突破光伏芯片的限制

传统的三结光伏电池芯片的性能因电池脆性、刚性及低效率而存在一些问题。MicroLink 公司利用外延迁移技术（epitaxial lift-off technique），实现了砷化镓（GaAs）基的超薄电池芯片的全晶圆、规模化生产，成功的解决了上述问题，——Richard Stevenson 报道。

长期以来，多结太阳能电池的开发者们一直致力于在电池中掺入新物质，以求提高电池效率，改善性能。然而，其他途径同样可以使产品更具吸引力，诸如减轻重量，提高鲁棒性，减少成本以及改善柔韧性等。

如今，一家名为微链接设备（MicroLink Devices）的公司利用一项技术，可以让高效率太阳能电池的性能在上述方面都有所改进。微链接公司成立于2000年，坐落在伊利诺斯州芝加哥北部郊区的奈尔斯市。公司的主要经营领域是利用MOCVD（金属有机化合物化学气相沉积）技术为手机以及其他无线设备提供外延晶圆，然而，在过去的五年间，该公司也在研发一项晶圆规模的外延迁移工艺。如今，他们成功制造出了可包含1-3个电池的超轻光伏芯片。

这种全新的电池芯片可以覆盖在柔韧的金属衬板上，其性能表现十分值得期待。重复的测试结果表明，公司制造的1cm^{2}电池的最佳转化效率在太空(AM0)可达31%，在地面(AM1.5)则为33.9%；而且，将电池规模扩大到20cm^2，效率仅下降1%。这种高效率且极轻的光伏芯片有望成为卫星用电池的强力候选产品。此外，由于电池的可弯性，这种芯片也可以包裹在电池供电的无人驾驶航空器(UAV)机翼上侧，从而延长航空器的持续飞行时间。

美国空军研究实验室（US Air Force Research Laboratory）也慧眼捕捉到了这种芯片的巨大潜力，他们已经在为一个相关的研发项目提供资金支持。如果项目研发能够大获成功，其应用价值将远远不局限于军事领域——例如，对地产行业而言，无人驾驶航空器也是测量广袤土地的一种高效手段。

另外，由于价格低廉，这种芯片也可能成为地面聚光光伏市场的有力竞争产品。电池成本上的优势源于制造过程中砷化镓(GaAs)衬底可以重复利用，制造后分离出的衬底只需轻微加工就可以再进入MOCVD设备反应室，重新使用；并且，使用再加工的衬底对芯片的性能没有影响。

“衬底的成本是芯片生产成本的一大组成部分，”微链接制造厂主管Chris Youtsey解释说。“衬底重利用的次数，取决于每次重加工时削除的金属厚度，以及损坏的频率。”

Youtsey表示，将衬底晶圆重利用次数提高到十次是一个合理的目标。他指出，一次重加工只会减少10微米的晶圆厚度，而将GaAs衬底削薄100微米左右应该不会影响其高质量外延结构的沉积。尽管更多的重利用次数在理论上可行，但结果却是收益递减，付出与回报不成比例。

剥离

事实上，微链接运用的这项外延迁移技术并

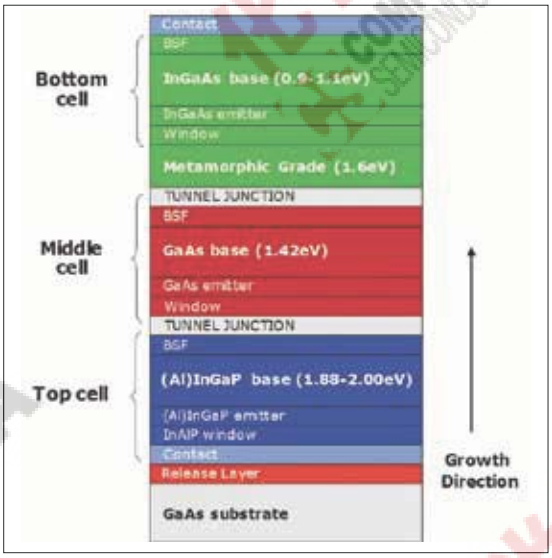

图1：微链接的反向变质电池构筑在GaAs衬底上。使用氢氟酸刻蚀掉5纳米厚的AlAs牺牲层，可以分离衬底与外延层。

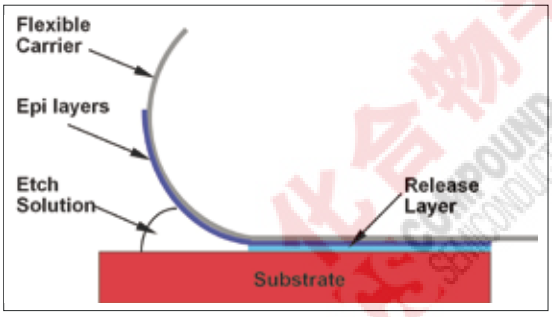

图2：具柔韧性的金属载体与电池外层贴紧后，GaAs衬底经氢氟酸刻蚀与外层分离。

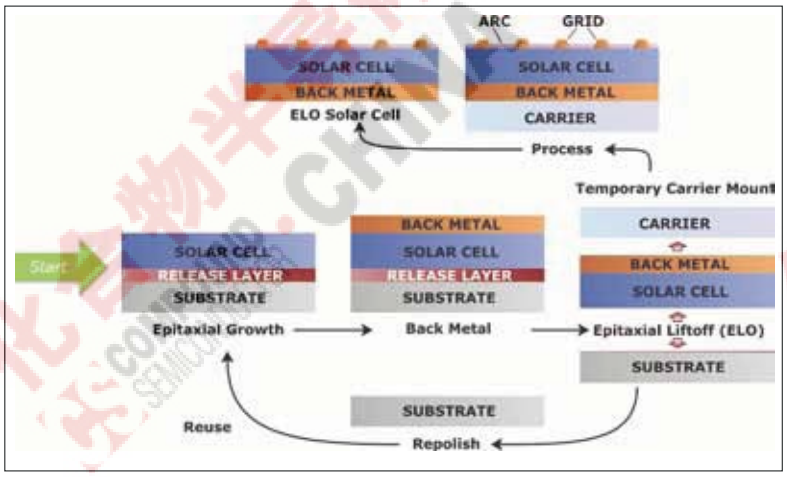

图3: 生产流程以在GaAs衬底上生长AlAs牺牲层和电池层开始。经氢氟酸刻蚀后，GaAs衬底被重加工，再次使用；太阳能电池及背垫金属复合物则临时黏结在载体晶圆上，便于进一步制造芯片。

图4: 微链接利用外延迁移技术制造的4英寸太阳能薄膜电池，由薄且柔软的背垫金属及附着其上的2个20cm^{2}的太阳能电池元件构成。

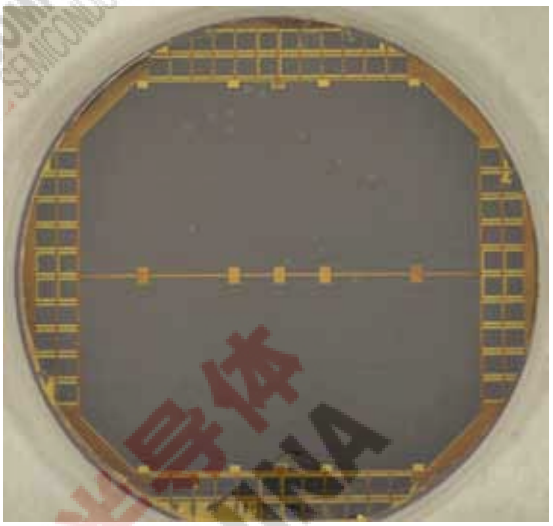

图5: 微链接利用外延迁移技术制造的两块基于6英寸GaAs晶圆的61cm^{2}三结太阳能电池芯片。

不新奇。早在1978年，日本东京工业大学（Tokyo Institute of Technology）的研究小组就发表了一篇利用“剥皮（peeled film）”技术制造高效率GaAs太阳能电池的论文。在80和90年代，贝尔通信研究所（Bell Communications Research）的Eli Yablonovitch进一步揭示了AlAs相对GaAs极佳的刻蚀选择性。最近15年，拉德伯德大学（Radboud University）以John Schermer为首的研究小组更是将相关研究推上了崭新的层次，并发现了提高刻蚀比的新方法。

然而，外延迁移技术本质上还是一项耗时较长的工艺，Youtsey提到：“这不是秒或分钟的概念——而是以小时计。因此，如果想要高产量，必须做到批量生产。”

批量生产是微链接设备在外延迁移技术上实现的两大突破之一，公司的研发小组有研发大规模GaAs制造的经验，成员包括曾工作于TriQuint半导体公司的工程师。2011年，作为试验性项目，微链接生产了1400个4英寸晶圆，并且实际产量还可以更高——每个蚀刻槽都有每月生产1500个晶圆的能力。Youtsey声称，他们在技术上的第二大突破是对工艺的简化——制造过程中不再需要重物去分离衬底和外延层：“我们独家发明了一种牺牲层技术，利用它可以有效实现批量生产。”

微链接首先利用MOCVD技术生长一种包括InGaP，GaAs和InGaAs三个子电池的反向变质结构，同时，在衬底和三结电池中间再夹杂一层5纳米厚的AlAs层。

随后，将一层薄且可弯的载体层附着在最外层的外延层上，再将这种复合物质浸润在浓缩的氢氟酸中，使得牺牲层被氢氟酸选择性溶解——原因在于AlAs与GaAs的刻蚀选择比超过10^5。刻蚀约12个小时后，金属载体以及太阳能电池外延层就与GaAs衬底完全分开了。接下来，工程师将这些外延迁移下来的金属薄片覆盖在临时的硬性载体上，这样，分离出的晶圆就可以用来进一步制造光伏电池芯片。下面的制造工序包括对金属欧姆接触的蒸发和剥离，湿法刻蚀剥离，双层介质膜制造的抗反射涂层的蒸发，以及将晶圆切割成独立的小片。最后只要让太阳能电池从临时载体上脱离，电池元件即制造完成。

这项外延迁移技术不会损害电池的质量。在美国国家可再生能源实验室（National Renewable Energy Laboratory）为之拍摄的电池透射电镜照片上，工程师没有发现任何脱层，裂缝，螺旋位错或孔隙。电池的无裂缝与无瑕疵是生产大面积电池的关键条件。

基础更好

微链接制造的反向变质结构包括：基于InGaAs的底电池，具有可从0.9eV调整到1.1eV的能带隙；能带隙为1.42eV的GaAs中电池；以及

能带隙可从1.88eV调整到2.00eV的（Al）InGaP顶电池。“我认为这种电池结构几乎是最佳选择了。”Youtsey表示。为评估重加工对电池质量的影响，公司的工程师用25块未使用过的衬底制造1cm^{2}电池，然后将其重加工并再制造电池四次。实验结果表明，重加工三次的衬底平均沉积效果与原始衬底没有显著区别。

如果这种电池要为太空飞行器供能，就必须要做到能抵抗各种形式辐射的冲击。Youtsey认为他们的电池足以满足要求：“这些外延迁移电池的组成成分，比如InGaP，GaAs和InGaAs的抗辐射性能与他们物质本身的抗辐射能力一脉相承。”

扩增电池面积同样对性能表现没有影响——美国宇航局Glenn研究中心（NASA Glenn）在AM0的光谱条件下，对1cm^{2}和20cm^{2}电池都普遍测量出了29%的转化效率。

微链接将30个大电池经银基箔带互相连接，再在两侧覆以透明薄板，就制造出了具柔韧性的太阳能薄板。这种复合产品极为柔韧，可以包裹在弧形结构例如太阳能飞机的机翼上。该产品的另一大特色是比功率极高，其值超过400W/kg。

Youtsey表示，传统的三结150微米厚锗电池至少是这种电池的四倍重。“从实际应用的角度来讲，这一点非常重要。”此外，以锗作为衬底的传统电池也非常脆弱。“你必须建造一家晶圆厂才能保存那些电池。”Youtsey解释说。

更大更强

微链接同样使用6英寸的GaAs晶圆制造出了面积达61cm^{2}的芯片。制造如此之大的电池的一部分原因在于试图证明这种工艺的优越性。“当然，在电池板组装方面，大电池也有自己的优势：元件更少，连接更简单。”Youtsey解释道。

然而，目前微链接的主要着手点并不在制造越来越大的电池上，而是试图精简生产流程，并提高转化效率。如果研发能够成功，批量生产将会更容易，产量也会扩增。在转化效率的努力上，研发小组主要致力于提高开路电压和填充因子；原始材料质量的改善同样可以提高效率。今后还可以通过制造四结或五结电池进一步增进效率，但Youtsey也承认这种方式还比较难以应用到大规模生产中。

对于这种新型电池，微链接目前还处于试验生产的阶段，公司计划在未来两年内全面实现商业化。一旦跨过商业化的里程碑，电池的面市将会令多结太阳能电池的买主们开始权衡新问题，之前，选择光伏产品只需考虑效率，性能稳定性及价格；但以后，重量，柔韧性，鲁棒性在内的一系列因素都将纳入产品的比较范围内。

热光伏行业

对任何衬底成本高昂的光伏产业而言，微链接的外延迁移技术都将是一个极有吸引力的制造途径，其中一个典型例子就是热光伏行业。热光伏电池使用InP做衬底，其作用是将热能转化为电能。减少生产热光伏电池所需的InP衬底将极大减少芯片生产成本，因为InP衬底的成本比GaAs衬底要高差不多整整一个数量级。CSC

CHINASSL2012 引领 LED 行业先趋

作为全球LED产业顶级盛会，第九届中国国际半导体照明论坛暨展览会（CHINASSL2012）将直击产业博弈焦点，解读最新趋势动态，展示前沿技术成果与设计精品。

CHINASSL2012 将于11月5-7日在广州召开，将推出7场技术分会，关注LED产业链各个细分环节的前沿技术成果。为期三天的展览会，现场首次推出“光·明”演示厅，云集了LED照明应用端各大品牌厂商在商业照明领域的主打产品与未来趋势发布，参与的知名厂商有曼佳美（Megaman）、三星（Samsung）等。为了呼应本届展览会的商照主题，展会现场还将举办“第五届中国照明设计主场辩论赛”、“绿色照明设计国际论坛”、“LED 产品与技术交流会”等系列活动。

“光·明”演示厅作为一个独特的商照产品展示平台，是从照明设计的角度出发，以 LED 灯源为创意元素来打造多种商业空间下迥异的照明效果，将赋予现场观众身临其境之感。

CHINASSL2012 期待与您相聚广州，共拓半导体照明产业发展之路!