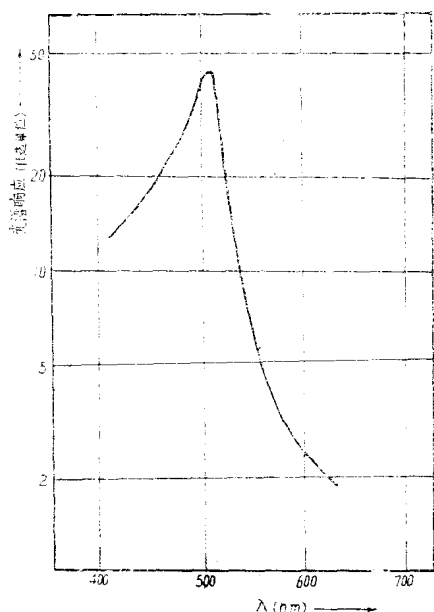


图 10

这个办法可得满意短路电流和较高的开路电压。

在降低成本方面丝网漏印制栅的方法也是引起大家注意的一个途径，它不但节约了原材料而且使生产从手工操作转向大规模流水线生产。

(三) 太阳热能利用

1. 太阳热能直接应用较广

关于太阳热能直接应用，各国均有其独特之处，一般已处于小型试用阶段。

巴西利用日照通风干燥种子，处理量达 360 公斤，同时还可以干燥水果如香蕉，并正在研究低温下(11-12°C)干燥鱼，使它不变质。这样就可以节约冷冻鱼的开支。太阳房子、太阳热水器，太阳发电机，太阳分解水等的研究也在巴西进行。法国科研中心和宇航中心将提供巴西太阳能电池和太阳热电气设备。

智利利用太阳热进行海水淡化。一个球场面积的场地每天可提供 5 升/平方米的淡水。该地日照强度为 $140\text{mW}/\text{cm}^2$ 。每年日照 4400 小时。

太阳热水取暖方面，在法国 Odello 山区已建成 3—4 座住宅。在气温为零下 10°C 左右的山上，采用太阳能做为取暖热源的 70% 能量（其余 30% 用电加热）。室温最高可达 22°C ，次日早晨室内温度仍可保持在 15°C 左右。所使用的太阳热水装置的经费在 4—5 年内可以回收。法国马赛正在修建一座 2000 平方米收集器的四层楼房，使用 28°C 太阳热水直接在地板下面取暖，并准备与常规取暖的相同建筑进行比较。

法国宇航中心日光反射小组正在设计一座 1800 平方米的平房做小学校舍。收集器面积为 200 平方米，可将 30°C 水升温到 45°C 。与此同时，设计了煤气加热设备做补充热源，当水温达不到 45°C 时，用煤气开始加热。利用这种加热器可以节约 40—50% 取暖费。估计半年以后可以建成。第二种设想是利用太阳热汽化已被液化的气体，通过气体液化时放热来取得热能。

在热能直接利用方面，开始较多的是太阳水泵。在非洲许多国家和墨西哥试用的各种太阳泵，仅由法国太阳热和能研究协会(SOFRETES)提供的就有 13 台各种性能的水泵。其中有每小时抽水 2—7 吨，收集器面积为 30—88 平方米，井深 12—14 米，而最新产品每小时抽水量高达 150 吨，井深 54 米，收集器面积为 1500 平方米。现在又在设计 19 台各种水泵。1975 年该协会在墨西哥安装了一台 30 瓩的水泵，每天抽水 900 立方米。灌溉 50 公顷土地，收集器面积为 1500 平方米。现正在设计将安装在南美的 100—150 瓩发电机可灌溉 200 公顷土地。法国 Briau SA 水泵公司利用硅太阳能电池做能源(1000 瓦)抽水，可以在阴天的情况下保持工作一个月。每月生产量为 4 台。

在热能直接应用中吸收阳光的材料是问题的关键，无论是报告人或是接待参观单位一般都避开讨论这个问题。马赛大学日光反射实验室在我们参观时却主动地介绍了他们当前研究的中温吸热材料。在铝或镍板上蒸镀一层硫化铅之后再蒸上一薄层硫化锌。此材料可在 $100\text{--}200^\circ\text{C}$ 间使用。它的特点是吸收系数很大(0.8)，而反射红外线的的能力较小(0.06)。硫化

铅的厚度是在真空镀膜时用光折射法监控,其厚度为 200μ ,而硫化锌的厚度则由目测观察到表面发兰(硅太阳能电池表面颜色)为止。两层半导体膜的厚度要求不是太严的。该选择性表面经 200°C 下考验,在1000小时开始性能下降1%然后保持稳定不变。硫化铅中的杂质对选择性表面的性质有些影响。该项工作的主攻方向是提高热吸收率和改用其他成膜(硫化铅和硫化锌)手段,以扩大沉积面积和降低成本。

在接收器的结构方面,该实验室研制了一种塑料蜂窝式结构,它能完全吸收平板接收器所发射的辐射线又能对太阳的辐射线透明,同时还防止热的对流。它的结构是7厘米高,1厘米直径。使用这种接收器的结构可把常规接收器的 110°C 温度提高到 170°C ,把发射率由原来的0.5降低到0.07。目前正在设计一个 120°C 的收集器比常规的 80°C 收集器提高了一步。

在结构方面,会上还报导了玻璃空心接收体和金属光谱选择窗口。它与黑体配合后,其透过率和发射率的比为10。最高温度可达 800°K 。

2. 太阳热能发电设备

太阳热能发电设备的原理简单,但要实现工业化还要做出努力。日本已于1975年在广岛建成一台10瓩太阳塔式试验性发电装置,正在进行运转试验。法国的10兆瓦太阳发电站将于1976年底完工。实现太阳热发电的几个技术问题包括塔高,镜子形状,支架安装方法,镜场的面积等的确定,同时还要求定向精确以减小锅炉体积。在价格上反射镜占总设备价格的一半,其中定向设备又占镜价的一半。

法国比里牛斯山区奥戴罗太阳高温炉就是用64块45平方米的平面跟踪太阳的反射镜,它把阳光反射到一个聚光镜上,焦点温度最高可达 4000°F 焦点直径40—50厘米,功率为1兆瓩。镜面经过八年后光损失15%。每天可工作8小时。每年经费投资1000万法朗。工作人员有100名,其中科研人员占30%。

2. 热能储存问题

热能储存问题是连续使用能量的不可缺少的环节,有三种想法值得参考。

(1) 利用硫酸氢铵在 740°C 时进行可逆分解反应来储热。

(2) 夏天将与地下源隔绝的地下水抽到地面,经日光加热后送回地下储存以备冬天使用。

(3) 太阳泵抽水进行势能储存以供水力发电。

会上还提出了三篇有关光化学电池的研究工作。

赴法出席国际太阳能发电会议小组

一九七六年四月

二、澳大利亚太阳能研究概况

一般认为,在南纬 35° 度与北纬 35° 度之间是适于太阳能利用的,澳大利亚大部分地区在此范围内。从世界范围看,澳的太阳辐照强度是中等的,它比上述范围内的美国辐照大百分之十左右,比撒哈拉沙漠中心区(辐照最强区),小百分之十左右。

澳太阳能利用研究在世界上是比较先进的。它的太阳能热水器已有商品生产,除供本国外,东南亚一些国家、地区也向它购买。澳国内目前有一万多台太阳能热水器在成功运转,每年可节省二千九百万度电。

这里介绍三个装置。

(一) 家用小型太阳能热水器

这种热水器的基本结构如图1所示，由太阳能吸收器与热水贮存桶两大部分组成，而以前者为最主要。热水贮存桶没有别的特别要求，只是周围用玻璃纤维或其它材料绝热。太阳能吸收器的详图见图2。一般只用一层玻璃，在高温热水器用二层玻璃。吸收面用0.8毫米厚铜板及焊于其上的0.5吋直径的铜管制成。吸收面下面为薄铝箔，再下面是瓦楞纸，瓦楞纸下面为二吋厚的石棉。这样安排是为了使空气可以在内流通并通过二个孔将湿空气引出，防止在玻璃面上沾水汽。整个装置用模压成的石棉容器及外面的铁皮盛装。玻璃的周边用塑胶泥密封。

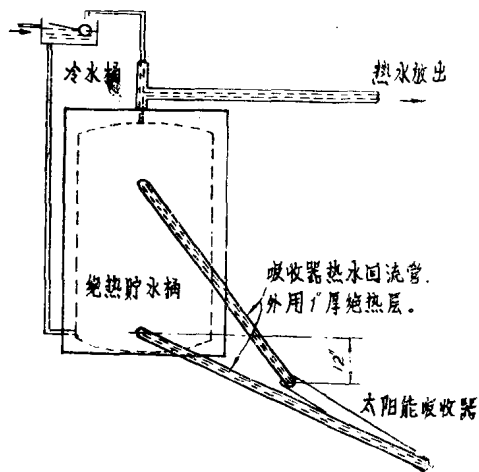


图1 太阳能热水器基本结构图

为提高吸收器效率，铜吸收面作如下化学表面处理：先作表面清洁处理，然后浸入盛有温暖的氢氧化钠和次氯酸钠混合液的电解槽中，并严格控制溶液温度、浓度和浸入时间（商品专利，具体数字保密）。处理后的铜表面呈黑色，它对太阳辐射吸收率达90%，而红外发射率仅15%，从而有效地提高了吸收器的效率。这就是澳太阳能热水器最独特的地方。据称它的质量在世界上是最好的，这种表面叫“选择性表面”。一般可用一、二十年，其效率可达50—60%，热水温度为55°-60℃，对吸收器面积为1米×1.66米的装置，每天可生产热水36升。

(二) 高温太阳能热水器

为供应工业上需要的100℃高温水，在南威尔士州格里夫斯成功地运转着一个实验用高温太阳能热水器。其流程、结构见图3。热水器的大型直立贮水桶从上到下分成四个区，每个区的底部分别与四组吸收器的进出口相通。第一组是高温吸收器，与桶顶第一区相联；第二组是中高温吸收器，第三组是中温吸收器，第四组是低温吸收器，分别与二区，三区及桶底四区相联。其热交换靠泵来完成。

几种吸收器的不同处：见图4，高温吸收器用两层玻璃，底部绝热层厚75毫米；中高温与中温吸收器用一层玻璃，底部绝热层厚50毫米；低温吸收器不用玻璃，底部绝热层厚12毫米。

此多级系统热水器，温度现已达95℃，正向120℃高温努力。

(三) 木材烘干窑

木材烘干窑以空气为热量载体，见图5，分三大部分：太阳能吸收器，窑体及岩石堆

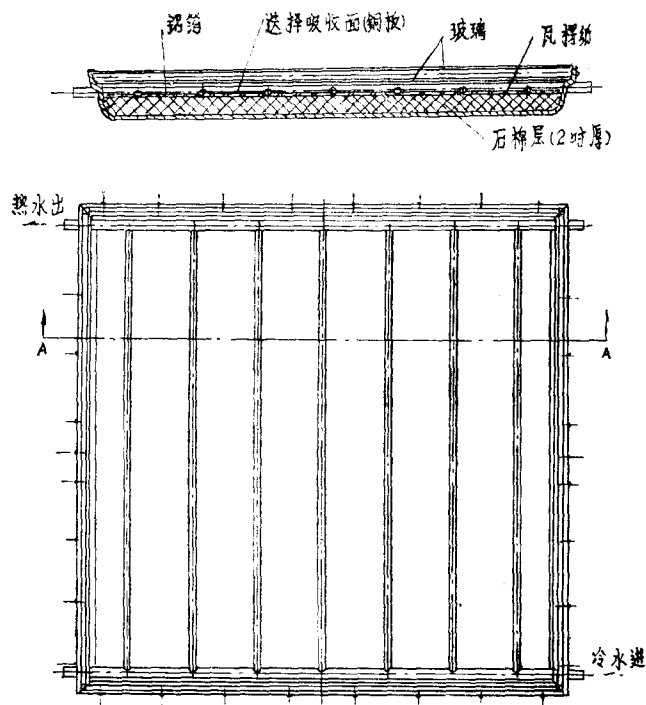


图2 太阳能吸收器

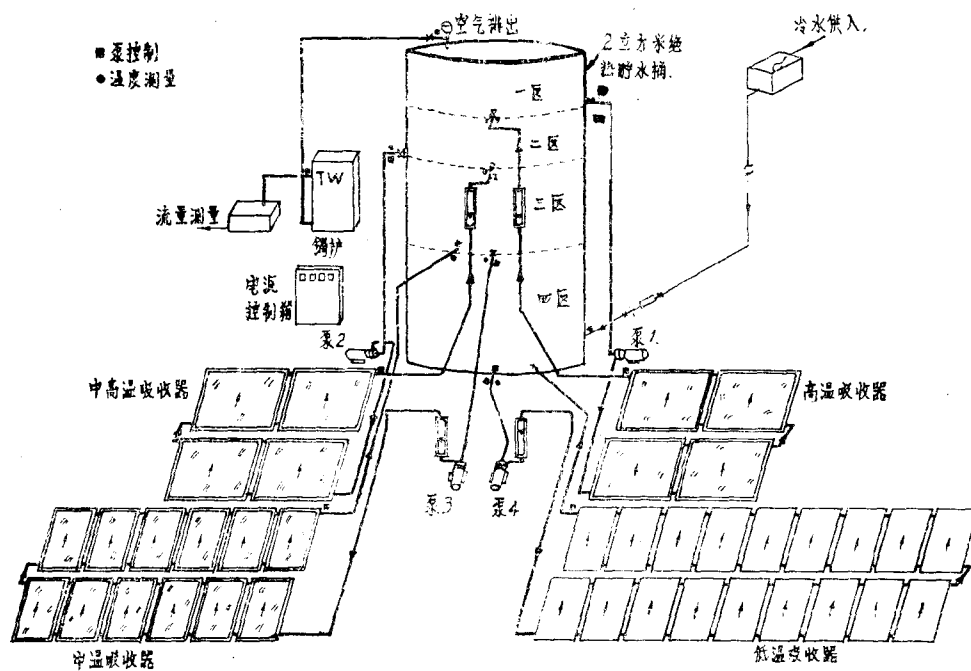


图3 高温太阳能热水器流程图