

上海交通大学 5 兆瓦/25 兆瓦 非晶硅薄膜 太阳能项目

周之斌

李友杰

高扬

韩建明

2009 年 5 月 10 日

保密须知

本商业计划书属商业机密，所有权属于“上海交通大学 5 兆瓦/25 兆瓦非晶硅薄膜太阳能项目”团队。其所涉及的内容和资料只限于已签署投资意向的投资者使用。收到本计划书后，收件人应即刻确认，并遵守以下的规定：

- 若收件人不希望涉足本计划书所述项目，请按上述地址尽快将本计划书完整退回；
- 在没有取得我公司的书面同意前，收件人不得将本计划书全部和/或部分地予以复制、传递给他人、影印、泄露或散布给他人；
- 应该象对待贵公司的机密资料一样的态度对待本计划书所提供的所有机密资料。
- 本商业计划书不可用作销售报价使用，也不可用作购买时的报价使用。

联系人： 高扬 13524122221 021-62136569 andrewgaoy@gmail.com

目录

0 项目简介.....	5
1 光伏产业的背景和现状.....	6
1.1 光伏热的历史背景.....	6
1.1.1 两大历史背景之一：能源危机.....	6
1.1.2 两大历史背景之二：全球气候变暖.....	8
1.2 西方各国的补贴政策 and 市场成长.....	9
1.3 平价上网.....	11
1.4 国内外光伏产业带来了巨大的投资利益.....	12
2 非晶硅薄膜太阳能电池的波特五力分析和案例研究.....	14
2.1 波特五力分析.....	14
2.1.1 供应商.....	14
2.1.2 客户.....	15
2.1.3 替代产品.....	17
2.1.4 潜在竞争者.....	20
2.1.5 现有竞争者.....	21
2.2 案例研究.....	23
2.2.1 案例研究 1: 彭小峰 20 亿美元投资 1GW 薄膜光伏项目.....	23
2.2.2 案例研究 2: 新奥集团的 0.5GW 薄膜光伏项目.....	23
2.2.3 案例研究 3: Sharp 薄膜项目从 1GW 提升为 6GW.....	24
2.2.4 案例研究 4: 全球第一个零碳排放的生态城-阿联酋 Masdar.....	24
2.2.5 案例研究 5: 中国光伏能源.....	25
2.2.6 案例研究 6: 荣事达.....	25
2.2.7 另外 37 个案例研究.....	25
3 SWOT 态势分析和团队介绍.....	26
3.1 SWOT 态势分析.....	26
3.1.1 优势.....	26
3.1.2 劣势.....	31
3.1.3 机会.....	31
3.1.4 威胁.....	32
3.2 管理团队.....	33
3.2.1 公司结构.....	33
3.2.2 管理层.....	33
3.2.4 专家顾问团.....	35
4 环境保护.....	37
4.1 环境保护目标.....	37
4.2 评价标准.....	37
4.3 处理措施.....	38
4.3.1 废水处理.....	38
4.3.2 废气处理.....	39
4.3.3 噪声控制.....	39
4.3.4 废物处理.....	41
4.4 环境保护的体制保障.....	41

4.4.1	建立企业内部质量管理体系，强化企业管理.....	41
4.4.2	企业管理措施.....	42
4.4.3	原辅材料管理.....	42
4.4.4	特殊气体配送控制系统.....	42
4.4.5	节水措施分析.....	43
4.4.6	环保制度小结.....	43
5	投资方案和财务分析.....	44
5.1	成本分析.....	44
5.1.1	原材料成本.....	44
5.1.2	人力成本.....	45
5.1.3	设备折旧.....	45
5.1.4	成本总计.....	45
5.2	投资方案比较.....	46
5.3	投资资金的使用.....	46
5.4	追加投资.....	46
5.5	主要假设.....	47
5.6	利润预测.....	48
5.6.1	利润预测表.....	48
5.6.2	主要利润指标.....	48
5.6.3	损益表.....	49
5.7	资产负债表.....	50
5.8	现金流量表.....	51
5.9	自由现金流.....	51
5.10	现金流折现测算.....	52
5.10.1	估值假设.....	52
5.10.2	估值模型.....	52
附录 1	非晶硅-微晶硅薄膜电池的结构和工艺.....	53
附录 2	近期部分的太阳能订单.....	55
附录 3	设备供应商.....	56
附录 4	2007-2009 年新的薄膜项目.....	57
附录 5	材料供应商.....	60
附录 6	原始数据.....	65
附录 7	周之斌教授的论文和专利.....	66

0 项目简介

本项目是依托上海交通大学的科研实力，结合海外科研支持的一个新能源领域创业计划，专注于第二代非晶硅薄膜太阳能电池的研发，生产及市场推广。

近年，太阳能产业在全球蓬勃发展，也是中国的一个巨大机会。2007 年和 2008 年，中国太阳能企业的产量超过日本成为世界第一，十家海外上市的中国光伏企业总市值最高时，达 180 亿美金。然而这些企业几乎都是生产第一代晶体硅太阳能电池。第二代薄膜太阳能电池在最近几年，设备刚刚成熟，所以设立了一个新的起点。国外权威机构预测，薄膜电池市场将从 2007 年的 3 亿美金市场成长为 2010 年的 150-200 亿美金市场。

周之斌教授是上海交通大学太阳能研究所，实验室主任，现在美国波士顿大学做高级科学家。周教授 2008 年受聘于华基光电，担任高级科学顾问。周教授 2007 年和 2006 年分别在英国拉夫堡大学的可再生能源中心和日本静冈大学担任访问学者。之前，还参与在纳斯达克上市的江苏林洋，及交大泰阳，等多家晶体硅太阳能电池企业的创建。

李友杰，2008 年至今，担任华基光电总工程师，负责华基光电在大陆地区数个合作单位的非晶硅薄膜电池生产线的“交钥匙”工程，包括设备安装、工艺调试、客户培训等。2007 年，负责南通强生 25MW 非晶硅薄膜太阳能电池生产线的项目筹划，在基础设施规划、厂务配套，设备选型和工艺制定等积累了大量的经验。2005 年-2007 年，在上海交大太阳能研究所周之斌教授的指导下，进行透明导电膜和空间砷化镓太阳能电池的研发工作，发表论文一篇并申请专利一项，上海交通大学光伏工程硕士。2006 年参与纳斯达克上市的上海林洋光伏研发中心的组建，并在其中进行氮化硅薄膜的快速热处理的研究，并发表国内外核心期刊论文各一篇。

高扬，2009 年任上海胜利太阳能有限公司总经理，从事太阳能电池外贸出口，并翻译太阳能专业书籍。获得美国光电子学排名前五的 UCF 硕士学位。在留学期间，提出了 Ultrashort Pulse 技术，应用于导师的公司 Raydiance，该公司因为该技术被福布斯杂志评为“将改变世界的 15 家企业”之一。2002 年，获得上海交通大学应用物理系本科学位。

韩建明，上海市太阳能协会秘书长助理，参与林洋、上海艾力克等公司的筹建工作，1989 年加入了上海市太阳学会，是中国太阳能行业的元老。

邀请了前美国光学协会主席 Eric Van Stryland 教授，美国国家级可再生能源中心之一，佛罗里达太阳能中心名誉主任 David Block 和主任 Robert Reedy 等国际知名教授作为顾问。

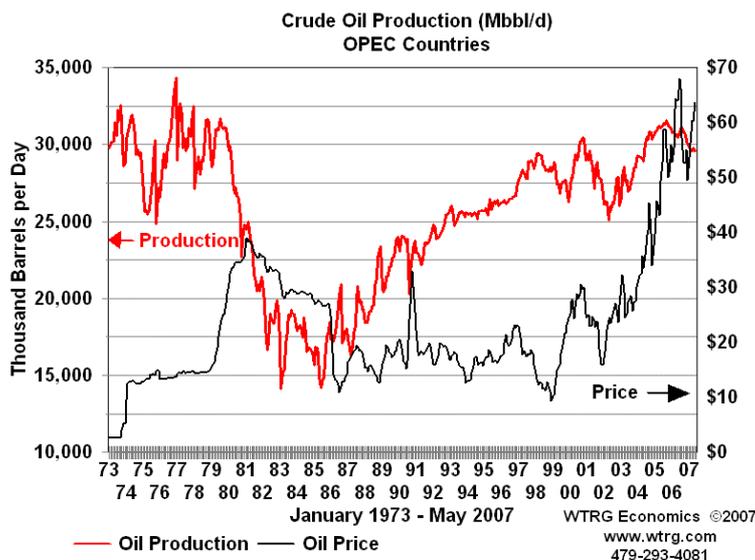
本项目的设备采取自行拼盘方案。相比进口设备及其“交钥匙工程”，利润优势明显，如下表所示。计划 2009 年底实现量产，之后毛利率在 57% 左右。量产后 9 个月收回投资；若计入设备交期，2 年之内收回投资。公司可以依靠自有资金实现每年产能翻倍。当然，进一步的外部融资甚至 A 股或海外上市，也是公司努力争取的发展方向。

方案比较	自行拼盘	自行拼盘	爱发科	欧瑞康	应用材料	Centrotherm
全年产能	5MW	25MW	25MW	60MW	90MW	35MW
电池类型	非晶硅	非晶硅	非晶硅	非晶硅-微晶硅	非晶硅-微晶硅	铜铟镓硒
转化率	6%	6%	6.5%	8%	8%	10%
设备生产国	部分进口	部分进口	日本	瑞士	美国	德国
总投资额	0.69 亿元	2.27 亿元	3.9 亿元	10.3 亿元	15.5 亿元	8 亿元
全年毛利率	50%	55%	23%	31%	31%	20%
投资 返回周期	1 年+ 15 个月	1 年+ 10 个月	1 年+ 49 个月	1 年+ 37 个月	1 年+ 37 个月	1 年+ 68 个月

1 光伏产业的背景和现状

1.1 光伏热的历史背景

1.1.1 两大历史背景之一：能源危机



近年汽油价格持续走高

当人类步入 21 世纪，突然发现“能源危机”成为一个挥之不去的阴影。国际原油价格近年来不断上涨，2008 年 7 月 12 日，NYMEX 原油期货价格上涨至接近 147 美元新高。按现在的石油使用速度，人类可能在 2050 年耗用完地球上所有的石油，这必然会引起更高的原油价格。而且，现在人们更多地转向技术要求更高、成本更贵、但产量相对更小的深海石油开发，俄罗斯、加拿大、美国 and 丹麦等国为了争夺北冰洋的深海石油资源，展开了北极的“圈地运动”。

	石油/亿桶	天然气/万亿立方米	煤/亿吨
探明储量	10000	155	9845
年消耗量	270	2.4	45
可使用年限	40 年	60 年	210 年

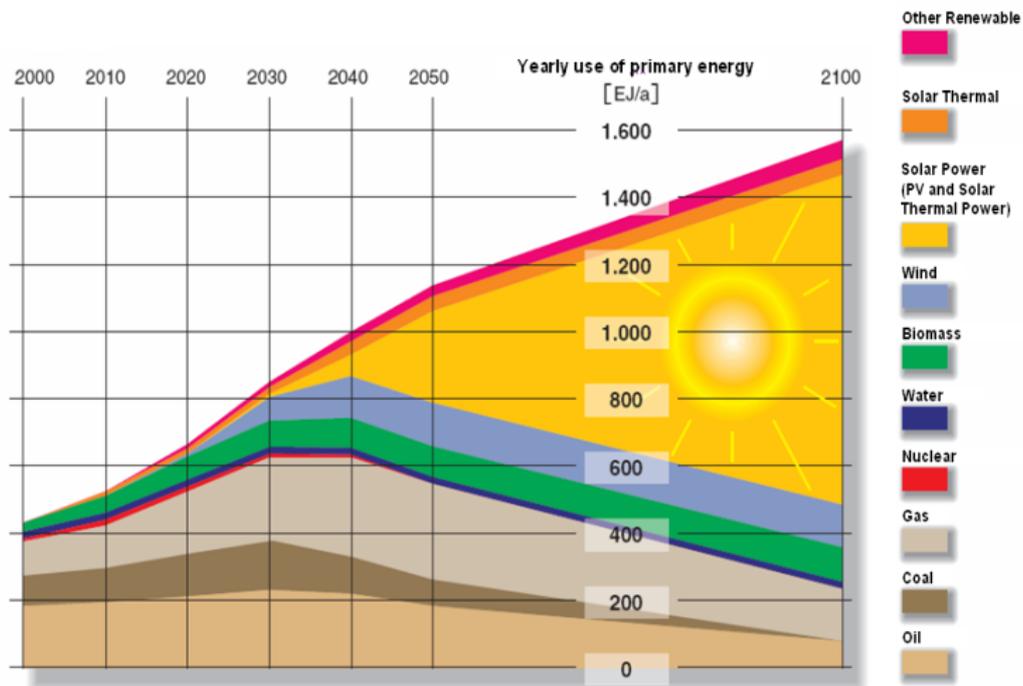
传统能源储量有限，跟据目前消耗速度预测，本世纪会耗用完所有石油和天然气

全世界耗能总和 /万亿瓦	2004 年	13
	2050 年	30
	2100 年	46
全球储量总和 /万亿瓦	水利能	0.5
	潮汐能	2
	地热能	12
	风能	3
	太阳能	120,000

太阳能的潜力巨大，储量是其它可再生能源的数万倍

来源: N. S. Lewis, Global Energy Perspective, <http://nsl.caltech.edu>

太阳在地上日照 1 小时的能量，相当于现在地球上一年所需要的能源的总和。即使到了 2050 年，只要全世界 0.125% 的面积上铺上转化效率 20% 的太阳能电池，就可以供给全人类所需的所有能源需求。所以，为了应对日益激烈的能源危机，光伏发电不失为一种可行的解决方案。



经过不断的发展，到本世纪中叶以后，太阳能将成为人类最主要的能源，

21 世纪被成为“太阳能的世纪”也不为过

来源: German Solar Energy Economics, 欧瑞康公司

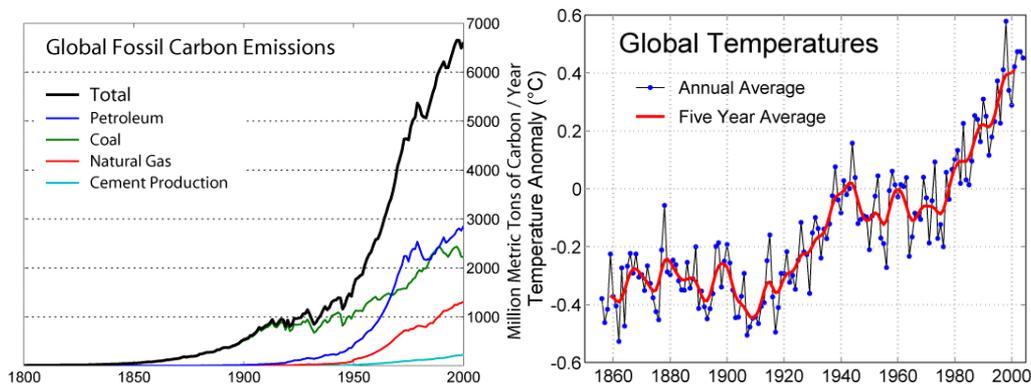
1.1.2 两大历史背景之二：全球气候变暖



《难以忽视的真相》为人们对全球气候变暖问题，敲响了警钟

前任美国副总统，戈尔主演的《难以忽视的真相》(An Inconvenient Truth) 获得 2006 年，第 79 届奥斯卡最佳纪录片。影片向人们展示全球变暖的危害，长此以往，冰川将融化，洪水将泛滥，人类的家园将遭遇毁灭性破坏。戈尔也凭此片及其一直以来对环境保护的贡献，和联合国政府间气候变化专家小组 (IPCC) 分享了 2007 年度诺贝尔和平奖。

戈尔在白宫任职期间，也曾积极推动克林顿签署《京都议定书》(Kyoto Protocol)。1997 年在日本京都签订的《京都议定书》规定，到 2010 年，所有发达国家二氧化碳等 6 种温室气体的排放量，要比 1990 年减少 5.2%。各发达国家从 2008 年到 2012 年必须完成的削减目标是：与 1990 年相比，欧盟削减 8%、美国削减 7%、日本削减 6%、加拿大削减 6%，等等。温室气体的排放引起的全球气候变暖，很大程度上是源于目前全球主要的工业和交通能源来源，是石油和煤炭。



温室效应及全球气候变暖是全世界必须共同面对的问题

太阳能光伏发电最大的重要特征是在发电过程中释放很少的 CO₂，而人类产生的 CO₂ 过量是造成温室效应的主要因素。《京都议定书》和戈尔这样环保主义者的推动，为可再生能源产业的发展建立了很有力的国家战略上和意识形态上的支持。确实，太阳能、风能、地热

能等可再生能源的，把自然能直接转化为我们最需要的电能，是清洁能源，也是造福子孙万代的产业。世界能源组织 IEA，在为 2008 年 G8 峰会准备的报告 Empowering Variable Renewables 中宣称，经过努力，可再生能源在 2050 年，可以减少 21% 的二氧化碳排放量。

1.2 西方各国的补贴政策和市场成长

德国	2004 年起推行购电补偿法，政府给予为期 20 年，0.45-0.62 欧元/度的补贴，每年递减 5-6.5%。2008 年 6 月 6 日，德国议会通过议案，决定把年递减速率从 5-6.5% 降为 8-9%。
西班牙	2008 年电力回购年限从 20 年延长至 30 年，回购价格 0.31 欧元。
美国	2007 年开始，对光伏发电系统给予税收抵扣补偿，低息贷款，购买降价、净电量计量法。2008 年 10 月的 7000 亿美金救市方案包括了对太阳能产业的大力扶持政策。
日本	居民安装太阳能发电设备的投资 50% 由政府补贴，光伏发电的政府回购价高于电价。
韩国	2004-2011 年投资 23 亿美元，进行研发、设备补助和差额补助。

2000 年，德国议会通过了《可再生能源法》(EEG)，并于 2004 年进行了修订，施行购电补偿法，根据不同的太阳能发电形式，政府给予为期 20 年，0.45-0.62 欧元/度的补贴，每年递减 5-6.5%。购电补偿法的推出成为德国光伏市场增长的催化剂，在推出后的短短几年之内，德国光伏市场迅速发展，一举超过日本成为世界最大的光伏市场，行业的景气也催生了 Q-Cells, Solarworld 等一批世界级的光伏企业。

2008 年 10 月 3 日，7000 亿美元救市方案，在美国国会众议院以 263 票对 171 票的投票结果通过。该方案包括了一个对美国太阳能市场非常利好的政策。无疑，美国政府希望，步德国和西班牙的后尘，通过大力发展光伏产业，拉动经济，希望像 90 年代的 IT 产业那样，为美国再铸就一个新能源的繁荣盛世。

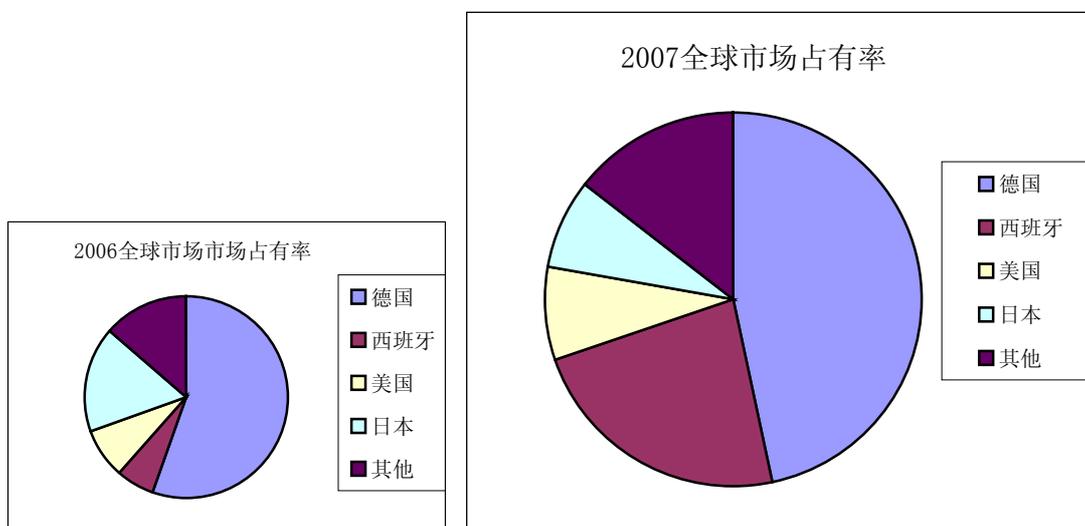
按普通家庭 3.2 千瓦太阳能系统计算，系统购买价格为 27000 千美金，原有政策给予 2000 美金的税收补贴，按照新政策将有 9000 美金的补贴。该法案的通过，将大大刺激美国光伏市场的成长，被认为将起到当年德国《可再生能源法》的作用。

7000 亿美元救市方案，即 H.R. 1424 号《紧急经济稳定法》规定了如下促进光伏经济的政策：

- 如果居民安装太阳能发电系统或企业建造商用太阳能电站，将以税收减免的形式，享受建造费用 30% 的补贴，政策延长 8 年，即 2008 年到 2016 年有效。
- 对居民太阳能发电系统的安装补贴，消除原有 2000 美元的补贴上限，真正实现 30% 的补贴。
- 允许电力公司同样享受 30% 的补贴。
- 允许“替代性最低税”的纳税个人或企业同样享受 30% 的补贴。
- 发行 8 亿美元的债券，支持包括太阳能的可再生能源发电设施。

	德国	西班牙	韩国	意大利	法国	美国	希腊	葡萄牙
利率	5%	5%	6.7%	5%			5%	5%
太阳能产业 投资汇报率	10.5%	19.9%	17.8%	26.77%			26%	8%
2006 年需求/GW	0.96	0.11	0.021	0.009	0.014	0.14	0.005	0.004
2007 年需求/GW	1.33	0.64	0.05	0.07	0.04	0.22	0.012	0.01
2007 年需求增长	38%	482%	138%	678%	186%	57%	140%	150%
预计 2010 年 需求增长/GW	2.84	0.78	0.4	0.95	0.325	1.5	0.373	0.05
2008 年-1010 年 复合增长率		40%	100%	40%	85%	90%	320%	270%

西方各国对太阳能都有优惠的补贴政策,特别是南欧各国阳光充裕,太阳能的发展有利可图。

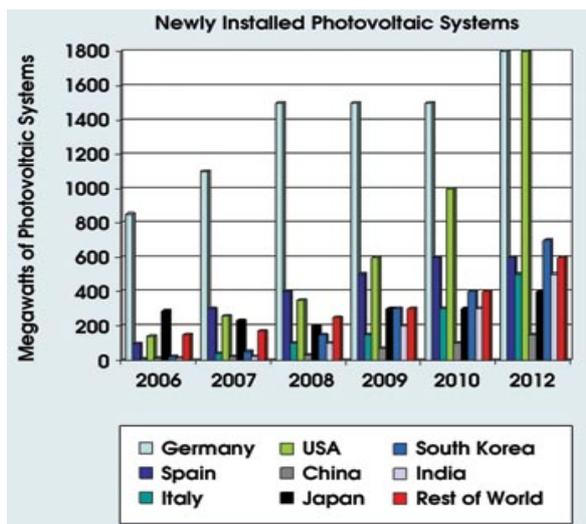


从 2006 年的 2.6GW 到 2007 年的 4GW, 全球光伏市场的年增长稳定在 50%以上。
特别是西班牙在 2007 年增长了 480%。

来源: Solarbuzz Market Analysis



高扬 2008 年 7 月在西班牙的太阳能电站前, 西班牙市场在 07 年爆炸性地增长了将近 5 倍



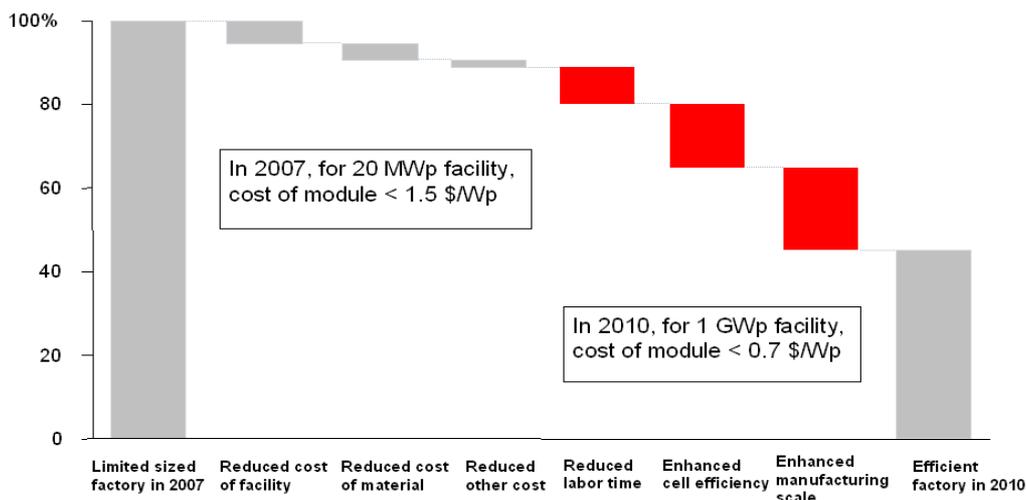
2006 年至 2012 年西方各国光伏市场的成长

来源: Photonics Spectra, German Solar Industry Association

德国将在未来几年保持全球市场份额的领先地位, 2004 年 EEG 法案修订以后, 德国市场就此打开。2008 年 10 月美国的救市法案通过后, 其光伏市场的迅速成长是可以预期的。

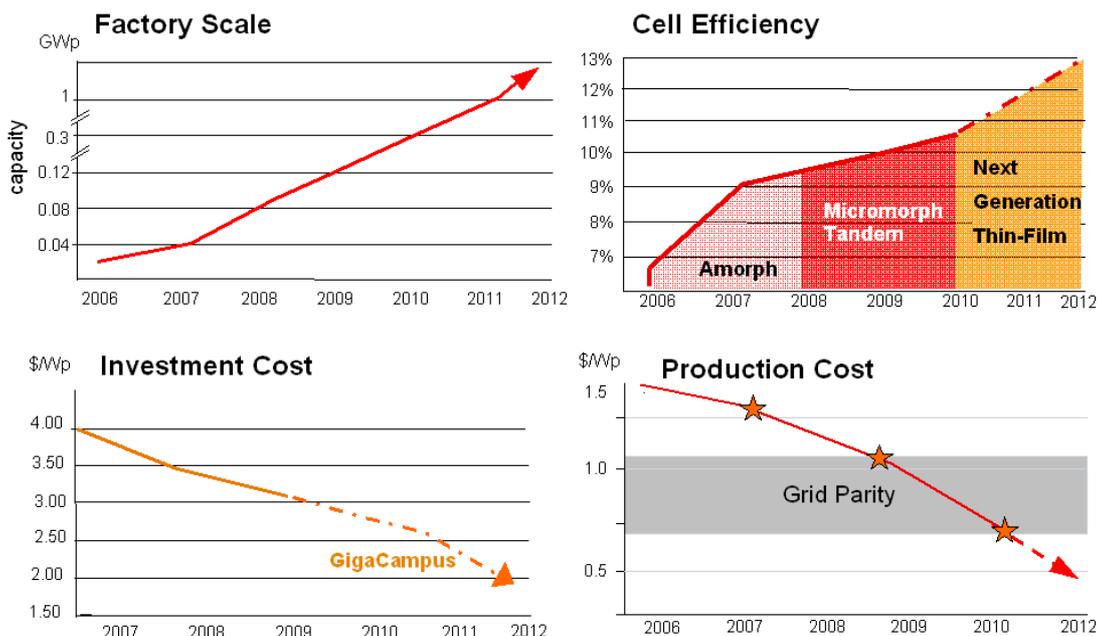
1.3 平价上网

平价上网, 是指光伏发电成本低于电网电价, 这样光伏产业的发展可以脱离政府补贴, 完全靠市场驱动。平价上网和地区所处的纬度有紧密的关系, 越靠近赤道, 越容易较早地实现平价上网。在夏威夷, 现在已经实现了平价上网, 现在当地的光伏发电成本为 \$0.21/千瓦时, 比火力发电成本低 2 美分。2008 年开始, 夏威夷电力局开始大规模地建设太阳能发电站。加州也是美国一个阳光充足的地区, 所以最近沃尔玛的加州和夏威夷的购物中心也开始在购物中心屋顶大量安装太阳能发电系统。布什也把美国全国平价上网的计划时间设定为 2015 年。相比西藏和美国内华达州的全年日照时间为 3000 小时, 四川和伦敦的全年日照时间为 1000 小时, 所以像四川和伦敦这样的地区将会 2020 年实现平价上网。

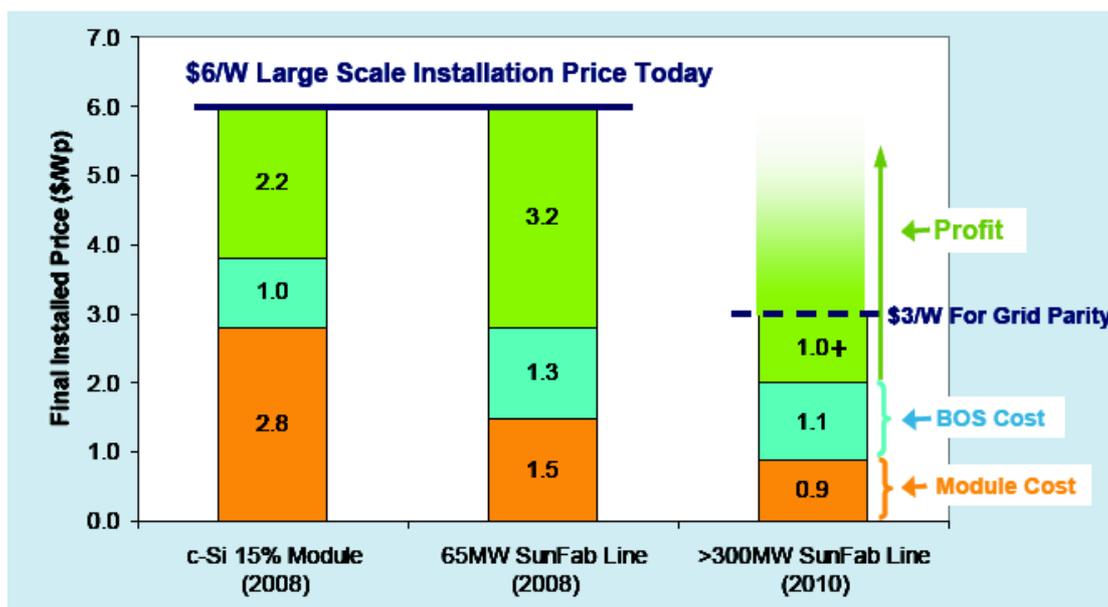


在 2010 年薄膜太阳能电池的成本将减少一半, 届时将能够在世界上很多地区实现平价上网。

来源: 欧瑞康公司



产能扩大，电池转换效率提高及投资成本降低将促使平价上网在 2010 年大规模实现。



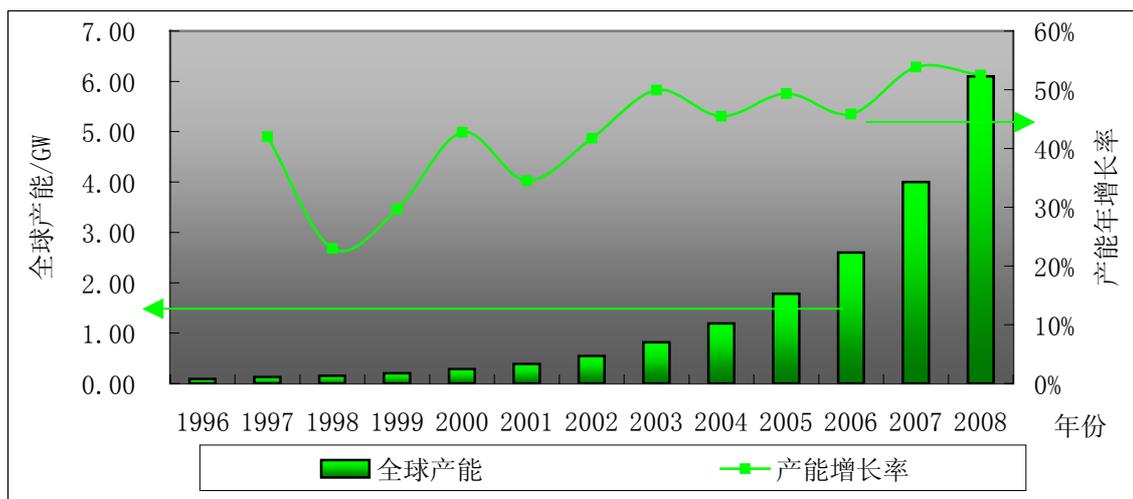
提高电池效率，增加产量将会使电池成本降低到1美元以下，平价上网将在2010年实现可能。

来源：应用材料

1.4 国内外光伏产业带来了巨大的投资利益

华尔街著名独立分析师 Peter Lynch 对光伏产业发表了这样的观点：可再生能源产业才刚刚诞生。现阶段的新能源产业就像 1900 年的汽车工业。我们在未来的几十年里，甚至还会看到几百家新能源企业在各国上市。这无疑会让投资者兴奋不已，因为投资者不但能够为自己创造巨大的价值，还能够使我们的世界摆脱矿物燃料的束缚，并且保护好环境。

全世界对可再生能源的投资从 2005 年的 400 亿美金，到 2006 年的 550 亿美金，再增长到 2007 年的 710 亿美金。



最近 5 年，全世界光伏行业的年增长率保持在 50%左右。

公司	选址		业务	IPO 时间	市值/\$ B	市盈率
尚德	无锡	NYSE	CMS	05/12/14	5.6	31
赛维	江西新余		W	07/06/01	3.8	23
英利	河北保定		WCMS	07/06/08	2.1	27
天合	常州		WMS	06/12/19	0.7	16
晶澳	河北宁晋	NASDAQ	CM	07/02/07	2.5	32
林洋	江苏启东		CMS	06/12/20	0.7	19
阿斯特	苏州		SCMS	06/11/09	0.9	44
中电	南京		C	07/5/17	0.33	50
昱辉	浙江嘉善	AIM London	WCMS	06/08/08	1.2	
浚鑫	江阴		CM	07/07/06	0.15	
合计			1S4W 8C8M6S		17.98	27.4

国内 10 家海外上市的晶体硅生产企业

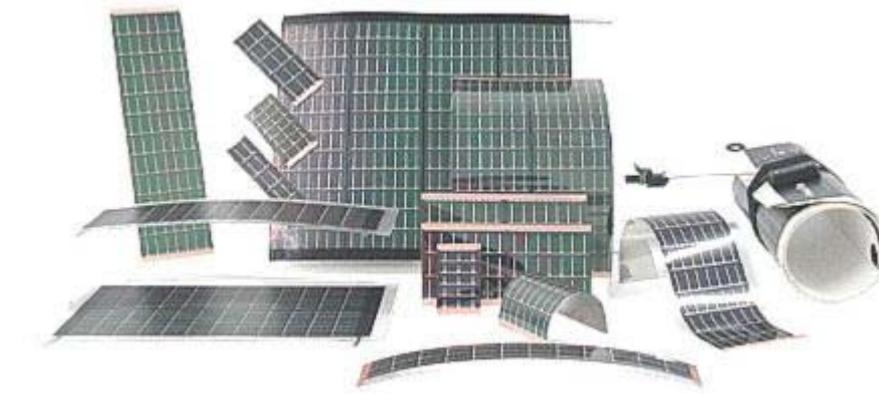
业务 SWCMS 代表 Silicon, Wafer, Cell, Module and System

来源：2008/7/19 Google Finance 数据

2007 年中国的太阳能产值超过日本，成为世界上最大的太阳能电池生产国。十家海外上市的中国光伏企业是其中的主力军，他们的总市值也达到了近 180 亿美金。最近退休的比尔盖茨的身价 580 亿美金，也就是说中国的光伏产业相当于 1/3 个比尔盖茨，并且这些财富是在短短 5 年的时间里积累起来的！

2 非晶硅薄膜太阳能电池的波特五力分析和案例研究

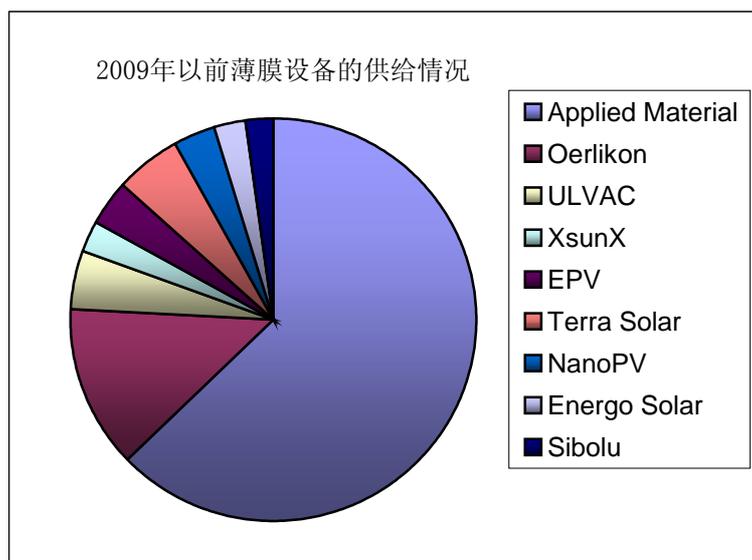
“2013 年之前将是薄膜硅和晶硅齐头并进，2013 年以后薄膜硅将成主流。”夏普董事长片山干雄，在 2007 年 8 月 5 日表示，“薄膜硅成主流的原因是，晶硅材料的制造和获取都非常困难。因此晶硅的成本无法降低。”



2.1 波特五力分析

2.1.1 供应商

设备供应商情况 全世界有超过 10 家以上的设备供应商，他们各有特点，比如说美国大地（Terra Solar）在提供设备的同时，还包括销售拓展服务。参见附录 2。



2009 年以前，全球薄膜电池总产能将达到 3.4GW。

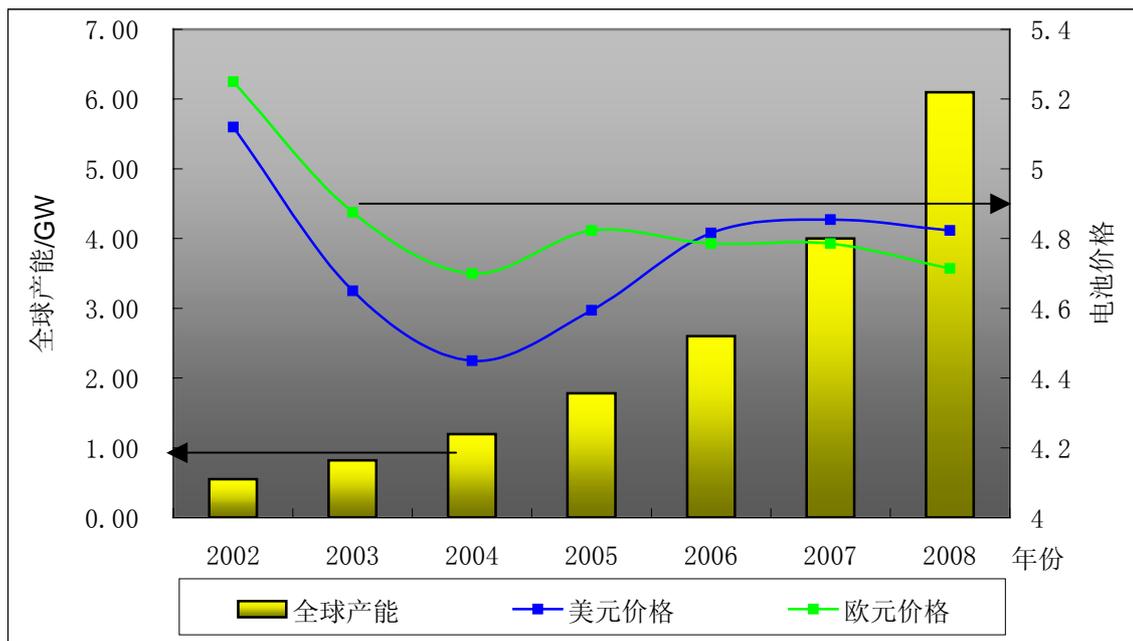
原材料供应商情况 以下是非晶硅-微晶硅薄膜太阳能电池的主要原料供应商。参见附录 4。

硅烷	林德气体 (德国)	液化空气 (法国)	三井化学 (日本)	MEMC (美国)
导电玻璃	皮尔金顿 (英国)	LOF (美国)	板硝子 (日本)	AFG (美国)
超白玻璃	PPG (美国)	圣戈班 (法国)	板硝子 (日本)	皮尔金顿 (英国)
EVA 薄膜	杜邦-中石化 (美国/中国)	三井化学 (日本)	普利司通 (日本)	台湾塑胶工业 (台湾)
靶材	中石化 (中国)	攀时集团 (奥地利)	东曹达 (日本)	高展 (美国)

供应商对供应量的敏感度 单个薄膜光伏企业的需求量是非常有限的，所以将以相同设备供应商的各企业，联合购买，应降低供应价格。

2.1.2 客户

议价能力 相对较低。现在仍是卖方市场。并且，行业价格是比较透明的，如 SolarBuzz 对行业定价有实时更新。

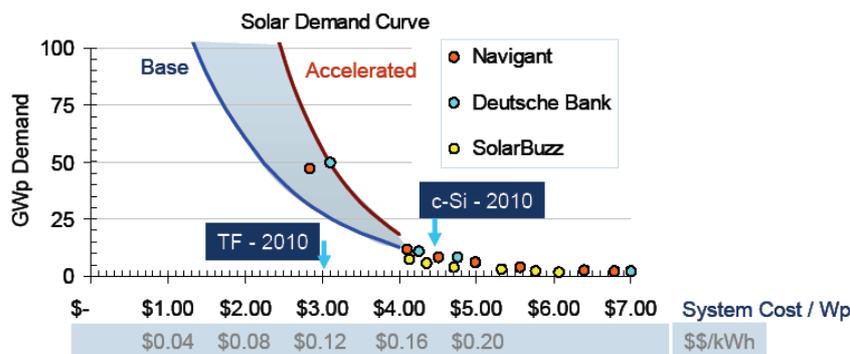


尽管全世界产能不断扩大，太阳能电池的市场价格相对比较稳定，说明市场需求旺盛

购买需求 需求旺盛，Moser Baer 投资 5000 万美元，购买了应用材料的 40MW 单级非晶硅生产线，2008 年 10 月量产后，立即收到德国 Ralos Vertriebs 和 Colexon Energy 两家公司的订单，共计 5000 万美元，供货到 2012 年。

	薄膜产能/GW	薄膜占太阳能电池市场份额	薄膜增长速度	薄膜和晶体硅的比率
2005	0.09	5%		5%
2006	0.18	7%	96%	8%
2007	0.70	18%	300%	21%

由于薄膜电池独特的成本优势，市场潜力巨大



TF at 20% is \$15-20 Billion Industry

薄膜电池的价格优势引发巨大的市场需求

薄膜电池是平价上网的捷径，可以让光伏产业早日进入不需要政府政策补贴支持的新时代。当 2010 年后成本价低于 \$3/W 或 \$0.12/kWh，薄膜电池可以占据 20% 以上的光伏市场份额，这是将是一个 150-200 亿美金的产业。

客户信息 欧美各国的太阳能服务公司如雨后春笋般兴起，毕竟是一个利润丰厚的产业，系统安装的成本和利润几乎和电池生产一样，而投资额却相当得小，难怪国内的太阳能电池厂商也有不少准备进军欧洲的太阳能系统安装服务产业。

国家	企业名录
德国	Payom Solar AG, GeckoLogic GmbH, Conergy AG, Aleo Solar, Sinosol AG, Ralos Vertriebs, Ralos Vertriebs, S.A.G. Solarstrom AG, MHH Solarteknik, HaWi Energietechnik GmbH, Sunova AG, Geckologic GmbH, Thermovolt AG, Sunset Energietechnik GmbH, Solon AG
意大利	ERIC Group, Arco Energy, AC Service, Ravano Green Power Arco Energy, AC Service, Ravano Green Power, Albatec, Albatec, Enerpoint
美国	Energy Northwest, Xcel Energy, Tampa Electric, AEE Solar, Solar Power, SunDurance
西班牙	Fire Energy, Ibersolar, Texsa S.A.
荷兰	SunConnex
日本	Eiko Trading Corporation
澳大利亚	Energy Australia
印度	Titan

购买动机 政府补贴。参考 1.2。平价上网。参考 1.3。

2.1.3 替代产品

产品差异性 第二代薄膜电池相对第一代晶体硅电池有着相当的优势：

- **更少的原材料成本** 晶体硅需要 180-280 微米厚的硅片作为原材料，价格高昂，而薄膜的厚度仅为 0.5 到 2 微米。双结非晶硅-微晶硅的成本是\$1.5/W，而晶体硅的是\$3.6/W。这为平价上网和大规模太阳能电站提供了很好的解决方案。

晶体硅	\$/W	薄膜	\$/W
SiHCl ₃	0.7	设备折旧	0.37
多晶硅	0.7	导电玻璃	0.28
Wafer	1.3	清洁气体	0.21
电池片	0.3	设备维护	0.17
组件	0.7	其它	0.45
总成本	3.6	总成本	1.5
价格	4.2	价格	2.6

薄膜电池耗用原材料非常少，有更好的利润。

- **更短的能源回收期** 薄膜电池的生产用耗电量是晶体硅的 7-8%，有非常短的能源回收期。这就是为什么赛维和尚德分别选择苏州和上海作为其生产基地。每瓦晶体硅的生产会耗用 25 度电力，而使用寿命 20 年中能够发电 50 度，仅为生产耗电量的 2 倍。国内电力 70%靠火力发电，所以第一代晶体硅的生产企业实际上是把国内的煤炭提炼出口。

	每瓦生产耗用电量/度	能源回收期/年
薄膜	1.9	0.76
晶体硅	25	10

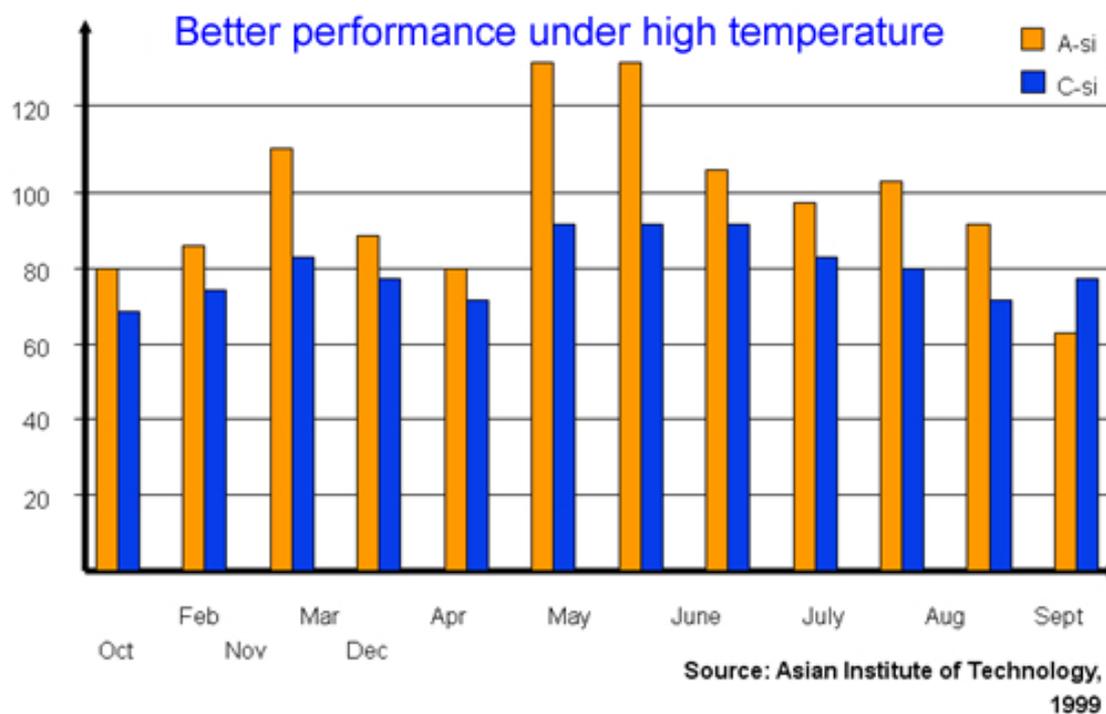
晶体硅的耗电量是薄膜的 12 倍。

- **回避了难度非常大的西门子法** 薄膜的主要原料是硅烷。在玻璃上用硅烷镀膜，这就避免了价格昂贵而且技术难度较大的西门子法。这是薄膜太阳能电池降低成本的根本原因。
- **更适合量产** 用 PECVD 方法在玻璃上镀非晶硅薄膜，和液晶工艺非常相似，更加自动化，效率更高。
- **独特的玻璃幕墙应用 BIPV** 从长远来看，轻质、柔性、透明的薄膜电池将会应用在摩天大楼的窗面上，在减少温室效应的同时，为建筑发送电能。



BIPV 玻璃幕墙虽然现在成本较高，但最终是一个发展趋势

- **更好地适应极端气候** 薄膜有更好的耐高温性。在高温高湿的环境下，晶体硅的性能会大打折扣，其承受的极限温度仅为 25℃，而薄膜的性能要远好于晶体硅。所以，最近中东各国对薄膜电池青睐有加，在沙漠中做大型电站，土地成本几乎为零，光照也充足，很容易实现平价上网。

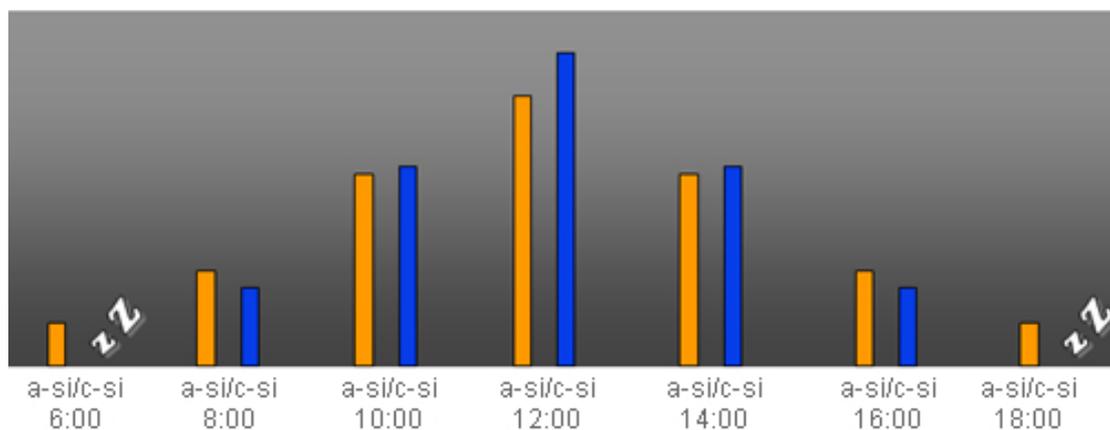


非晶硅薄膜电池的耐高温性使其更适合热带和亚热带地区的评价上网趋势

- **更好的弱光性** 晶体硅电池仅能够在早晨 9 点开始工作，并且只能铺设在向南的屋顶上，而薄膜能够在 7 点就开始工作，且可以铺设在东西两侧的屋顶上。这样将大大弥补薄膜电池转换效率偏低的不足。

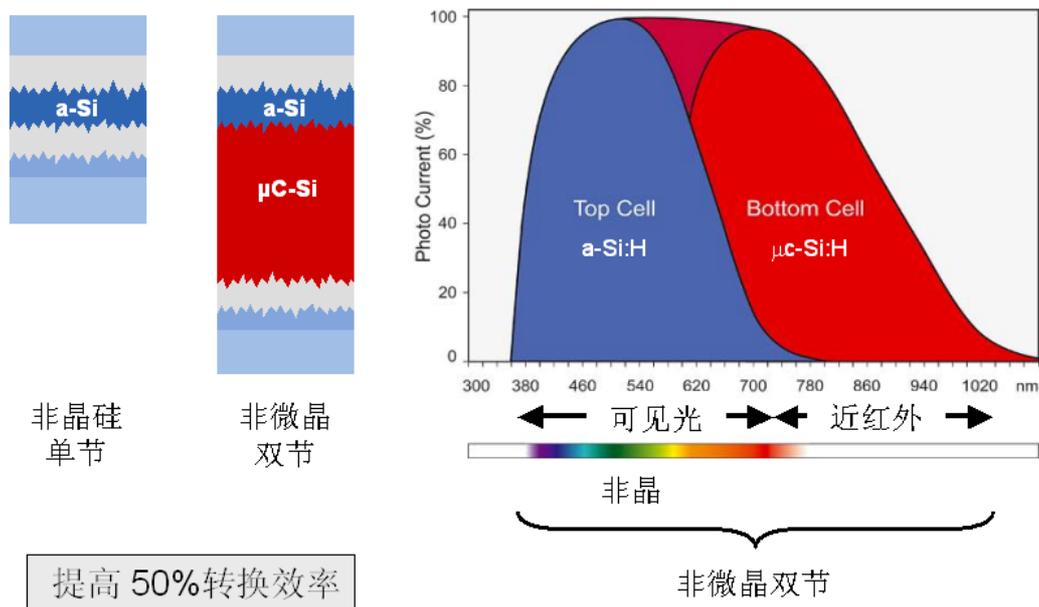
More sensitive to light intensity

a-Si has 8~10% higher yearlong production

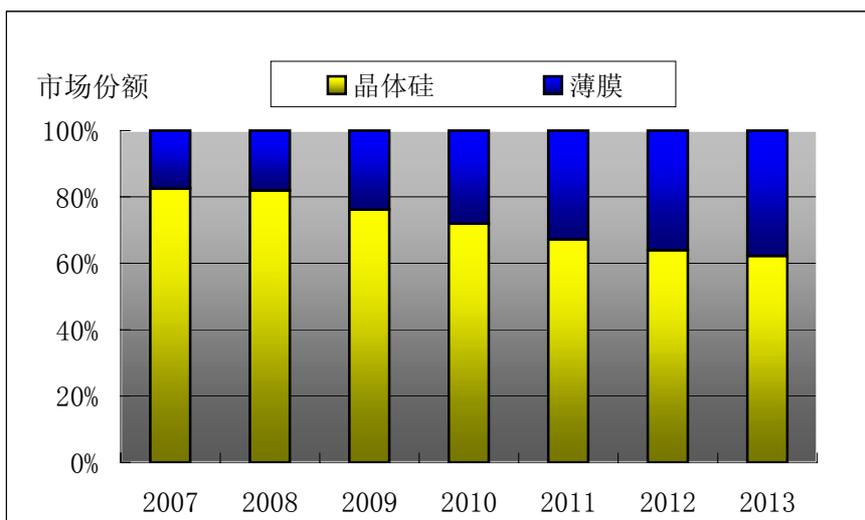


非晶硅薄膜在早晨和黄昏的弱光优势弥补了转换效率不足的缺陷

- **更宽的光谱接受范围** 非晶硅-微晶硅薄膜电池的光谱吸收范围包括可见光和红外光,有效地提高了转化率。



由于非晶硅-微晶硅薄膜能够吸收近红外光, 转化效率比单节 a-Si 高 50%



由于第二代薄膜电池的独特优势，其光伏市场份额占有量将会显著增长。

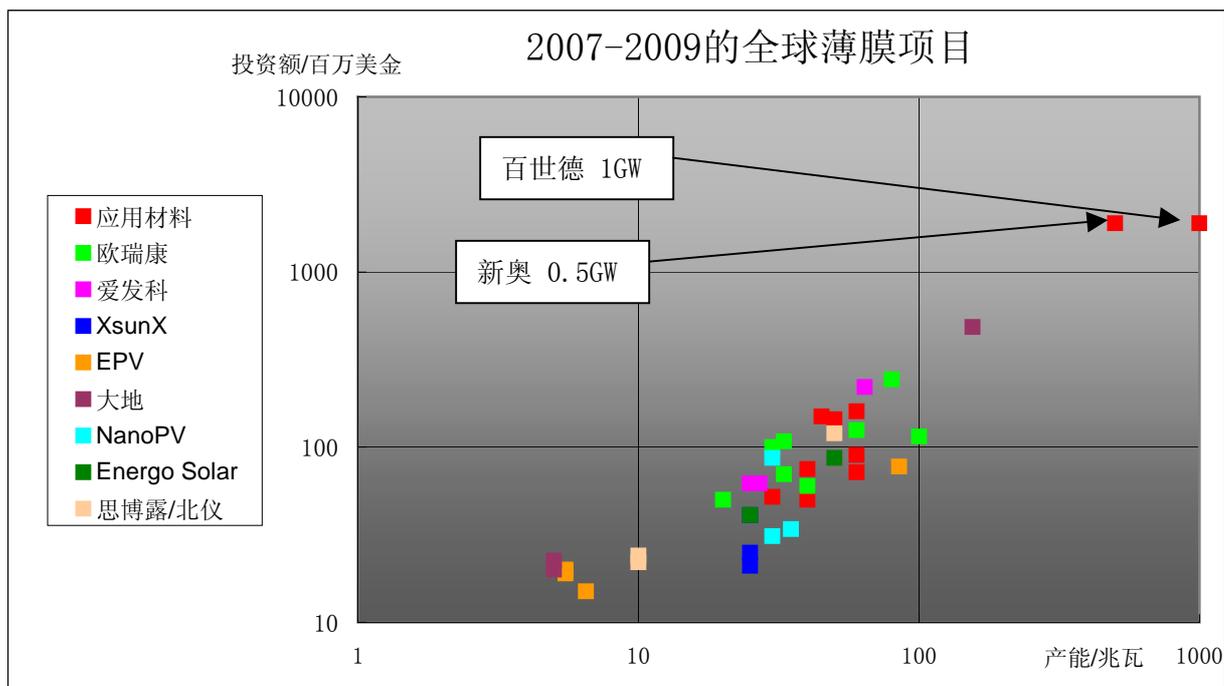
来源：NanoMarket

替代产品的相对价格表现 9%转换效率的薄膜电池售价\$2.6/W, 而晶体硅为\$4.2/W。薄膜有着绝对的价格优势。

2.1.4 潜在竞争者

学习曲线 作为新型高科技产业，技术是光伏企业的核心。需要高学历和较高的专业背景。

资本需求 60%的成本是设备，初期投资额较高，资本性支出较高，而运营资本较晶体硅低很多。



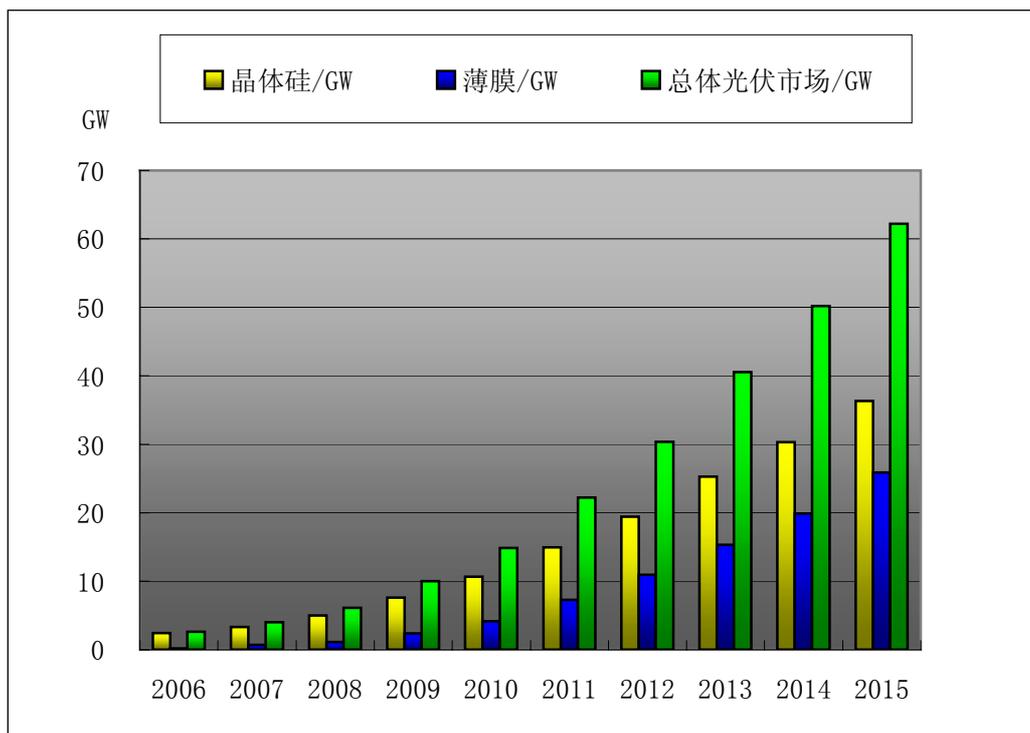
投资额和产能成正比关系

参见附录 3

转换成本 相对较高。甚至对晶体硅企业，要转做薄膜，也是从一样的起点开始，因为工艺和设备完全不同。

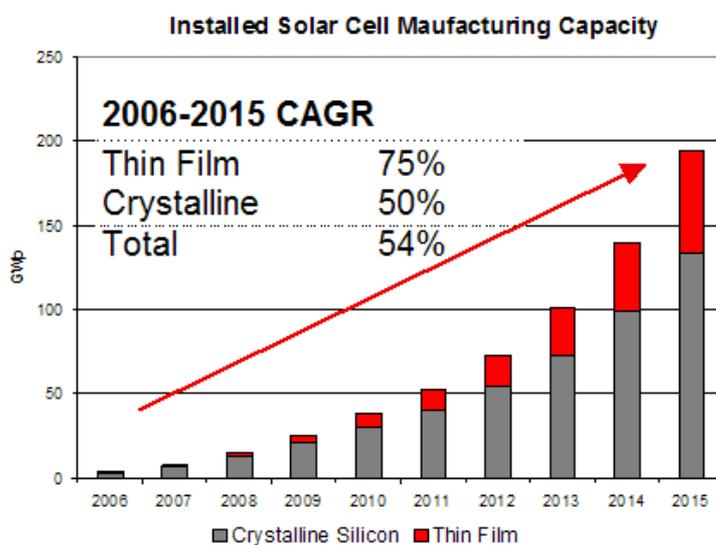
2.1.5 现有竞争者

行业增长 欧瑞康预测到 2015 年薄膜的复合增长率为 75%。而根据 NanoMarket 的预测，购买需求将从 2007 年的 0.7GW 增长到 2015 年的 26GW。

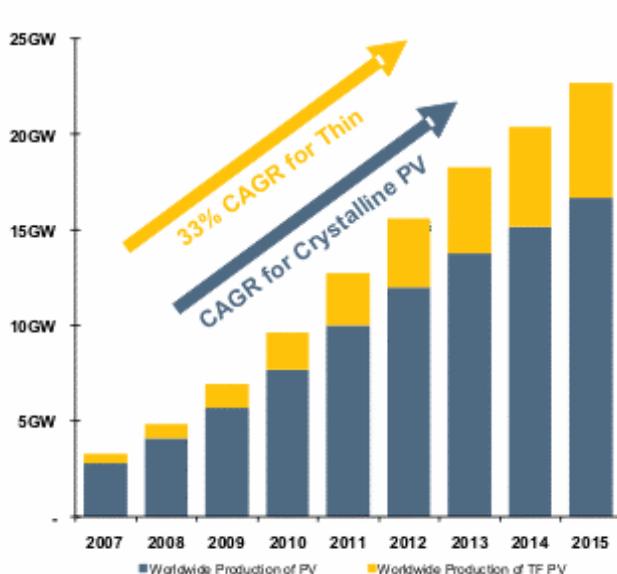


本项目组预测的市场增长率

来源: NanoMarket



德意志银行和欧瑞康较激进地预测薄膜年复合增长率为 75%



XsunX 预测了较为保守的薄膜复合增长率 33%

2007-2015	薄膜		晶体硅		总和	
	市场容量/GW	复合增长率	市场容量/GW	复合增长率	市场容量/GW	复合增长率
欧瑞康	60	75%	130	50%	190	54%
本项目组	26	57%	36	34%	62	41%
XsunX	6	33%	16	22%	22	25%

薄膜太阳能电池产业会在未来 10 年内快速成长

竞争对手

企业	薄膜类型	2006 产能 /MW	2007 产能 /MW	2010 产能 /MW
First Solar	CdTe	60	200	
United Solar	a-Si	28	48	300
Kaneka	a-Si	28	45	70
Sharp	a-Si/ μ c-Si	8.2	21	1000
Mitsubishi	a-Si	13	14	100
Fuji	a-Si	0.5	12	
Trony	a-Si	5.8	25	
Wurth Solar	CIS	1	15	
总和		144.5	395	

国外传统晶体硅制造企业往往自行制造薄膜设备

项目关键成功因素	研发	设备	销售	物流	质量	其它管理	加权平均
权重	50%	20%	15%	5%	5%	5%	100%
First Solar	99	92	96	93	93	96	96.4
Best Solar 百世德	90	99	94	94	94	97	93.2
Sharp 夏普	97	96	95	95	95	97	96.3
JN Solar 津能	85	91	93	92	92	92	88.5
GS Solar 金太阳	75	80	91	90	90	90	80.7
QS Solar 强生	80	85	90	91	91	91	84.2
Yuanchang 源畅	82	80	92	90	91	90	84.4
Royalstar 荣事达	78	80	94	92	92	94	83.0
Bangkok Solar	70	80	85	81	82	83	76.1
Sunwell Technology 富阳	87	90	93	92	93	94	89.4
本项目	95	90	90	91	90	91	92.6

用“项目关键成功因素”分析法研究表明，本项目是行业的领导者

2.2 案例研究

2.2.1 案例研究 1: 彭小峰 20 亿美元投资 1GW 薄膜光伏项目

据媒体报道，2007 年胡润百富榜第 6 名，能源榜第 1 名，赛维 LDK 董事长彭小峰，近期决定投资 20 亿美元，启动在苏州的薄膜太阳能电池项目-百世德。投资额之高，达到这位 33 岁富豪的半数身家。

百世德宣称：该项目采用美国应用材料（Applied Material）最先进的技术及设备，将在 08 年年底投产，项目将分 5 期建设，2009 年底预计实现产能 1GW。这个计划比全球最大的晶体硅电池制造商夏普的 1GW 计划还提前 1 年。百世德的技术，被推测也是 a-Si/ μ c-Si，电池面积 5.7 平方米，电池稳定效率达 8.5%-9%，有计划在 2010 年，将电池效率提高至 10%-12%。应用材料在 2007 年时，宣布他们会推出，“当时所谓全球首条，也是唯一的一条超级产线”。08 年 3 月 19 日，应用材料全球总裁兼 CEO 斯普林特表示，公司签约史上最大一笔合同，金额高达 19 亿美元。他们将为合作伙伴提供相关设备，帮助这家太阳能厂建设为全球最大的太阳能面板工厂。在其厂内装设 SunFab 薄膜串接功能，每年所生产太阳能模组发电量达 1GW，这些设备与相关服务的合约金额为 19 亿美元。百世德就是应用材料薄膜电池生产设备的所谓最大订单客户。

2.2.2 案例研究 2: 新奥集团的 0.5GW 薄膜光伏项目

新奥集团成立于 1989 年，员工 2.3 万余人，总资产超过 200 亿元人民币，目前在香港上市。生产的新奥向日葵牌太阳能热水器获河北省“名牌产品”、“消费者信得过产品”和“农村能源利用协会推荐产品”等殊荣。拳头产品——全玻璃真空集热管达到世界一流水平，成功地为国内外众多热水器厂家配套。新高集团购买的 10 条应用材料 SunFab，总产能 0.5GW。其投资额\$1.9B，也超过了其总资产的一半。

2.2.3 案例研究 3: Sharp 薄膜项目从 1GW 提升为 6GW



夏普龟山工厂

2007 年 8 月夏普表示,将在大阪府堺市建设一座年产能 1GW 的大规模薄膜硅太阳能电池新工厂,在 2010 年产能达 1GW,并争取赶超 First Solar。大阪府堺市原有第十代 LCD 面板产线,由于薄膜电池的前道工序和 LCD 相似,夏普此举会有效提高产线效用。夏普的 a-Si/ μ c-Si 薄膜硅太阳能电池的单元转换效率为 11%、模块转换效率为 8.6%。薄膜电池产量从 2006 年的 8.2MW 提升到了 2007 年的 105MW。

夏普增强葛城工厂(奈良县)薄膜硅太阳能电池生产线工程竣工,2008 年 10 月 1 日举行了供货仪式。2007 年 11 月底决定建设新生产线,历经 10 个月投产。由此,该公司的薄膜硅太阳能电池的年生产能力从 15MW 提高到了 160MW。新生产线用 1m \times 1.4m 底板制造薄膜硅太阳能电池。以层积非晶硅和微晶硅的串联结构,使稳定后的模块转换效率达到了 9%。主要面向需求不断扩大的欧洲大型发电站供货。夏普提出了 2010 年度将薄膜硅太阳能电池的年产能提高至 1GW,且将来在 2015 年进一步扩大至 6GW 的方针。并打算将此次新生产线积累的经验 and 成果应用于目前正在建设的堺工厂以及正在详细研究中的海外工厂,力争使产能达到 6GW。在供货仪式上,该公司代表董事副社长滨野稔重表示:“这条新生产线是在全球开展业务的基础。今天就是开始,值得纪念。”

2007 年全球太阳能电池产量达到 3,436MW,较 2006 年增长了 56%,中国厂商 2007 年市占率由 2006 年的 20%提升至 35%,而日本厂商市占率则由 2006 年的 39%下滑至 26%,以夏普和三菱为代表的日本厂商市占率下滑除了受到上游硅料供应吃紧及日本本土市场光伏系统装置容量下降等因素影响之外,日系厂商开始布局下一代薄膜太阳能电池领域发展也有相当大的关系。

夏普的环保理念渗透到制造产品的每一个环节中。生产基地堺市和龟山工厂更是一个超级绿色的工厂。工厂设有世界最大规模的太阳能发电系统,发电量高达 5.21MW,相当于 1300 户普通家庭的所需电量,可减少 3400 吨二氧化碳排放。

2.2.4 案例研究 4: 全球第一个零碳排放的生态城-阿联酋 Masdar

2008 年 06 月 06 日,阿联酋阿布扎比未来能源公司宣布:作为 Masdar 生态城项目的一个组成部分,公司将大幅增加在太阳能方面的投资,向应用材料公司采购了 3 条双结薄膜 SunFab 生产线。对普通家庭来说 3KW 的发电量应该得以满足,也就是说 3 条 SunFab 生产线

每年生产的电池组 210MW，可以满足 7 万户家庭。应用材料公司所提供的生产线中的 1 条将在德国 Erfurt 安装，预计 2009 年下半年启用。另外 1 条将被安装在阿联酋阿布扎比，预计 2010 年早些时候启用。这些生产线将为 Masdar 生态城提供太阳能组件。Masdar 生态城是全球第一个零碳排放、零废物的城市，它将完全采用可再生能源，也将为全球其它地区更多的清洁能源需求提供支持。

2.2.5 案例研究 5：中国光伏能源

爱发科株式会社、烟台中国光伏能源科技有限公司（China Solar Power）、吉富中国投资公司（Tano China Private Equity Fund）三家公司于 2007 年 10 月 17 日签订了战略合作协议。采用第 5 代玻璃基板，单体结构非晶硅（a-Si）模块生产量预计 1 年有 50MW。之后，预定会将此条生产线转移到高发电功率的迭层构造模块的生产上。2010 年高效率模块的年产量计划将从 50MW 约增加到 64MW。吉富中国投资公司背景雄厚，是 Franklin Templeton 的中国分支。烟台中国光伏能源野心勃勃地计划 2010 年产能达到 180MW，2015 年达到 560MW，并在 2010 年在纳斯达克或香港上市。

2.2.6 案例研究 6：荣事达

安徽荣事达集团是亚洲最大的洗衣机生产企业，2006 年实现工业产值 45.1 亿元。2007 年安徽荣事达与多家跨国大型光伏公司合作，投资薄膜太阳能电池。计划分为三期建设，第一期 5.5MW，三期共 75 条产线，0.4GW，项目建成后将有望实现销售收入 75 亿元。

2.2.7 另外 37 个案例研究

参见附录 4

3 SWOT 态势分析和团队介绍

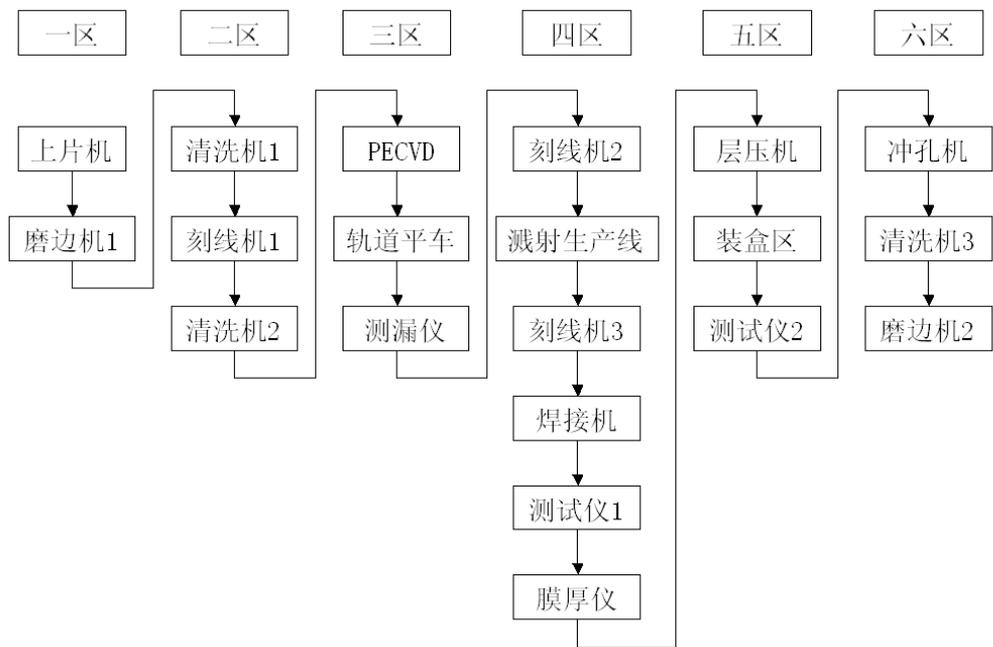
3.1 SWOT 态势分析

3.1.1 优势

■ 整线状态

	5MW	25MW
转换效率	6%	6%
电池尺寸	1245×635mm	1375×787mm
每片功率	44W	60W
每天产能	480 片	1536 片
成品率	95%	95%
设备开工率	85%	85%
全年产能	480×44× 95%×310=6219840W	1536×60× 95%×310=27141120W

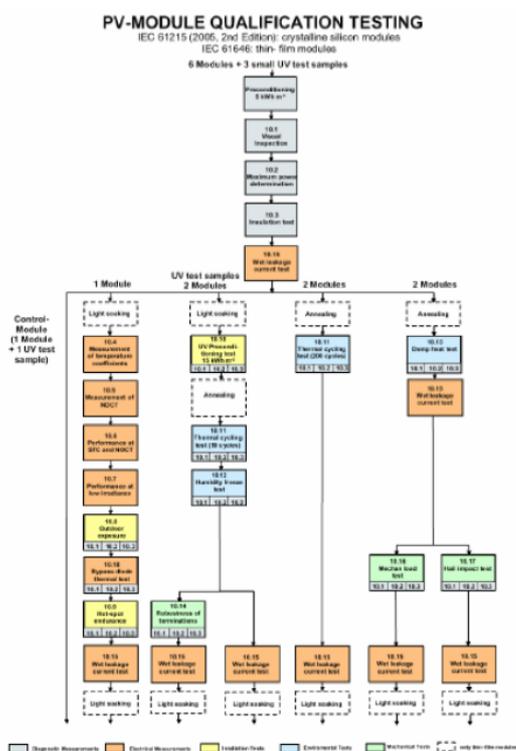
■ 生产线设备规划



■ 生产线配套设施

厂房	4500 平方米 (5MW) /11000 平方米 (25MW)。含高压变电所、特气机房、附属设备机房。
一次侧配电工程	高压电柜、变压器、高压进线开关、低压总开关、电容补偿柜、分线柜、车间配电柜。
空调系统工程	风冷热泵两台、冷却用水、空调、车间配电柜、公共设备配电柜、隔间吊顶、两台 AHU 空调箱、空调风管、净化车间 FFU。
空压系统工程	英格索兰空压机、冷干机、前后置过滤器、空压机二次侧配电、储气桶。
纯水系统工程	纯水系统、管路安装。
特气工程	特气柜、特气管路安装、燃烧炉、特气处理、液氮系统。
消防工程	消防箱及消防预埋管路。
金额小计 (不包括厂房)	600 万元 (5MW) /2000 万元 (25MW)

■ 严格按照 IEC61215 Ed. 2 生产

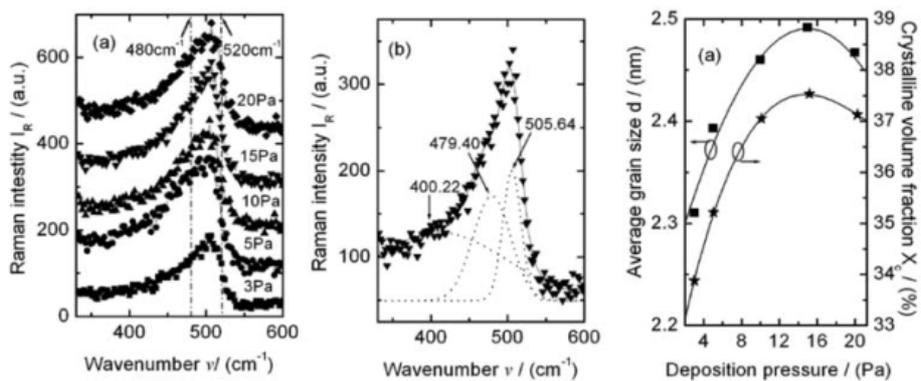


Overview of IEC 61215 / IEC 61646 tests

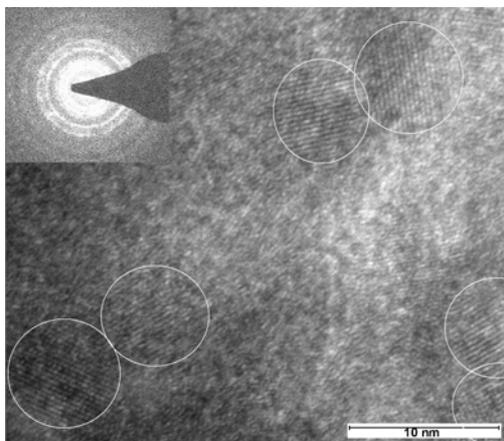
Code	Qualification Test	Test Conditions
10.1	Visual Inspection	according defined inspection list
10.2	Maximum Power Determination	measurement according to IEC 60904
10.3	Insulation Test	1000 VDC + twice the open circuit voltage of the system at STC for 1 min, isolation resistance > module area + 40 MΩ/m² at 500 VDC
10.4	Measurement of Temperature Coefficients	Determination of the temperature coefficients of short circuit current, open circuit voltage and maximum power in a 30°C interval
10.5	Measurement of NOCT	total solar irradiance = 800 W/m² wind speed = 1 m/s
10.6	Performance at STC and NOCT	cell temperature = NOCT / 25°C irradiance = 800 W/m² / 1000 E/m² measurement according to IEC 60904
10.7	Performance at low irradiance	cell temperature = 25°C irradiance = 200 W/m² measurement according to IEC 60904
10.8	Outdoor Exposure Test	60 kWh/m² solar irradiation
10.9	Hot-Spot Endurance Test	5 hour exposure to > 700 W/m² irradiance in worst-case hot-spot condition
10.10*	UV-preconditioning test	15 kWh/m² UV-radiation (280 - 385 nm) with 5 kWh/m² UV-radiation (280 - 320 nm) at 60°C module temperature
10.10	UV-Exposure according IEC 61345	Min. 15 kWh/m² UV-radiation (280 - 450 nm) with 7.5 kWh/m² UV-radiation (280 - 320 nm) at 60°C module temperature
10.11	Thermal Cycling	50 and 200 cycles -40°C to +85°C
10.12	Humidity Freeze Test	10 cycles -40°C to +85°C, 85% RH
10.13	Damp Heat	1000 h at +85°C, 85% RH
10.14	Robustness of Terminations	As in IEC 60068-2-21
10.15	Wet Leakage Test	Evaluation of insulation of the module under wet conditions
10.15**	Twist Test	Deformation angle 1.2° over the module diagonal
10.16	Mechanical Load Test	Three cycles of 2400 Pa uniform load, applied for 1 h to front and back surfaces in turn
10.17	Hail Test	25 mm diameter ice ball at 23 m/s, directed at 11 impact locations
10.18*	Bypass diode thermal test	Asses adequacy of thermal design of by-pass diodes at a current of 1.25 x Isc running through the diodes at module temperature of 75°C
10.18**	Light soaking	Light exposure of 600 W/m² to 1000 W/m², until Pmax is stable within 2 %
10.19**	Annealing	Heat soak at 85 °C until Pmax is stable within 2 %

* Tests only relevant for IEC 61215 qualification
** Tests only relevant for IEC 61646 qualification

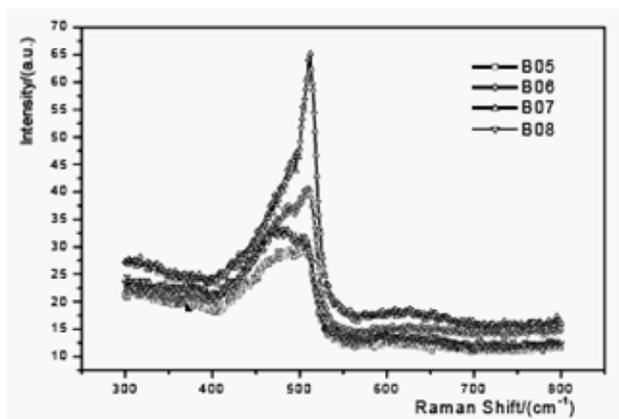
■ 运用纳米技术的纳米晶体结构可以把现有的双极薄膜电池改进为三级电池。这种结构为非晶硅-微晶硅薄膜太阳能电池提供了更宽的接收频谱宽度。经过一系列基础研究，我们运用 PECVD 工艺，获得纳米晶体硅薄膜，实现了 5.57% 的转换效率。这就意味着，如果使用这种纳米结构，薄膜的转换效率能够实现 12%。更加令人振奋的是，应用了这种创新性结构后，不需要增加很多原材料和设备改进，而只需要增加 30% 的 PECVD 镀膜时间。由于这种优越特性，纳米晶体硅被认为是第三代太阳能电池的发展方向，有效地提高现有薄膜电池转换效率相对较低的劣势。我们已经通过光调节和电调节的 PECVD 和 HWCVD 镀膜技术，成功获得可控微结构硅薄膜，这一突破标志着我们在纳米晶体硅技术上已经实现了国际先进水平。



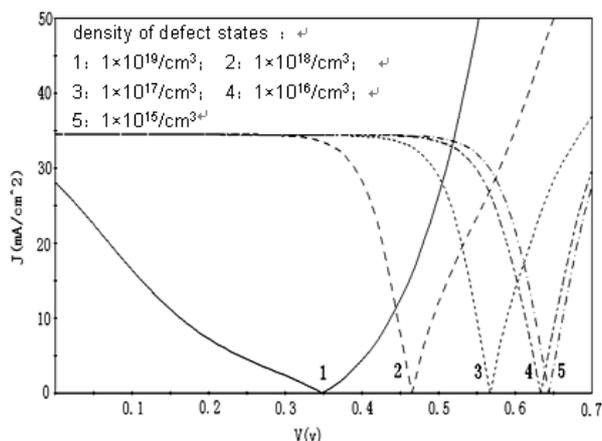
通过真空镀膜压力的变化，可以改变纳米级硅颗粒的大小和拉曼光谱的相应



用 HRTEM 电子显微镜，观察纳米晶体硅薄膜

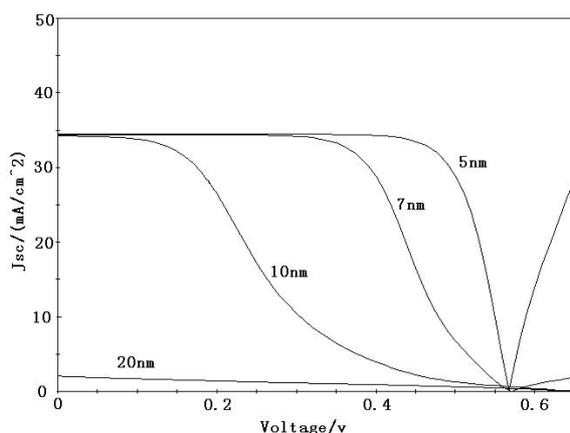


微米晶体硅薄膜的拉曼光谱



通过对电压-电流特性模拟，来确定掺杂比例

- HIT 电池（异质结本征薄膜 Heterojunction with Intrinsic Thin layer）是结合了晶体硅和薄膜技术的创新概念，仅有三洋推出了 22% 的产品。但是我们在这方面有相当的造诣，能够达到 20% 的效率。作为晶体硅和薄膜的“混血儿”，HIT 电池的转换效率超过了晶体硅和薄膜，更适合于面积局限的屋顶太阳能系统应用。早在 2005 年，我们就用 AMPS 计算机模拟，并运用 HWCVD 工艺，实现了转换效率达 12.5% 的 HIT 太阳能电池。在生产上，我们仅需要购买小型的晶体硅设备，作为薄膜的补充，来进行生产利润率相当高的 HIT 电池。这样我们公司的产品路线，将覆盖低价位的薄膜到高价位的 HIT 电池。



AMPS 的模拟结果表明，为了实现更好的电池性能，薄膜发射层为 5 纳米为最佳。

- 上海交通大学太阳能研究所成功孵化的 6 个光伏企业

 - 林洋** 林洋是国内领先的高精度电表产品的制造商，拥有国内 1/3 的市场份额，是国内第一大精密电子仪表生产商。2004 年开始从事晶体硅太阳能电池生产，时任上海交通大学太阳能研究所所长崔容强教授被聘请为高级技术顾问，和周教授一起为公司解决了核心的技术问题。另外，周教授的 2005 年 15.7% 商业化晶体硅电池的全国记录，作为上海交通大学的知识产权为林洋带来了资本市场的信任，其实在纳斯达克成功上市。林洋新能源（Solarfun Power Holdings）2006 年 12 月在美国纳斯达克上市前，吸引了花旗银行、Good Technologies，鸿毅以及联想基金的投资 5300 万美金。
 - 泰阳** 上海交大泰阳绿色能源有限公司成立于 1999 年。被上海电气集团股份有限公司兼并后，公司注册资本达 1.63 亿元。结合了上海交通大学的技术和人才优势和上海电气集团的资金和管理模式，公司迅速发展，生产能力快速增长。上海交通大学太阳能研究所郭里辉教授被任命为 CTO。周之斌教授也在技术上参与了公司的创建。主

要技术研发方向涉及高效晶体硅太阳能电池产业化技术、太阳能独立式/并网式发电系统设计和太阳能应用新产品开发。公司的多名员工拥有博士学位，硕士以上学历占总人数 30%，学士以上学历占 70%以上。企业具备了较强的自主创新能力，目前公司拥有 14 项专利技术，并有多个课题获上海市科委科技攻关项目立项。公司已取得 ISO9000 质量认证、ISO14000 环境体系认证、IEC61215 国际电工标准认证、CE 欧洲电工标准和 TUV 德国安全认证。公司积极参与世行项目、国家光明工程、村村通工程和绿色奥运工程等项目，产品在国内市场影响力不断提升，已被广泛应用于通信、广电、交通、石油、照明和军事等行业。

■ **亿晶** 常州亿晶，2007 年收入 2.28 亿美元，被评为《福布斯》中文版“2008 中国潜力企业榜”第 13 位。自从孙铁国教授的加盟，公司已经走上了创新型科技企业的道路。自主研发出 DRXF-85 型单晶炉，比从国外引进同一设备节省费用近一半，自行研发的保温装置则比原先节电三分之一以上。结合了上海交通大学的科研优势，常州亿晶光电科技有限公司已形成从单晶炉生产，到单晶棒，到单晶切片，再到电池组件封装的完整产业链，随着投资 5 亿元的新厂区首条国际领先的 25 兆瓦全自动太阳能电池生产线启用，公司能生产出国内罕见的平均转换率达 17%的高品质太阳能电池片，产品远销美国、德国、法国、英国、日本、巴西、希腊、加拿大、西班牙、意大利等 10 多个国家和地区。今年上半年再投资 3 亿元新增 6 条电池生产线，生产规模将增至 200 兆瓦，在 2 至 3 年中成为金坛首家超百亿企业。

2004 年-2006 年加权平均				2006 年		
总资产收益率	净资产收益率	利润增长率	销售增长率	总资产	收入	利润
55%	35%	300%+	106%	\$19.6M	\$25.1	\$8.7

以雄厚的技术做基础，亿晶展现出优越的财务表现

■ **赫爽** 上海赫爽太阳能科技有限公司，是专业从事太阳测试设备的研发生产厂商，公司创办人徐林教授先是在上海交通大学从事太阳模拟器研发和推广的教授，已拥有 10 余年的太阳模拟器技术研究经验和 8 项国家发明专利技术。作为专业从事太阳测试设备的供应商，赫爽成功研发的各类太阳能电池器件及材料的测试产品，已达到国际先进水平。主要产品包括，多次闪光模拟器、单次闪光模拟器、太阳电池测试和分选机、手持式太阳能光伏方阵测试仪、少子寿命分析仪等。为了适应近期非晶硅薄膜电池的测试的需求，赫爽在国内率先开发出全自动化的单体太阳能电池测试分选机和光源脉宽长达 100ms 的太阳模拟器。2007 年 3 月 27 日，赫爽生产的模拟器通过了美国 UL 测试。固然国内太阳能产业的蓬勃发展为赫爽提供了很好市场舞台，但由于徐林教授的赫爽在技术上的领先，其客户已从中国扩展到美国、意大利、西班牙、俄罗斯、比利时、巴基斯坦、泰国、印度、台湾和香港等地。

■ **常州源畅** 常州源畅光电能源有限公司是由生产汽车配件的源畅高科技集团有限公司与美国 CMI 投资股份有限公司合资成立的新型光伏企业，主要从事非晶硅光电模板生产，90%以上的产品外销。源畅光电项目计划总投资为 4.5 亿美元，整体规划是到 2010 年引进生产线 31 条，5 年内非晶硅薄膜光电模板年产量达 1000 兆瓦。周之斌教授 2008 年 5 月开始担任华基光电的高级科学顾问，进驻常州源畅，全面负责技术改进，经过不到半年的时间，使非晶硅电池生产线的良率从 44%提高到 77%，从根本上推进了整个企业的技术水平和盈利能力。

■ **南通强生光电** 国内第一条引进最先进的 25MW 非晶硅太阳能电池生产设备，在最短的时间内向市场推出 1397*787mm 的 60W 的光伏组件。从 2007 年初，李友杰和其它四位

工程师在董事长沙晓林的直接领导下成立项目筹划组。负责南通强生 25MW 非晶硅薄膜太阳能电池生产线的项目筹划。在基础设施规划、厂务配套，设备选型和工艺制定、产品认证、市场推广等做出了许多大量的、有创新的工作。目前，强生的第二条线设备将于 2009 年 2 月到位。

3.1.2 劣势

- **相对晶体硅较低的转换效率** 双极薄膜 8%的效率，而晶体硅有 16%的效率，但是由于薄膜独特的性能和较低的成本，是其核心竞争力。
- **多晶硅价格的下降** 即使是晶硅价格降低到一半，还是很难和第二代薄膜的成本相比。
- **资金和技术的风险较大** 非晶硅太阳能电池项目是个资金、技术门槛偏高的行业。

3.1.3 机会

- **成本大大降低的太阳能电站** 由于第二代薄膜优越的弱旋旋光性，每天能工作 8 小时以上，而相比之下，第一代晶体硅电池 1 天只能工作 4 小时。大型电站往往是利用闲置土地进行建造的。所以，尽管薄膜电池的转换效率相对较低，但是当应用在不计土地面积的大型太阳能电站时，60%的价格和弱旋旋光性就是客户选择的最好理由。



第二代薄膜电池必将促使全世界大型太阳能电站发展到一新的高度

- **光伏建筑一体化 (BIPV)** 由于薄膜可以被薄薄地镀在玻璃表面，甚至塑料表面，因此就可以把电池安装窗户上，特别是摩天大楼，这样在减少温室效应的同时，可以为大楼提供电力供应。所以，第二代薄膜电池的推出将重新定义绿色能源和节能环保含义。



光伏建筑一体化为建筑的外观也增添了一份气派

- **更好的道路照明方案** 第二代薄膜电池作为道路照明的电源，有着广阔的前景。由于比第一代优越的弱旋旋光性，再结合新兴的 LED 技术，今后将不用再为路灯铺设电线电缆。这也就是所谓的无源照明概念(Passive Lighting)，就是照明不需要电源。



有了薄膜电池，无源照明离我们很近

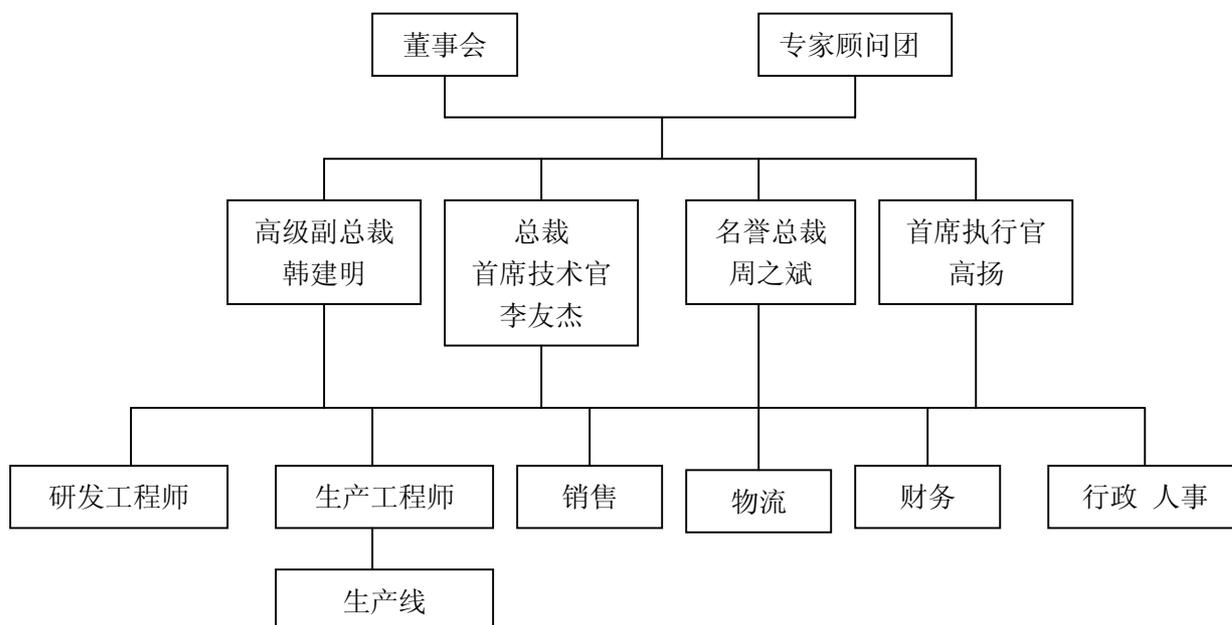
3.1.4 威胁

- **现在，欧美各国正在花费巨资促进各大学和研究所的太阳能科研。那么，新科技会不会很快地取代薄膜技术，如铜铟镓硒，印刷薄膜，或染料敏化电池？** 长期来说，科学和研究会不断地为我们带来新的技术，这是毋庸置疑的，但是有一个时间问题，突破性的科学研究往往需要十几年甚至几十年的积累。现在太阳能的商业化如火如荼，在短期内看不到上述技术会像第一代晶体硅和第二代薄膜那样得到广泛的应用。我们对这三种技术也做过细致的研究工作，周教授对铜铟镓硒和染料敏化电池也取得了一定的科研成果。但是铜铟镓硒电池的设备相对昂贵，也不成熟，原材料铟又是稀缺材料。印刷薄膜和染料敏化电池确实有成本优势，但是致命弱点是效率低，只有不到 5%，而且寿命也小于 5 年。所以，经过我们的研究，这些技术不被考虑。我们团队的最大特点，也就是技术强，经验丰富。我们在周教授过去的研究成果基础上，会把 HIT 电池作为我们的重点发展方向，这种晶体硅加薄膜的技术是提高转化效率的很好途径。参考 3.1.1。
- **德国和西班牙的的补贴政策最近有所削弱，光伏行业是否会受到冲击？** 2008 年 6 月 6 日，德国议会通过法案把对安装太阳能电池的税收补贴的年降幅从 5-6% 升高为 8-9%。西班牙现行太阳能补贴政策也在 2008 年 9 月到期。实际上，这是一个利好消息，因为德西政府看到了第二代薄膜电池带来的平价上网的趋势，3 三年后，使用薄膜电池是不需要政府补贴就能盈利的，那么由于技术的进步，必然促使政府削弱补贴，但这不会削弱市场。第二代薄膜的推出，将大大降低安装成本，降幅为 40%。德国政府认为每年补贴降幅 8-9% 相对 40% 的成本降低来说，是微不足道的，也不会降低市场需求。我们和德国几家主要太阳能客户进行了直接的交流，从他们那里得到了正面的回应。他们普遍认为，欧洲光伏市场在未来几年仍然会保持健康成长，并且第二代薄膜独特的成本优势会推动光伏产业的价格降低、应用广泛。另外，由于政策影响，在 2009 年上半年会有暂时的市场冷淡，而我们项目如果按计划计划在 2009 年第 4 季度量产，正好避开了这个低迷期。
- **Truelfen 先生，Payom Solar AG, +49.9826.6599.45:** 2009 年和 2010 年，德国市场将增长 20% 到 30%，而薄膜的增长将超过 30%。由于政策变化的影响，德国的光伏市场会在 2009 年第 1 季度略微有所下降，但是在第 2 季度，会迅速反弹。

- Aseloff 先生, Aleo Solar: +49-3984. 8328. 0: 2009 年德国和西班牙市场, 保守估计, 会有 10% 的增长。新政策将会多多少少影响市场。西班牙市场会在 2009 年前半年有所下降, 但在后半年会反弹。德国市场会在 2009 年第一季度下降, 但在后三个季度和 2010 年会有持续增长。
- Guster 先生, GeckoLogic GmbH, Mr., +49. 6441. 2045. 592: 电池成本占系统成本的 65-70%。如果市场上开始打价格战, 你们的薄膜技术成本优势和中国劳动力成本优势会凸显出来。所以, 2009 年和 2010 年, 对你们来说是一个很好的发展机会。

3.2 管理团队

3.2.1 公司结构



3.2.2 管理层

周之斌教授

- 2008 年-2009 年, 实验室主任, 上海交通大学太阳能研究所。周教授拥有丰富的太阳能研究经历, 17 篇学术论文, 10 篇会议论文和 9 项专利。他的科研成就包括 12.5% 纳米晶体硅电池和 HIT 电池, 改进 PECVD 工艺, 开发 RF/DC 的磁电管/粒子束溅射、并设计创新的真空设备。周教授的论文和专利参见附录 7。
- 2009 年, 高级科学家, 美国波士顿大学。
- 2008 年, 高级科学顾问, 香港华基光电有限公司。
- 2007-2008 年, 访问学者, 可再生能源中心, 英国拉夫堡大学。
- 2006 年, 访问学者, 电子研究院, 日本静冈大学。

- 2002-2005 年，为交大泰阳和江苏林洋提供技术支持。2005 年，周教授实现了 15.7% 的商业单晶硅电池全国记录，该记录帮助江苏林洋成功在纳斯达克上市。

李友杰

- 2008-2009 年，总工程师，香港华基光电有限公司。负责华基光电在大陆地区的多家客户的非晶硅电池生产线“交钥匙”工程的设备安装、调试、培训。华基光电是香港的一家上市公司，目前控股美国大地太阳能（Terra Solar Inc.）和台湾的中华联合半导体设备制造有限公司。
- 2007-2008 年，项目经理，南通强生光电科技有限公司，国内最早量产的薄膜项目。负责南通强生 25MW 非晶硅薄膜太阳能电池生产线的项目筹划，在基础设施规划、厂务配套，设备选型和工艺制定等积累了大量的经验。
- 2005-2007 年，上海交通大学太阳能研究所硕士，导师为周之斌教授。2006 年参与纳斯达克上市的上海林洋光伏研发中心的组建，并在其中进行氮化硅薄膜的快速热处理的研究，并发表国内外核心期刊论文各一篇。2005 年在上海交大太阳能研究所周之斌教授的指导下，进行透明导电膜和空间砷化镓太阳能电池的研发工作，发表论文一篇并申请专利一项。

高扬

- 2009 年，总经理，上海胜利太阳能有限公司，从事太阳能电池外贸出口，并翻译太阳能专业书籍。
- 2007 年-2008 年，项目经理，菲尼萨光通讯。纳斯达克上市的菲尼萨（Finisar Inc.）是世界上最大的光通讯器件和子系统生产企业，是思科的最大供应商，中兴和华为的最佳供应商。在 2008 年上半年，高扬的团队实现了光隔离器 54% 的增长，市场占有率一举超过日本住友集团，成为全球最大的光隔离器供应商。
- 2003 年-2006 年，美国留学，University of Central Florida (UCF)，美国光电子学排名前五。在读期间，为导师 Dr. Delfyett 提出了 Ultrashort Pulse 技术，并应用了 Raydiance 公司。Ultrashort Pulse 技术使 Raydiance 在 2007 年被《财富》杂志评为“15 家能够改变世界的公司”之一。美国在线前首席执行官 Barry Schuler 成为公司首席执行官，M&M 的 Mars 家属成为该公司的大股东。
- 1998 年-2002 年，上海交通大学的物理学学士学位。

韩建明

- 2008 年，秘书长助理，上海市太阳能学会。
- 2007 年，参与 2010 年上海世博会太阳能游船项目。
- 2005 年，参与林洋、上海艾力克等公司的筹建工作。
- 2005 年，参与德国肖特公司与上海建筑科学院生态建筑示范工程 5kW 太阳能光伏发电电池方阵的并网工程建设。
- 1989 年，加入上海市太阳能学会。

管理层候选人

- 唐应堂，工程部总监，苏州阿特斯太阳能，上海交通大学学士，美国亚利桑那州州立大学硕士
- 高翔，高级主任，海康人寿保险有限公司，英国卡迪夫大学学士，伦敦城市大学硕士
- 张大鹏，总经理，菲尼萨光通讯（上海）有限公司，美国硕士
- 兰发华，助理总经理，菲尼萨光通讯（上海）有限公司，硕士
- 张蕾，销售支持总监，菲尼萨光通讯（上海）有限公司，美国硕士
- 陈凡，研发部经理，菲尼萨光通讯（上海）有限公司，上海交通大学博士
- 方莹，主任讲师，上海贝尔阿尔卡特大学，硕士
- 李小虎，中国区总裁 Arsenal Capital Partners 美国博士
- 凌震，市场战略部经理，美国硕士，法国 INSEAD MBA
- 熊申杰，区域销售经理，好理顺电子（上海）有限公司，硕士
- 金文熙，物流经理，奇梦达科技（苏州）有限公司，英国林肯大学 MBA

3.2.4 专家顾问团

吴诗聪教授

- 美国中佛罗里达大学，光学学院教授
- 吴教授是世界著名的液晶科学家。共出版 4 本着作、350 篇论文和 60 项专利
- IEEE/OSA Journal of Display Technology 创始主编
- 美国光学学会院士
- 国际光学工程学会院士
- 美国电气及电子工程师学会院士
- 美国信息显示协会院士
- 2008 年美国信息显示协会 Jan Rajchman 奖
- 2008 年国际光学工程学会 G. G. Stokes 奖
- 2003 年美国电气及电子工程师学会杰出工程师奖
- 2000 年美国信息显示协会杰出贡献奖
- 1991 年美国休斯实验室年度最佳论文奖和团队成就奖

Eric W. Van Stryland 教授

- 美国中佛罗里达大学，光学学院院长
- Stryland 教授是世界著名的非线性光学科学家。他共发表 100 余篇论文，培养了 25 名博士
- 美国光学学会院士，前主席
- 国际光学工程学会院士
- 美国激光协会高级会员
- 美国电气及电子工程师学会前董事会成员
- 美国物理协会会员

- 美国材料研究协会会员
- 2006 年多学科大学研究计划奖
- 2001 年奥兰多市长高级科技顾问
- 1995 年苏格兰圣安德鲁大学名誉教授
- 1986 年北德克萨斯大学总统奖

Peter J. Delfyett 教授

- 美国中佛罗里达大学，光学学院教授
- Delfyett 教授是世界著名的激光科学家。他保持着最快最强的锁模半导体激光器的世界记录。发表了超过 275 篇论文，并有 12 项专利。
- IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics 主编
- IEEE Photonics Technology Letters 副主编
- 美国光学学会院士
- 美国电气及电子工程师学会前董事会成员
- 2006 年 Science Spectrum Trailblazer 奖
- 2005 年美国物理协会 District Advocate 奖
- 2005 年 Science Spectrum Outstanding Black Professional in Science 奖
- 2003 年 Technology Innovation Award 奖
- 国家科学基金 Presidential Early Career Award for Scientists and Engineers (PECASE) 该奖项奖励给美国最优秀的 20 位年轻科学家
- Bellcore 合作奖、Bellcore 感谢奖

其它候选的专家顾问

- David Block 教授，名誉主任，中佛罗里达大学的佛罗里达太阳能中心。佛罗里达太阳能中心是美国最大的国家级可再生能源研究、培训、测试和认证学院。
- Robert M. Reedy 教授，主任，中佛罗里达大学的佛罗里达太阳能中心。
- Neelkanth Dhere 教授，专注于铜铟镓硒电池研究，中佛罗里达大学的佛罗里达太阳能中心。

4 环境保护

4.1 环境保护目标

- **地表水** 本项目废水排放的受纳水体功能不受影响。
- **大气** 本项目周边的保护目标不受本项目外排废气污染的影响。
- **噪声** 周边居住区等不受本项目噪声的干扰影响。
- **固体废物** 项目建设和运营期间产生的固体废物不污染周边环境。

4.2 评价标准

类别	环境因素	执行标准	污染因子	标准限值	备注
环境质量标准	地表水环境	《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002) III类水域标准	pH	6-9	
			BOD ₅	4 mg/L	
			COD _{Cr}	20 mg/L	
			氨氮	1.0 mg/L	
			总磷	0.2 mg/L	以 P 计
			石油类	0.05 mg/L	
			阴离子表面活性剂	0.2 mg/L	
	环境空气	《环境空气质量标准》 (GB3095-1996) 二级标准 (2001 年 1 月 6 日修改)	TSP	0.30mg/m ³	日平均
			二氧化氮	0.24 mg/m ³	1小时平均
				0.12mg/m ³	日平均
二氧化硫			0.50mg/m ³	1小时平均	
	0.15mg/m ³	日平均			
声	《城市区域环境噪声标准》 (GB3096-93) 3 类标准	L _{eqA}	65dB (A)	昼间	
			55dB (A)	夜间	
污染物排放标准	废水	《水污染物排放限值》 (DB44/26-2001) 三级标准(第二时段)	pH	6-9	
			BOD ₅	300mg/L	
			COD _{Cr}	500mg/L	
			氨氮	—	
			SS	400mg/L	
			磷酸盐	—	以 P 计
			石油类	20mg/L	
			阴离子表面活性剂	20mg/L	
	废气	《大气污染物排放限值》 (DB44/27-2001) 二级标准(第二时段)	二氧化硫	500mg/m ³	15m
				2.1kg/h	
			氮氧化物	120mg/m ³	15m
				0.64kg/h	
	噪声	《工业企业厂界噪声标准》 (GB12348-90) III类标准	L _{eqA}	65dB (A)	昼间
				55dB (A)	夜间

4.3 处理措施

4.3.1 废水处理

本项目废水排放总量为 754.6 t/d，其中生活污水 21.6 t/d，生产废水 733 t/d。按照《环境影响评价技术导则 地面水环境》(HJ/T 2.3-93)的地表水评价工作等级划分方法，根据本项目的废水排放量(>200, <1000 m³/d)，拟定本次地表水环境影响评价的工作等级按三级进行。

废水类别	废水排放量(t/d)	处理措施及排放去向
生产废水		
一般清洗废水	345	通过管道收集后排入项目自建废水预处理措施处理
废气洗涤塔废水	120	
冷却塔排水以及冷却系统排水	268	
小计	733	
生活污水		
小计	21.6	卫生间污水经化粪池处理
外排废污水总计	754.6	

废水排放及处理措施

废水种类	废 水 处 理 量 (t/d)	主 要 污 染 物	处 理 前		处 理 后		预 计 处 理 效 率 (%)
			排 放 浓 度 (mg/L)	排 放 量 (kg/d)	排 放 浓 度 (mg/L)	排 放 量 (kg/d)	
生产废水	733	pH	6-9		6-9		—
		COD _{Cr}	21.0	15.96	15.0	11.4	28.6
		SS	20.0	15.20	10	7.6	50.0
生活污水	21.6	pH	6-8		6-8		—
		COD _{Cr}	161	3.48	120	2.59	25.5
		BOD ₅	55	1.19	30	0.65	45.5
		NH ₃ -N	27.4	0.59	18.6	0.40	32.1
		SS	70	1.51	20	0.43	71.4
		磷酸盐(以 P 计)	3.28	0.07	2.34	0.05	28.6
		动植物油	6.62	0.14	4.51	0.10	28.6
LAS	4.54	0.10	3.12	0.07	30.0		

项目各生产废水处理系统主要污染物处理情况

项目生产废水的主要污染物为 pH、COD_{Cr} 以及 SS。由于项目废水偏碱性，在调节池步骤可通过 HCl 将 pH 值调节至 6-9，后经泵将废水打入沉淀池中，投加絮凝剂后可降低生产

废水的 COD 值以及 SS，再进一步通过砂滤以及活性炭滤，项目生产废水可达到三级标准后排入光明污水处理厂。产生的污泥进入污泥槽，经污泥脱水形成泥饼，外运。

生活污水的处理是水污染控制措施的一个重要方面。国内外在生活污水的处理上开始都是从解决粪便污水的处理着手，用化粪池的沉淀、厌氧消化作用来对粪便的病原微生物进行部分的杀灭和减少污泥量。由于项目不设员工宿舍，污水产生量较少 (21.6t/d)，且最后将排入光明污水处理厂进行，因此项目拟自建三级化粪池对生活污水进行简单处理即可达到城市污水处理厂接管标准。

4.3.2 废气处理

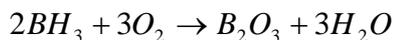
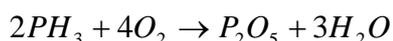
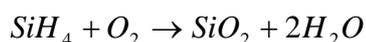
本项目所产生的废气主要来源于生产过程中散热所排放的一般废气、PECVD 阶段产生的工艺尾气、玻璃基板激光刻蚀过程中产生的含有少量粉尘的废气、电池板封装过程中产生的少量有机废气以及备用柴油发电机使用时产生的废气。由于项目工艺废气为少量工艺尾气，并经过废气洗涤塔处理后排放。因此，大气环境影响评价工作的等级按三级进行，并可进一步酌情从简。

本项目生产过程中产生的废气，主要分为含有少量粉尘的一般工艺废气与 PECVD 工艺尾气。

项目一般废气主要是来自于厂房生产工序的排风系统，主要污染物为激光刻蚀工序产生的少量粉尘。项目在一般废气排风系统排风口处设置了中效纤维袋式过滤器对粉尘进行处理，该过滤器可拦截粉尘直径最小可至 $5\mu\text{m}$ ，对生产过程中产生的粉尘处理率可达 99%。处理后一般废气的排放对周围环境影响较小。

PECVD 工序使用的特殊气体，如硅烷、磷烷、乙硼烷等，其中绝大部分 (98~99%) 在工艺中反应消耗外，其余 1~2% 以尾气的形式排放。PECVD 生产线的工艺设备一般附有这类气体的净化装置，采用燃烧法进行燃烧处理，再通过碱液吸收塔作进一步处理。

特殊气体的燃烧机理为：



燃烧后产生的副产物 SiO_2 、 P_2O_5 、 B_2O_3 等颗粒物沉淀，燃烧产生的尾气纳入酸性废气处理系统，可被碱液喷淋吸收。经过上述处理，本项目最终外排工艺尾气中特殊污染物的排放浓度和排放速率均远低于《荷兰排放标准》中相应排放控制的要求。

4.3.3 噪声控制

本项目产噪设备主要为冷冻机组、空压机、真空泵、水泵、应急柴油发电机等动力设备，按国内外相关项目类比可知，动力间的噪声约在 72-90 dB(A) 之间。本项目拟建厂址所在区域为 GB 3096-93 所规定的三类区域，相应执行《城市区域环境噪声标准》的 3 类标准。根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ/T 2.4-1995) 中声环境评价工作等级划分方法，本次声环境评价工作等级按三级进行。

工艺系统	设备名称	型号、规格	套数	噪声 dB(A)
废气洗涤塔净化系统	变频离心风机	3600m ³ /h	1	75~85
有机废气净化排风系统	变频离心风机	9360m ³ /h	1	75~85
工艺尾气净化系统	变频离心风机	4860m ³ /h	1	70~80
一般废气排风系统	变频离心风机	32525m ³ /h	1	75~85
压缩空气系统	水冷无油空气压缩机	1386Nm ³ /h 1.0Mpa	3	85~90
冷冻水系统	水冷螺杆式冷水机组	Q=1506 kW t1/t2=5/11℃	1	80~85
	冷冻水一次泵	Q=260 m ³ /h H=0.21Mpa	1	72~80
	冷冻水二次泵(变速泵)	Q=550m ³ /h H=0.37Mpa	1	73~83
	冷冻水二次泵(变速泵)	Q=216m ³ /h H=0.37Mpa	1	73~80
常温水冷却系统	冷冻机冷却塔	Q=400m ³ /h t1/t2=32/37℃	2	65
	空压机冷却塔	Q=30m ³ /h H=25m	2	70
清扫真空系统	清扫真空泵	Q=1200m ³ /h 350mbar (POU)	1	78
工艺真空系统	水冷式水环式真空泵	Q=500m ³ /h 200mbar (POU)	1	76
	电动机	N=15 kW 380V	2	78~85
冷却水系统	电动机	N=20 kW 380V	2	81~86
	冷冻机 冷却水泵	Q=320~384 m ³ /h, H=32 m, N=45 kW	2	75~85
	空压机 冷却水泵	Q=28.2 m ³ /h, H=324m, N=7.5 kW	2	72~82
动力系统	备用柴油发电机组	380 V、630 kVA	2	85~95

主要产噪设备

本项目在设计上选择低噪声设备，合理布置噪声源：冷冻机组、应急发电机、空压机、真空泵和应急发电机等强噪声源均布置在动力厂房内；冷却塔布置在动力厂房楼顶。在资金方面，拟投入约 51 万元进行噪声治理(其中重点是动力厂房设备噪声的控制)，对发电机房、空压机房、冷冻机房和废气处理装置、冷却塔噪声等进行治理，尽可能降低生产设备噪声对周围环境的影响。

对于通风机噪声采取的控制有两部分：第一，生产区空调净化、通风系统及动力站空调通风系统。本项目生产过程所用通风机主要设置在净化生产厂房和动力厂房，用作厂房内空气净化、空调和通风。本项目在设计上拟采用风机减振台基础，空调净化排风系统的主排风管设消声器，排风管道进出口加柔性软接头；门窗均采用隔声门或隔声窗等，以降低风机噪声的影响。第二，生产区及生产支持区通风系统。生产区及生产支持区一般废气(废热)排风和工艺排风。工艺排风主要为酸性废气、PECVD 工艺尾气净化系统，处理装置布设在净化生产厂房(FAB1)二层屋顶，净化后的工艺废气经排气筒排入大气。在工程设计上除采用风机减振台基础，通风机的进风和出风口均加设消声器，接头处采用柔性软接头；门窗均采用隔声门、隔声窗。对于设置在屋顶的风机，必要时可加设风机隔声罩，以降低风机噪声对周围环境的影响。

空压机、水泵、冷冻机和真空泵等动力设备大部分安装在密闭的房间内，对噪声较大的设备，房间内壁铺设吸声材料，采取隔声门、隔声窗等措施，使房间内的噪声控制在 85 dB(A) 以下。

冷却塔的噪声与其它的动力设备装置相比，噪声并不突出，但是多数单位的冷却塔由于布设在临近厂界的厂房顶，其噪声对外界的影响不可忽视。冷却塔设置于动力厂房屋顶上，建议采取以下噪声控制措施：第一，在冷却塔的进风口和排风口安装消声器，以降低

冷却塔风机噪声。第二，控制冷却塔的淋水噪声仅次于风机噪声，在受水盘水面铺设聚胺脂多孔泡沫塑料垫，为专门用于冷却塔降噪用的材料，它既有一般塑料的柔软性，又有多孔漏水的通水性，可减小淋水噪声；一般可降低淋水噪声 5~7 dB(A)。

在冷却塔噪声控制中，设置隔声屏障是常用的降噪措施。根据冷却塔的安装位置，可考虑在冷却塔距厂界最近一面设置隔声屏障。

4.3.4 废物处理

本项目运营期间，危险性化学物品由生产厂家定期直接供应，现场仓库中存储量较少，根据《重大危险源辨识标准》，项目辨识指标 $AQR < 1.0$ ，且各化学物质储存量均低于规定的临界量，属于非重大危险源。按《建设项目管理名录》，本项目所在区亦非环境敏感地区。因此，本项目环境风险评价等级确定为二级。

项目	产生量(t/a)	性质
废水处理污泥	125	危险废物
废塑料、玻璃、抹布	5	危险废物
废滤芯	3	一般工业固体废物
碱性清洗废水	365	一般工业固体废物
废活性炭	6	危险废物
废包装材料	80	一般工业固体废物
办公生活垃圾	144	一般工业固体废物
合计	728	

固体废物排放

本项目在生产过程中产生的废物，包括一般工业固体废物和危险废物两大类：一般工业固体废物主要有废包装材料、办公生活垃圾、中效过滤器滤芯、清洗机滤芯、碱性清洗废水等。而危险废物，包括污泥、废活性炭、废塑料等。

本项目对废物的处置的原则是：采用废物由专人负责，分类收集、存放，按废物类型和性质分别处置。对一般废物，如废包装材料，由废品回收商收购。对污泥饼和废活性炭等危险废物，应交由危险废物处理站统一安排进行无害化处理。

4.4 环境保护的体制保障

4.4.1 建立企业内部质量管理体系，强化企业管理

根据清洁生产方案，清洁生产要贯穿生产的全过程，落实到公司的各个层次，分解到生产过程的各个环节，并与企业管理紧密地结合起来。强化企业管理是推行清洁生产应优先考虑的措施：

- 根据 ISO9002/QS-9000/ISO14001 制定的一系列严密可行的质量管理体系、管理程序和规章制度，建立和健全相应的机构，做到专人负责，层层落实。
- 公司员工在上岗前都必须进行培训，使每个员工都树立清洁生产意识，使制定的清洁生

产措施落实到实处。

- 为在生产中全面实行清洁生产，应严格执行审计制度，使各项措施在实施中都得到落实并不断完善；并配备专职环保技术和管理人员，负责厂内的环境管理、监督以及对外与环保行政主管部门联系并接受监督。
- 建立激励机制和公平的奖惩制度，组织安全文明生产。

4.4.2 企业管理措施

企业管理措施是推行清洁生产的重要手段。由于管理措施一般不涉及生产的工艺过程，花费较少，却可以取得较大的效果。实践证明，切实可行的企业管理措施可能削减约 40% 的污染物，并使生产成本大为降低。

企业管理的措施主要包括：工艺管理措施、设备管理措施、原材料管理措施、生产组织管理措施和环境管理措施等方面。

4.4.3 原辅材料管理

对于生产上所用的原辅材料，在满足工艺生产要求的前提下，尽量选用价格适中、无毒或毒性较小的材料替代毒性较大材料。这样，能从源头上减轻可能产生污染物的毒性，实现清洁生产的宗旨。

对于原材料的管理，设立专门的机构负责，并制定严格的定额、保管和领料制度。化学品从购进、检验、标注、储存到每月安全检查记录以及化学品的转移制定严格的程序和规定。对生产过程中产生的固体废物和废液，应作到专人分类收集存放。项目业主公司应与深圳市危险废物处理站签订有毒有害固体废物和废液处理协议，以处置或回收各种生产固体废物和废液。

通过这些措施，可提高资源的再利用率，减少向环境排放的污染数量，具有一定的环境效益和社会效益。

4.4.4 特殊气体配送控制系统

为适应薄膜太阳能电池生产高性能化、高集成化生产的需要，特殊气体保质保量的配送和供应，成为清洁生产中至关重要的一环。

由于薄膜太阳能电池生产使用的气体种类较多，其中不少是危险性大的有害气体，因而，向各使用点稳定而连续地供应高质量气体，在安全、防泄漏、防火等方面的措施显得尤为重要。本项目工艺用气供应系统分为：

- 大宗气体供应系统：包括工艺氮气(PN₂)、工艺氧气(PO₂)、工艺氢气(PH₂)、工艺氩气(PAr₂)。这些大宗气体有专业气体公司提供，经气体预过滤器、纯化器、后过滤器均由管道输送至设备使用点。
- 特种气体供应系统：CVD 生产工序中使用的特殊气体，分为有毒气体/易燃气体系统类、硅烷系统类等。现有项目在主厂房一层设有独立的特殊气体间分置有毒气体和易燃气体，硅烷站另设。
采用的安全防范措施：
 - 气体站以及所有的气柜配备有自动喷淋系统和控制盒；

- 在有害气体散发处设置了排风系统；
- 设置有害气体探测和报警系统，并在工艺设备盒有毒气体排放口设置监测点。

4.4.5 节水措施分析

本项目采取了多种节水措施：

- 所有设备冷却水循环使用。
- 将部分 RO 浓缩水用于洗涤塔和绿化用水。
- 卫生间采用自闭冲洗阀。

项目采用节水措施后，纯水站回用水 214 m³/d，循环用水 240 m³/d，补充新鲜水 560m³/d；工艺设备循环冷却系统循环用水 2702m³/d；动力设备冷却塔循环用水 14250 m³/d，需补充新鲜用水量 745m³/d；生活用水 24m³/d。工程总用水量 18735 m³/d，重复用水量 17406 m³/d，补充水量 1329m³/d，重复用水率 92.89%，万元工业增加值取水量为 0.06m³，工艺废水回用率为 16.1%。其中万元工业增加值取水量和水重复利用率均优于《节水型社会建设“十一五”规划》规定的我国 2005 年“万元工业增加值取水量<115 立方米”的工业节水约束性指标。因此项目必须扩大生产工艺废水回用途径，使工艺水回用率达到 50% 以上的要求。

鉴于本项目对用水要求质量特高，以企业本身对废水进行处理回用难以做到，建议项目所在高新科技产业园以区域为单元，统一考虑企业废水处理回用问题，以节约水资源。

4.4.6 环保制度小结

清洁生产是以环境与经济协调发展为目标，以“节能、降耗、减污”为宗旨，以良好的企业管理、优化合理的工艺、有效的原材料和废物的综合利用为手段，将污染物消除或削减在生产过程中，使生产末端处于无废或少废状态。实现工业生产全过程控制的一种全新工艺。它将产品生产和污染治理有机结合起来，取得资源、能源配置利用的最大效率和环境成本的最小化，是深化工业污染防治、实现可持续发展的根本途径。

本工程生产工艺的特点为：“高精技术、超洁净度”。也将通过在内部管理、生产工艺与设备选择、原辅材料选用和管理、废物回收利用、污染治理等几方面采取合理可行的清洁生产措施，有效地控制污染。项目拟采取的清洁生产方案和措施，可大大降低能耗、物耗、水耗，少污染物的排放，降低产品的生产成本，较好地实现清洁生产。

建议公司在今后的发展中，将清洁生产的各项措施落实到生产的全过程，保障清洁生产的持续推行；提高工艺废水回用率，使该项指标达到 50% 以上。同时，不断采取与世界先进水平同步的清洁生产工艺，持续进步，成为在国内外太阳能电池生产行业的清洁生产中领先的企业。

5 投资方案和财务分析

5.1 成本分析

5.1.1 原材料成本

原材料成本类型	原材料	单位功率成本	
		5MW	25MW
封装前面板成本	SnO ₂ 玻璃	2.74 元/瓦	2.56 元/瓦
	制程气体		
	靶材		
封装成本	打孔素玻璃	1.99 元/瓦	1.86 元/瓦
	铝带薄片		
	胶带		
	EVA 膜		
	塑料外框		
	铝型支撑框		
间接材料	接线盒	0.13 元/瓦	0.12 元/瓦
	氮气		
	纯水药剂		
	废气处理药剂		
	玻璃洗洁剂		
	包装材料		
制造费用	IV Test 灯管	0.03 元/瓦	0.03 元/瓦
	电费		
	无尘室用品		
	无尘室大衣		
	运输费用		
原材料成本小计	包装材料	4.89 元/瓦	4.57 元/瓦

5.1.2 人力成本

人力成本类型	职务	人数/班次	班次	月薪	单位功率成本
产线人力成本	操作员	36	2	900 元	0.2 元/瓦
	生产组长	1		1,500 元	
	维护工程师	3		3,000 元	
	工艺工程师	5		1,200 元	
	质量工程师	2		1,500 元	
技术管理人力成本	采购/物流/仓储人员	5	1	800	0.07 元/瓦
	厂务人员	4		1,000 元	
	研发工程师	4		3,500 元	
	维护主管	1		3,500 元	
	生产主管	1		3,000 元	
	生产部经理	1		7,000 元	
人力成本小计					0.27 元/瓦

5.1.3 设备折旧

设备折旧类型	投资金额		使用年限	单位功率成本	
	5MW	25MW		5MW	25MW
生产设备	5500 万元	1.75 亿元	7 年	1.26 元/瓦	0.92 元/瓦
配套设施	600 万元	2000 万元	20 年	0.05 元/瓦	0.04 元/瓦
设备折旧小计				1.31 元/瓦	0.96 元/瓦

5.1.4 成本总计

	单位功率成本	
	5MW	25MW
原材料成本	4.89 元/瓦	4.57 元/瓦
人力成本	0.27 元/瓦	0.27 元/瓦
设备折旧	1.31 元/瓦	0.96 元/瓦
总计	6.47 元/瓦	5.8 元/瓦
美元总计	0.94 美元/瓦	0.85 美元/瓦
不含税市场售价 (2009 年 3 月)	13-14.5 元/瓦	

5.2 投资方案比较

方案比较	自行拼盘	自行拼盘	爱发科	欧瑞康	应用材料	Centrotherm
电池类型	非晶硅	非晶硅	非晶硅	非晶硅-微晶硅	非晶硅-微晶硅	铜铟镓硒
转化率	6%	6%	6.5%	8%	8%	10%
设备生产国	部分进口	部分进口	日本	瑞士	美国	德国
全年产能	5MW	25MW	25MW	60MW	90MW	35MW
设备、设施单位投资额	10 元/瓦	7 元/瓦	13 元/瓦	14.7 元/瓦	14.7 元/瓦	19.4 元/瓦
原材料、人力单位成本	5.16 元/瓦	4.8 元/瓦	N/A	N/A	N/A	N/A
总成本	6.47 元/瓦	5.8 元/瓦	10.3 元/瓦	10.3 元/瓦	10.3 元/瓦	13.7 元/瓦
产品单位售价	13 元/瓦	13 元/瓦	13.5 元/瓦	15 元/瓦	15 元/瓦	17 元/瓦
设备、设施投资额	0.61 亿元	1.95 亿元	3.3 亿元	8.8 亿元	13.2 亿元	6.8 亿元
三个月原材料、人力成本	0.08 亿元	0.32 亿元	0.6 亿元	1.5 亿元	2.3 亿元	1.2 亿元
总投资额	0.69 亿元	2.27 亿元	3.9 亿元	10.3 亿元	15.5 亿元	8 亿元
全年总成本	0.4 亿元	1.57 亿元	2.6 亿元	6.2 亿元	9.3 亿元	4.8 亿元
全年销售额	0.8 亿元	3.5 亿元	3.4 亿元	9 亿元	13.5 亿元	6 亿元
全年毛利润	0.4 亿元	1.93 亿元	0.8 亿元	2.8 亿元	4.2 亿元	1.2 亿元
全年毛利率	50%	55%	23%	31%	31%	20%
投资返回周期	1 年+15 个月	1 年+10 个月	1 年+49 个月	1 年+37 个月	1 年+37 个月	1 年+68 个月

5.3 投资资金的使用

开始	6 个月后	8 个月后	12 个月后
40%	80%	90%	100%

5.4 追加投资

根据运营情况和市场需求，我们考虑追加投资、扩大产能，以获取规模效应并获得高额回报：

	描述
2010	追加投资 1.5 亿，订购 25 兆瓦产线，产能达 50 兆瓦，资金来源为利润或外部融资。
2011	追加投资 2.7 亿，订购 50 兆瓦产线，产能达 100 兆瓦，资金来源为利润或外部融资。
2012	追加投资 4.7 亿，订购 100 兆瓦产线，产能达 200 兆瓦，资金来源为利润或外部融资。
2013	追加投资 10 亿，订购 200 兆瓦产线，产能达 400 兆瓦，资金来源为利润或外部融资。

5.5 主要假设

单位：百万元	2009	2010	2011	2012	2013
技术假设					
产能（年）/兆瓦	25	50	100	200	400
25 兆瓦拼盘设备成本	170	170×0.9	170×0.8	170×0.7	170×0.6
工人工资	2.9×1/4	2.9×1.5	2.9×2	2.9×2.5	2.9×3
技术管理人员工资（年）	1.7×1/4	1.7×1.5	1.7×2	1.7×2.5	1.7×3
成品销售单价（元/瓦）	16	16×0.9	16×0.8	16×0.7	16×0.6
产品生产单位成本（元/瓦）	7	7×0.9	7×0.8	7×0.7	7×0.6
财务假设					
销售费率	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%
研发费率	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
其它费用率	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%
贷款利率（长期：3-10 年）	6.29%	5.42%	4.63%	4.63%	4.63%
贷款利率（短期：3 年）	6.08%	5.22%	4.46%	4.46%	4.46%
贷款利率（中期：5 年）	6.32%	5.44%	4.66%	4.66%	4.66%
贷款利率（长期：>5 年）	6.48%	5.59%	4.79%	4.79%	4.79%
税率	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%
存款利率	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
最小现金/销售额	20.00%	22.00%	25.00%	28.00%	30.00%
应收票据/销售额	1.00%	1.50%	1.75%	2.00%	2.25%
应收款/销售额	22.00%	22.00%	22.00%	22.00%	22.00%
预付款/销售额	23.00%	23.00%	23.00%	23.00%	23.00%
其它应收账款/销售额	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
存货/生产成本	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
短期贷款/销售额	0.00%	20.00%	20.00%	15.00%	15.00%
应付票据/销售额	10.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
应付款/销售额	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
未实现收益/销售额	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
其它应付账款/销售额	5.00%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%

5.6 利润预测

5.6.1 利润预测表

首期投资的 2 亿元将在量产 1 年后，也就是 2010 年底收回，算上设备交期和调试，耗时不到 2 年。

根据经验 Applied Material 和 Oerlikon 的经验，产能每扩大一倍，成本将降低 20%。该规律也部分体现在我们的利润预测中。成本降低的途径主要有如下几条：

1. 产能扩大并不需要额外厂房和土地。
2. 随着原材料购买的增加，我们可以有更多的折扣。
3. 随着技术的革新，我们可以以更低的价格购买后续的产线。
4. 通过自主研发，不断提高合格率和质量。

单位：百万元	2009	2010	2011	2012	2013
产能 (兆瓦)	6.25	50.00	100.00	200.00	400.00
成品销售单价(元/瓦)	15.76	14.18	12.60	11.03	9.45
销售额	98.47	709.07	1260.40	2205.70	3781.20
产品生产单位成本 (元/瓦)	6.85	6.17	5.48	4.80	4.11
生产总成本	42.81	308.25	548.00	959.00	1644.00
毛利润	55.66	400.82	712.40	1246.70	2137.20
毛利率	56.52%	56.53%	56.52%	56.52%	56.52%
其它费用	3.29	15.75	26.80	42.24	65.93
短期贷款	0.00	4.25	7.56	9.93	17.02
长期贷款	1.89	1.89	3.28	6.06	6.06
其它支出	1.40	9.61	15.96	26.26	42.85
其它收入/损失	0.00	1.06	2.95	4.37	6.74
所得税	7.85	57.76	102.84	180.67	310.69
净利润	44.51	327.31	582.76	1023.79	1760.58
净利润率	45.20%	46.16%	46.24%	46.42%	46.56%
累计利润	44.51	371.82	954.57	1978.36	3738.95

5.6.2 主要利润指标

单位：百万元	2009	2010	2011	2012	2013
总资产收益率	18.58%	46.16%	41.16%	38.08%	43.67%
净资产收益率	24.07%	79.22%	65.99%	55.28%	65.62%
毛利率	56.52%	56.53%	56.52%	56.52%	56.52%
净利润率	45.20%	46.16%	46.24%	46.42%	46.56%
净利润	44.51	327.31	582.76	1023.79	1760.58
累计利润	44.51	371.82	954.57	1978.36	3738.95

5.6.3 损益表

单位：百万元	2009	2010	2011	2012	2013
销售额	98.47	709.07	1260.40	2205.70	3781.20
生产成本	42.81	308.25	548.00	959.00	1644.00
毛利润	55.66	400.82	712.40	1246.70	2137.20
销售费用	0.20	1.42	2.52	4.41	7.56
管理费用	0.42	2.52	3.36	4.20	5.04
研发费用	0.49	3.55	6.30	11.03	18.91
其它费用	0.30	2.13	3.78	6.62	11.34
营业利润	54.25	391.21	696.44	1220.44	2094.35
财务费用	1.89	6.14	10.84	15.98	23.07
其它收入/损失	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
税前收益	52.36	385.07	685.60	1204.46	2071.27
所得税	7.85	57.76	102.84	180.67	310.69
持续经营利润	44.51	327.31	582.76	1023.79	1760.58
非持续型盈利和损失	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
净收益	44.51	327.31	582.76	1023.79	1760.58

5.7 资产负债表

单位：百万元	2009	2010	2011	2012	2013
现金	19.69	155.99	315.10	617.60	1134.36
应收票据	0.98	10.64	22.06	44.11	85.08
应收款	21.66	155.99	277.29	485.25	831.86
预付款	22.65	163.09	289.89	507.31	869.68
其它应收账款	9.85	70.91	126.04	220.57	378.12
存货	2.14	15.41	27.40	47.95	82.20
	76.98	572.03	1057.78	1922.80	3381.30
长期投资	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
长期资产	162.53	137.03	358.03	766.03	650.43
	162.53	137.03	358.03	766.03	650.43
总资产	239.50	709.06	1415.80	2688.82	4031.72
短期贷款	0.00	141.81	252.08	330.86	567.18
应付票据	9.85	35.45	63.02	110.29	189.06
应付款	4.92	35.45	63.02	110.29	189.06
未实现收益	4.92	35.45	63.02	110.29	189.06
其它应付账款	4.92	17.73	31.51	55.14	94.53
	24.62	265.90	472.65	716.85	1228.89
长期负债	30.00	30.00	60.00	120.00	120.00
总负债	54.62	295.90	532.65	836.85	1348.89
股东权益	184.89	413.16	883.15	1851.97	2682.83
	2009	2010	2011	2012	2013
总资产收益率	18.58%	46.16%	41.16%	38.08%	43.67%
净资产收益率	24.07%	79.22%	65.99%	55.28%	65.62%

5.8 现金流量表

单位：百万元	2009	2010	2011	2012	2013
经营性现金流	53.87	254.75	536.69	810.00	1503.81
净利润	44.51	327.31	582.76	1023.79	1760.58
折旧	7.47	25.50	51.00	68.00	115.60
利息支出	1.89	6.14	10.84	15.98	23.07
投资性收入	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
营运资金净额变动	0.00	-104.20	-107.90	-297.77	-395.45
其它	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
投资性现金流	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
投资	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
长期投资	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
其它	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
财务性现金流	28.11	165.67	301.24	434.87	664.11
短期借款	0.00	141.81	252.08	330.86	567.18
长期借款	30.00	30.00	60.00	120.00	120.00
普通股	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
其它	-1.89	-6.14	-10.84	-15.98	-23.07
净现金流	81.98	420.42	837.93	1244.88	2167.91

5.9 自由现金流

单位：百万元	2009	2010	2011	2012	2013
营业利润	54.25	391.21	696.44	1220.44	2094.35
营业税	4.07	29.34	52.23	91.53	157.08
利税差	50.18	361.87	644.20	1128.91	1937.27
折旧	7.47	25.50	51.00	68.00	115.60
现金变动	136.30	159.11	302.50	516.76	0.00
营运资金净额	0.00	-104.20	-107.90	-297.77	-395.45
固定资本投资	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
自有现金流	193.96	442.27	889.80	1415.90	1657.42

5.10 现金流折现测算

5.10.1 估值假设

各项假设如下表所示：

- 贝塔系数：由于尚德，天威保变和川投能源等新能源公司的贝塔值为 1 左右，我们将公司的贝塔系数也设定为 1
- 融资目标占比为：60%权益，40%债权
- 加权平均资本成本：7.19%

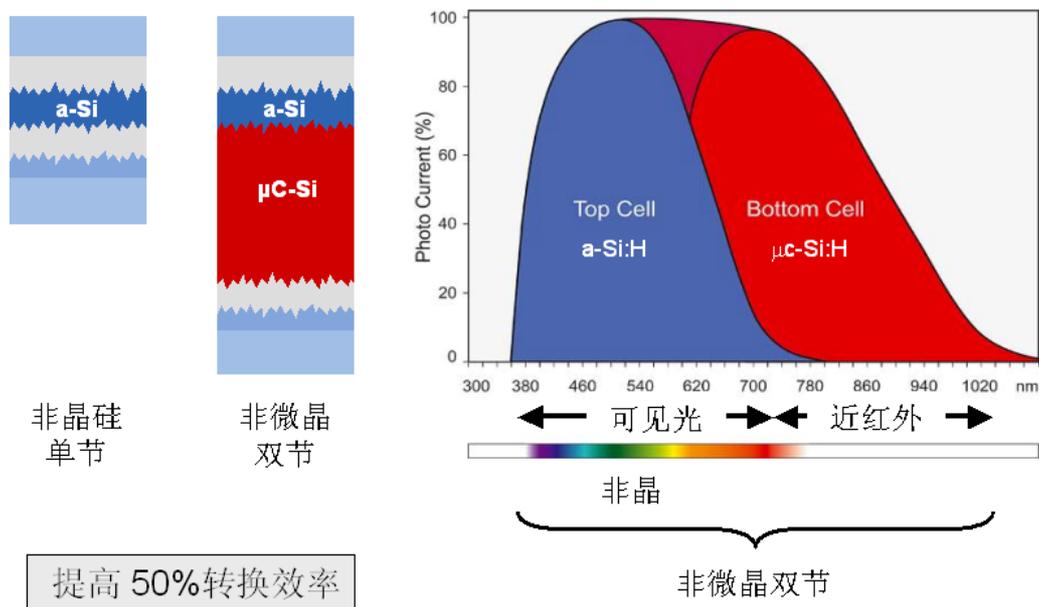
单位：百万元	
无风险利率	3.87%
市场回报率	5.00%
贝塔系数	1.00
权益性投资回报率	8.87%
税率	15.00%
票面利率（税前）	5.50%
票面利率（税后）	4.68%
权益性投资占比	60.00%
债权性投资占比	40.00%
加权平均资本成本	7.19%
增长率	3.00%
现金流折现值	27169.10

5.10.2 估值模型

在 2013 年，公司的现值将超过 29 亿元，该数据将为上市融资提供参考依据。

单位：百万元	2009	2010	2011	2012	2013
折现率	93.29%	87.03%	81.19%	75.74%	70.66%
自由现金流	193.96	442.27	889.80	1415.90	1657.42
终值					38449.19
现值	180.94	384.92	722.44	1072.47	27169.10

附录 1 非晶硅-微晶硅薄膜电池的结构和工艺



由于 a-Si/ μ c-Si 能够吸收近红外光，转化效率比单节 a-Si 高 50%



薄膜太阳能生产线流程，Oerlikon 的产出率 Yield>96%
2004 年第一块非晶硅膜问世，2007 年非晶硅模组通过 TÜV 认证



透明导电薄膜 TCO (Transparent and Conductive Oxide)



薄膜太阳能生产的核心：a-Si/ c-Si 镀膜设备
PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)



激光切割，为电池分区

附录 2 近期部分的太阳能订单

日期	供应商		客户		类型	量 /MW	价值 /\$M	交期
3/10/2008	Yingli	中国	GeckoLogic GmbH	德国	c-Si	28	118	1-12/2009
3/10/2008	Yingli	中国	Sinosol AG	德国	c-Si	30	126	11/2009
2/10/2008	Moser Baer	美国	Ralos Vertriebs	德国	a-Si	192	500	2009-2012
2/10/2008	Moser Baer	美国	Colexon Energy	德国	a-Si			
1/10/2008	Aleo Solar	German	ERIC Group	意大利	(c-Si)	5.5	23	2008-2009
26/09/2008	Yingli	中国	S. A. G. Solarstrom AG	德国	c-Si	36.8		12/2008 -12/2009
23/05/2008	Evergreen	美国	Ralos Vertriebs	德国	c-Si	210	750	2008-2013
23/05/2008	Evergreen	美国		美国	c-Si	70	250	
25/09/2008	China Sunergy	中国	Wuxi Guofei	中国	c-Si	70	294	2009-2015
27/08/2008	Solarfun	中国	Q-Cells	德国	c-Si	100	420	2009-2011
21/08/2008	Suniva	美国	Titan	印度	c-Si	114	480	2009-2013
7/07/2008	Canadian Solar	中国	WSW	捷克	c-Si	14.9	62	7-12/2008
7/07/2008	Canadian Solar	中国	Arco Energy	意大利	c-Si			
7/07/2008	Canadian Solar	中国	AC Service	意大利	c-Si			
7/07/2008	Canadian Solar	中国	Ravano Green Power	意大利	c-Si			
7/07/2008	Canadian Solar	中国	Albatec	意大利	c-Si			
4/09/2008	Yingli	中国	Fire Energy	西班牙	c-Si	16	67	1-12/2009
1/09/2008	Advent	美国	Enerpoint	意大利	Ventur a™	250		2009-2013
1/09/2008	Advent	美国	MHH Solartechnik	德国				
1/09/2008	Advent	美国	SunConnex	荷兰				
10/07/2008	NexPower	台湾	Ibersolar	西班牙	a-Si	10	26	2008-2009
2/09/2008	Solibro	德国	HaWi	德国	CIGS			
2/09/2008	Solibro	德国	SUNOVA AG	德国	CIGS			
2/09/2008	Solibro	德国	Geckologic	德国	CIGS			
2/09/2008	Solibro	德国	Thermovolt AG	德国	CIGS			
2/09/2008	Solibro	德国	SUNSET	德国	CIGS			
24/09/2008	Ascent	美国	Texsa S. A.	西班牙	CIGS	1.5	3.9	2008
18/09/2008	Schott	德国	AEE Solar	美国	c-Si	5	21	
6/08/2008	Suniva	美国	Solon AG	德国	c-Si	119	500	2008-2012
1/08/2008	Solyndra	美国	Solar Power	美国	CIGS	125	325	2008-2012
30/09/2008	SBM Solar	美国	SolarPower	美国	c-Si	10		2009-2011
24/09/2008	Yingli	中国	SunDurance	美国	c-Si	1.4	10	12/2008 -1/2009

附录 3 设备供应商

供应商	国家地区	薄膜类型	产能	售价	占地面积	工人	转化效率	电池功率	电池面积	电池成本	09年前总量产
			MW	\$M	sqm	个		W	sqm	\$/W	MW
Applied Material SunFab	美国	a-Si	40	50	20000	120	6%	340	5.72	1.2-1.5	885
		a-Si/ μ c-Si	60	125	25000	160	8%	460			
Oerlikon	瑞士	a-Si	20	23-60	6000	130	6%	80	1.43	1.7	396
		a-Si/ μ c-Si	30-33	70-100		180	8.5%	125			
ULVAC	日本	a-Si	25	50	12500	150	6.5%	100	1.54		139
		a-Si/ μ c-Si	32	110			>9%	140			
XsunX	美国	a-Si/ μ c-Si	25	21-41			7.9%	120	1.6	<1.5	75
Jusung 周星	韩国	a-Si	65				6.5% 8.5%		5.72	<1.5	
EPV	美国	a-Si/ μ c-Si	5.5	22	8000	120	5.5%	42	0.79	1.24	108
华基光电 (Terra Solar)	中国	a-Si/ μ c-Si	5	15.5	3300	150	6%	45	0.79	1	165
NanoPV	美国	a-Si/ μ c-Si	5	5.5	2500	120	5.5%	45	0.88		95
Energosolar	匈牙利	a-Si/ μ c-Si	5	9	8000	80	6%	45	0.79	1.43	75
思博露	苏州	a-Si/ μ c-Si	5	12	24000	150	5%	40	0.79	1.35	70
普乐新能源	安徽蚌埠	a-Si/ μ c-Si	5	12.5	25000	110	5.1%	41	0.79		
北仪	北京	a-Si/ μ c-Si	5	7	3000	150	5.5%	40	0.79	1.35	
合计											3428

2010 年将是很关键的一年，是薄膜迈向主流的分水岭。现在，各设备商的接单状况都不错，3.4GW 的市场需求是远超乎预期的，因此目前设备的交期都已拉长到一年以上。各设备商为了缩短交期，也会给国内的设备代工带来很大的成长空间。而不少设备商为了确保产能、品质以及系统整合的实力，也开始收购相关设备商，如 Oerlikon 收购激光技术开发企业 SiLas、英国的 Exitech，AMAT 收购 AKT、华基收购中华联合等。

附录 4 2007-2009 年新的薄膜项目

企业	国家地区	产能	投资	厂房面积	工人	薄膜类型	转化效率	电池功率	电池面积	量产时间
		MW	\$M	sqm	个			W	sqm	
新奥集团	廊坊	500 50MWx10	1897	250000	1500	a-Si	6%	340	5.72	2009
Malibu GmbH & Co. KG	德国	50	144	20000	150	a-Si/ μ c-Si	8%	460	5.72	2008 Q2
Sunfilm AG	德国	60	160	25000	180	a-Si/ μ c-Si	8%	460	5.72	2008 Q2
Signet Solar	美国	60	72	20000	130	a-Si	6%	340	5.72	2008 Q2
Solar Morph	新加坡	45	150	25000	150	a-Si	6%	340	5.72	2008 Q2
无锡尚德	上海	60	90	20000	200	a-Si	6%	340	5.72	2008 Q4
Moser Baer	印度	40	50	24000	130	a-Si	6%	340	5.72	2008 Q4
T-Solar Global, S. A.	西班牙	40	75	24000	130	a-Si	6%	340	5.72	2008
绿能科技	台湾	30	52	27000	110	a-Si	6%	340	5.72	2008 Q4

Applied Material SunFab 最近订单情况

应用材料公司的 SunFab 生产线是目前世界上唯一一条在 5.7 平米超大玻璃基板上制造薄膜太阳能组件的整合生产线。这些尺寸为 2.2x2.6m 的基板是公用事业级太阳能应用的理想选择，相对于较小的薄膜基板，它的安装费用可降低 17%。

企业	国家地区	产能	投资	厂房面积	工人	薄膜类型	转化效率	电池功率	电池面积	量产时间
		MW	\$M	sqm	个			W	sqm	
Ersol Thin Film GmbH	德国	100	115	35000	131	a-Si	6%	80	1.43	2007 Q4
津能	天津	80	244	35000	120	a-Si	6%	80	1.43	2008 Q4
宇通光能	台湾	60	125	50000	300	a-Si/ μ c-Si	8.5%	125	1.43	2008 Q2
富阳光电	台湾	40	60	36000	200	a-Si	6%	80	1.43	2008 Q2
Schott Solar GmbH	德国	33	108	25000	180	a-Si	6%	80	1.43	2008 Q1
						a-Si/ μ c-Si	8.5%	125		
Inventux Technologies AG	瑞士	33	70	20000	200	a-Si	6%	80	1.43	2008 Q4
						a-Si/ μ c-Si	8.5%	125		
PRAMAC SpA	意大利	30	100	20000	140	a-Si	6%	80	1.43	2009
						a-Si/ μ c-Si	8.5%	125		
蓝星泰瑞光电	威海	20	50	15000	50	a-Si	6%	80	1.43	2008

Oerlikon 最近订单情况

瑞士 Oerlikon 集团在纺织机械、真空、镀膜、及太阳能设备上，享有国际声誉，全球

上海交通大学 5 兆瓦/25 兆瓦非晶硅薄膜太阳能项目商业计划

170 个分支机构拥有 2 万名员工，包括 1500 位科学家，拥有 6700 项有效专利，2007 年研发投入超过 2.7 亿瑞郎，2007 年营销额 56 亿瑞郎。

企业	国家地区	产能	投资	厂房面积	工人	薄膜类型	转化效率	电池功率	电池面积	量产时间
		MW	\$M	sqm	个			W	sqm	
通用光伏能源	烟台	64	220	25000		a-Si	6.5%	100	1.54	2009 Q2
联相光电	台湾	25	62	80000	150	a-Si	6.5%	100	1.54	2008 Q1
旭能光电	台湾	25	62	80000	150	a-Si	6.5%	100	1.54	2008 Q2
奇美电子	台湾	25-30	62			a-Si	6.5%	100	1.54	2009 Q1

ULVAC 最近订单情况

企业	国家地区	产能	投资	厂房面积	工人	薄膜类型	转化效率	电池功率	电池面积	量产时间
		MW	\$M	sqm	个			W	sqm	
XsunX	美国	25	21			a-Si/ μ c-Si	7.9%	120	1.6	2008
Lambda Energia S. A.	墨西哥	25	41			a-Si/ μ c-Si	7.9%	120	1.6	2008 Q2
强生光电	南通	25	25			a-Si	6%	66	1.1	2008 Q1

XsunX 最近订单情况

有些大尺寸设备商的单线产能是可以扩充的，如 Applied Material 的 SunFab 可以最大扩充到 75MW。由于借鉴了成熟的 LCD 设备，所以自动化程度相对较高。目前，甚至像 Oerlikon 和 ULVAC 这样的公司，量产产品的实际稳定效率，都比对外公布资料来的略低。现实情况是，实验室效率 > 中试线效率 > 量产线效率 > 组件实际光照运作时效率。但出于商业竞争的原因，各公司对外公布资料，都会比实际数据略高，而组件运作效率只有到产品 spec 出来后，才会见分晓。

企业	国家地区	产能	投资	厂房面积	工人	薄膜类型	转化效率	电池功率	电池面积	量产时间
		MW	\$M	sqm	个			W	sqm	
EPV Solar	美国	85	77.5	200000		a-Si/ μ c-Si	6%	45	0.79	2008 Q2
鑫笙能源	台湾	5.5	19	8250		a-Si/ μ c-Si	5%	40	0.79	2008 Q4
Solar Plus	葡萄牙	5.5	20	150000	120	a-Si/ μ c-Si	5%	40	0.79	2007 Q2
HELIODOMI S. A.	希腊	6.5	15			a-Si/ μ c-Si	5%	40	0.79	2007
荣事达	中国	5.5								

EPV 最近订单情况

上海交通大学 5 兆瓦/25 兆瓦非晶硅薄膜太阳能项目商业计划

企业	国家地区	产能	投资	厂房面积	工人	薄膜类型	转化效率	电池功率	电池面积	量产时间
		MW	\$M	sqm	个			W	sqm	
源畅光电	常州	155	485	200000		a-Si/ μ c-Si	6%	45	0.79	2008 Q1
赣能华基	江西	5	20	3300	150	a-Si/ μ c-Si	6%	45	0.79	2008 Q4
蓝星泰瑞光电	威海	5	22.5	150000	150	a-Si/ μ c-Si	5%	40	0.7	2007 Q2

华基光电最近订单情况

企业	国家地区	产能	投资	厂房面积	工人	薄膜类型	转化效率	电池功率	电池面积	量产时间
		MW	\$M	sqm	个			W	sqm	
Bangkok Solar	泰国	30	87	15000	250	a-Si/ μ c-Si	5.5%	45	0.88	2007
大亿光能	台湾	30	31	13200	250	a-Si/ μ c-Si	5.5%	45	0.88	2008 Q3
威奈联合科技	台湾	35	34	37600	260	a-Si/ μ c-Si	5.5%	45	0.88	2008 Q1

NanoPV 最近订单情况

企业	国家地区	产能	投资	厂房面积	工人	薄膜类型	转化效率	电池功率	电池面积	量产时间
		MW	\$M	sqm	个			W	sqm	
HelioGrid	匈牙利	50	87	200000	810	a-Si/ μ c-Si	6%	45	0.79	2008 Q4
津能	天津	25	41	23335		a-Si/ μ c-Si	6%	45	0.79	2008 Q1

EnergSolar 最近订单情况

企业	国家地区	产能	投资	厂房面积	工人	薄膜类型	转化效率	电池功率	电池面积	量产时间
		MW	\$M	sqm	个			W	sqm	
金太阳	泉州	50	120	47100	1700	a-Si	2.5%	20	0.79	2008 Q2
						a-Si/ μ c-Si	5%	40	0.79	
铨欣	中山	10	24			a-Si/ μ c-Si	5%	40	0.79	2007 Q4
慈能	宁波	10	22			a-Si/ μ c-Si	5%	40	0.79	2008 Q1

思博露和北仪合作的最近订单情况

目前市场上的小尺寸薄膜电池设备商，基本上都是走 EPV 的路线，进行衍生和改良，有华基光电、NanoPV、EnergSolar、思博露科技、北仪创新、普乐新能源、NSTDA 等。虽然高大尺寸、产能、高转化效率的设备供应商有很强的竞争优势，但是在每瓦成本上，还是小尺寸供应商略有优势。再加上它们相对便宜的价格，所以仍然占据了一定的市场份额。

附录 5 材料供应商

供应商	国家地区	厚度/mm	方阻/欧	透光率	售价/RMB/m ²
耀华玻璃	秦皇岛	4	16	80%	400
		4	20	80%	200
广丰太阳能玻璃	张家港		10	80%	
格奥仪器	武汉	2.2	14-15	90%	1200
		3.1	8-11	79-81%	
旭硝子 Asahi	日本	1	12		
AGC Flat Glass (AFG)	美国	2.2	14-15	90%	1200
		3.1	8-11	79-81%	
板硝子 NSG	日本	2.2	14-15	90%	1200
		3.1	8-11	79-81%	
皮尔金顿	英国	2.2	14-15	90%	1200
		3.1	8-11	79-81%	
LOF	美国	2.2	14-15	90%	1200
		3.1	8-11	79-81%	

导电玻璃供应商

导电玻璃用掺氟锡氧化锡透明导电膜 fluorine or antimony doped tin oxide (FTO, ATO, SnO₂), 也可用氧化锡铟 indium tin oxide (ITO)。

上海交通大学 5 兆瓦/25 兆瓦非晶硅薄膜太阳能项目商业计划

供应商	地区	类型	厚度/mm		尺寸/m×m	透光率	售价/ RMB/m ²	年产能	
			常规	定制				万 m ²	万吨
金晶 美国 PPG	青岛	常规	3.2	3-25	2.44×3.66	98%	90		10
裕华高白玻璃	河南	常规	3.2			>91.8%	60	400	5
思可达	河南	常规	3.2	2.5-6	1.605×1.68		29	450	
中宇	南京	常规	3.2	3-22		>91.8%			
耀皮特种玻璃 英国 Pilkington	常熟	常规	3.2	3-10	2.14×2.14	>91%		200	2.5
中玻皮尔金顿 英国 Pilkington	太仓	常规						710	7
和合玻璃 比利时格拉威宝	杭州	钢化	3.2	4	1.2×2.1	>91%			
南玻太阳能玻璃	东莞	常规	3.2	2.5-10	2.25×3.5	>91.6%		1000	9
		钢化	3.2	2.8-10	1×2	>91.6%			
		镀增透膜	3.2	2.5-10	2.25×3.5	>94.6%			
					1×2				
信义	东莞	常规	3.2	2.5-10	2.25×3.5	91.6%			10
		钢化	3.2	2.5-10	1.2×2.14	>91.6%			
广丰	张家港	常规	3.2			>88%			
		钢化	3.2			>92%			
		镀增透膜	3.2			>94%			
耀华特种玻璃	秦皇岛	硼硅		2-8	0.6×1.15	94%			
亚玛顿光伏玻璃	常州	镀增透膜						300	
华光玻璃	常熟	常规							
圣韩玻璃 法国圣戈班	南京	常规							
泰岳	天津	常规							

太阳能超白玻璃供应商

太阳能超白玻璃用于组件封装及衬底沉积。目前世界上主要的超白玻璃供应商包括：美国 PPG、加迪安、日本板硝子 NSG（已并购英国 Pilkington 和美国 LOF 玻璃）、法国圣戈班、日本旭硝子（已并购比利时格拉威宝玻璃集团）。以上国内公司不少是他们的合资企业。目前超白玻璃市毛利一般为 50%，价格为 85 RMB/m² 或 9000 RMB/吨左右，但随着国内外各大企业超白玻璃产线相继建成投产，长期而言，市场价格应会呈现下降趋势。

上海交通大学 5 兆瓦/25 兆瓦非晶硅薄膜太阳能项目商业计划

供应商	国家地区	售价/RMB/m ²	年产能	
			万 m ²	吨
福斯特	杭州		360	
枫华	诸暨	20	200	
永固	东莞	20	600	
斯威克	深圳			
瑞阳	温州			
浙江化工				
阳益科技	台湾			
塑胶工业	台湾			3000
杜邦	美国			
STR	美国			
三井化学	日本			
普利司通	日本			800-1000
积水 Sekisui	日本			
Sanvic	日本			
Etimex	德国			
Tecnofimes Srl	意大利			

EVA 胶膜供应商

EVA 胶膜，即乙烯醋酸乙烯共聚物树脂，美国杜邦占有 50%份额，国内 EVA 膜供应商也不少，价格相对国外来得便宜，但品质不如国外的。不过，杜邦与中石化已在北京合资新建一年产 6 万吨 EVA 原料厂，而台湾的台塑集团也投资 1 亿 5 千万于 EVA 膜，二家都预计 2008 年量产，相信可以为两岸薄膜太阳能产业助力。

供应商	国家	国内生产基地	近况
林德气体 Linde Gas	德国	深圳、厦门、 苏州、宁波	林德集团收购英国氧气公司 BOC
液化空气 Air Liquide	法国	杭州	法国液空公司 (Air Liquide) 收购了德国化学 品公司梅塞尔·格利夏姆 (Messer Griesheim)
空气化工 Air Product	美国	上海、北京	
普莱克斯 Praxair	美国	上海、北京	
大阳日酸 TN-Sanso	日本	上海	
三井化学	日本	上海	

SiH₄ 制造商

代理商	地区	供应商	国家
绿菱气体	北京	Air Gas	美国
赛美特	天津		
香港特种气体	香港	MEMC	美国
香港氧气	香港	Linde Gas	德国
三福化工	台湾	Air Product	美国
亚东工业气体	台湾	Air Liquide	法国
联华气体	台湾	Linde/BOC	德国/英国

SiH4 代理

供应商 代理商	国家 地区	情况
江丰电子材料	宁波	材料学双博士学位，靶材生产十几年经验的姚力军携手多位海归博士以及日本专家，于 2004 年初共同组建
有研亿金	北京	
光洋应用材料	台湾	台湾第一大靶材供应商，奥地利 Plansee 合作伙伴
鑫科材料	台湾	台湾第二大靶材供应商
研创应用材料	台湾	
贺利氏招远 Heraeus	德国	占有中国约 60%市场份额
攀时集团 Plansee	奥地利	2010 年 Plansee 在奥地利总部扩产投资达 1 亿欧元
高展金属材料 Gemch	上海 美国	
欧莱溅射靶材 Oryx	深圳 美国	
东曹达 东曹 Tosoh	上海 日本	
特格 三井金属	台湾 日本	

镀膜靶材

镀膜靶材（ZnO、Al）市场和其它原料一样，目前为欧、美、日少数几家大厂寡占，目前全球靶材最大供应商为德国 HERAEUS，市场占有率达 60%，国内能够自主生产的企业屈指可数，多数为进口。

上海交通大学 5 兆瓦/25 兆瓦非晶硅薄膜太阳能项目商业计划

情况		
大族	深圳	绿 YAG 激光刻划氧化锡层，另外两层刻划硅层和铝层
德龙 日本 UI	苏州	532nm 波长的绿激光，分别划透 SnO ₂ 、a-Si、Al 三层薄膜
楚天激光	武汉	客户有无锡尚德、广州捷宏、深圳创益
德飞	江阴	
盟立	台湾	约 31 万美元，客户有源畅光电
杰萘	台湾	532nm 绿光
精焊达能	深圳	铝线焊接，客户有无锡尚德、深圳创益、深圳拓日、福建欧德生 激光划线及铝线焊接

附录 6 原始数据



"Data 10-26.xls"



"Financial
Data.xls"

附录 7 周之斌教授的论文和专利

期刊论文

- Zhou Zhibin, Cui Rongqiang ‘Preparation of carbon nitride films and photovoltaic property of C-N/CuInSe₂/Si heterojunction’ Chinese Science Bulletin, Vol. 40, No. 21, 1995. p1969~1972
- Peng Hua, Zhou Zhibin, et al “Research on bandgap graded solar cells” Chinese Journal of Semiconductors Vol.26 No.5 2005 p958-964
- Zhou Zhibin, Cui Rongqiang, Pang Qianjun ‘Preparation of indium tin oxide and F ion doped tin oxide thin films by ultrasonic spraying method’ Applied Surface Science 172 (2001) p245-252
- Zhou Zhibin, Ding Zhenming, ‘Amorphous Hydrogenated Carbon-Nitrogen Alloy Thin Films for Solar Cell Application’ Chinese Phys. Lett. Vol.18, No. (2001) p564-566
- Zhou Zhibin, Zhang Yazheng ‘Polycrystalline diamond thin films and heterojunction of diamond/silicon’ Semiconductor Technology 1994.6 No.3, p35~37
- Zhou Zhibin, Cheng Sichao, Zhang Yazheng ‘Fractal growth of fullerene tube in carbon thin films’ Physics, 1995.6, Vol. 24, No. 4, p238~239
- Zhai Linhua, Zhou Zhibin ‘Positron trapping effecting at the grain boundaries of Fe_{73.5} Cu₁ Nb₃ Si_{13.5} B₉ nanocrystalline alloys’ Materials Science Forum Vols.175-178 (1995) p605-608 © 1995 Trans Tech Publications, Switzerland
- Z.B. Zhou, Cui Rongqiang, Ding Zhenming, ‘Mixed phase F-doped Tin oxide thin films and related properties deposited by ultrasonic spray APCVD’ J. of Material Science: Materials in Electronics 12 (2001) 417-421
- Z.B. Zhou, R.Q. Cui and G.M. Hadi ‘Schottky solar cells with amorphous carbon nitride thin films prepared by ion beam sputtering technique’ Solar Energy Materials and Solar Cells 70 (4) 2002, pp. 487-493
- Zhao Liang, Zhou Zhibin, et al, “Study on monocrystalline silicon solar cells by co-firing process” Journal of Solar Energy in Chinese, vol26, no4, 2005, p585-589
- Liang Zhao, Zhibin Zhou ‘Indium tin oxide thin films by bias magnetron RF sputtering for heterojunction solar cells application’ Applied Surface Science 252 (2005) 385 - 392
- Liu Meicang, Zhou Zhibin, et al “Photo response properties of photovoltaic new material---carbon nitride thin films” Chinese Journal of Semiconductors Vol. 25, No.4 2004 p400-403
- Li Wenyi, Cai Xun, Zhou Zhibin, et al “Growth of CIS thin films by selenization of co-evaporated Cu-In alloy” Journal of Shanghai Jiao Tong University Vol 36, No. 5, May, 2002, p 616-619
- Li Wenyi, C. X., Chen Qiulong, Zhou Zhibin. “Influence of growth process on the structural, optical and electrical properties of CBD-CdS films ” Materials Letters 59(1): 1-5 (2005)

- GQ Ding, WZ Shen, M. J. Zheng and Z B Zhou “Integration of single-crystalline nanocolumns into highly ordered nanopore arrays” *Nanotechnology* 17 (2006) p2590 - 2594
- G. Q. Ding, W. Z. Shen, M. J. Zheng and Z. B. Zhou Indium oxide “rods in dots” nanostructures *Applied Physics Letters* 89, 063113 2006
- Peiqing Luo, Zhibin Zhou and Youjie Li, Effects of deposition pressure on the microstructural and optoelectrical properties of B-doped hydrogenated nanocrystalline silicon (nc-Si:H) thin films grown by hot-wire chemical vapor deposition *microelectronics Journal*, 39 (2008) p12-19

会议论文

- Cui Rongqiang, Lu Yimin, Zhou Zhibin ‘The diamond-like carbon films by arc discharge deposition’ Ninth E. C. Photovoltaic Solar Energy Conference Freiburg, 25-29, Sept.1989, p747-749
- Z.B. Zhou, R. Q. Cui, Q. J. Pang, ‘Effects of ion bombarding and nitrogenation on the properties of photovoltaic a-CN_x thin films’ *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* Vol. 692 H.9.2.1© 2002 MRS fall meeting, Boston, Nov. 26, 2001
- Zhou Zhibin, Cui Rongqiang, G. M. Hadi ‘Nanocrystalline silicon thin films from single ion beam sputtering’ *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* Vol. 692 © 2003 MRS Spring Meeting 2003, San Francisco, A 7. 3. 1
- R. Q. Cui, Q.H. Ye, T. T. Sun, C.J. Zhao, Z.B. Zhou, L. Xu, F.Y.Meng, H. C. Yu, ‘Solar Photovoltaic in Shanghai’ PVSEC-15 Shanghai China 2005 21-7 p357-358
- P.Q. Luo, Z.B. Zhou, W. Jiang, Z.G. Liu, H.C. Yu, S.W. Ku, Q.H. Ye, R.Q. Cui, ‘Raman studies on nc-Si:H thin films prepared by HWCVD’ PVSEC-15 Shanghai China 2005 P-38, p1120-1121
- Zhigang Liu, Tietun Sun, Shiwei Ku and Zhibin Zhou ‘Separation of p-n Junction by Back Etching’ PVSEC-15 Shanghai China 2005 P-9, p1062-1063
- Z. B. Zhou, P. Q. Luo and W. Jiang, ‘Formation of Light Trapping in HIT Solar Cells’ PVSEC-15 Shanghai China 2005 43-1, p657-658
- P.Q. Luo, Z.B. Zhou and W. Jiang, ‘Numerical Simulation of GaAs/Si Heterojunction Solar Cells’ PVSEC-15 Shanghai China 2005 23-2, p375-376
- Zhibin Zhou and Kevin Bass, Enhancement of minority carrier life time through back surface field formation in crystal silicon solar cells PVSAT4 University of Bath Wednesday 2 - Friday 4 April 2008
- G. Claudio, Z. Zhou and K. Bass Photoconductive measurements of Laser Grooved Buried Contacts (LGBC) Silicon Solar cells PVSAT4 University of Bath Wednesday 2 - Friday 4 April 2008

专利

- High efficiency crystal silicon solar cells and method of fabricating same, patent number: CN1206743C (authorized)
- nc-Si/Si heterojunction solar cells and hot wire CVD method of fabricating the

same, patent number: CN200410052858.9 (issued)

- Method of fabricating carbon nitride thin films with high photoconductivity gain, patent number: CN 03116464.1 (issued)
- A novel apparatus and depositing method for transparent-conductive thin films and optical anti-reflection thin films, patent number: CN1086158C (authorized)
- R.Q. Cui, Z.B. Zhou, ‘Fabrication method for new solar energy photovoltaic material—amorphous carbon nitride thin films’ Patent number: CN 1141734C (authorized)
- Zhou Zhibin, R.Q. Cui and E.F. Ding, ‘Scanning system for large area ultrasonic spray CVD’ , patent number: CN 1167515C (authorized)
- Zhou Zhibin, R.Q. Cui and M.C. Liu, ‘Nozzle design of ultrasonic spray CVD equipment for large area tin oxide thin films’ , patent number: CN 1194821C (authorized)
- Z.B. Zhou, Y.H. Cai ‘Ceramic painting heater’ , patent number: CN 1202381C (authorized)
- Z.B. Zhou, R.Q. Cui, and Y.H. Cai, ‘Fluorescent lamp with TCO coatings’ , patent number: CN1219313C (authorized)



周之斌教授

zbzhou@sjtu.edu.cn

+01-617-785-7622

李友杰

liyoujie615@163.com

+86-13636476729

高扬

andrewgaoy@gmail.com

+86-13524122221

韩建明

+86-13701953395