



将应用材料公司的E3技术直接导入生产设备，能够实现实时调整过程参数的批次控制以及过程故障检测。

优化的光学器件

用于电池片生产的光学检测系统（在线）：这些系统各自独立工作，运行速度快并能为太阳能生产商提供极其重要的信息。尽管这些系统功能强大，但仍然存在一些问题。如何来评价这些系统呢？

太阳能电池片自动化生产时代始于十年前的德国。Centrotherm和M+W Zander首次将其承包生产的产品交付给Deutsche Cell，不久之后，Q-Cells开始以惊人的速度安装自动化生产线。只有具备过程可精密调节及可控的可靠生产技术，才能进行这样的产能扩张。即便在今天，也必须具备这样的条件才能实现急速扩大单晶硅太阳能电池片产能。不能以过程可靠性作为代价来扩大利润。反之，过程优化必须达到最大可行极

限。根据现有价格，在年产能为50兆瓦的生产线中，电池片功率每增长0.1个百分点，就意味着电池片制造商的生产成本每年能节省20多万欧元。合格率每提高1个百分点，每年就能带来35万多欧元的额外利润。因此制造商必须能够直接实时地监测生产过程；马上检测到过程的波动，并尽快确认有硅片破损风险的位置。光学检测系统是非接触式测量系统，可以集成到自动化生产机器中，使它们更适用于过程监视。然而，光学检

测系统的功能可远不止如此。它们通常与能够收集、存储、处理和输出数据及图像的高能计算机相连。因此在电池片生产中，光学检测系统是很重要的工具，工程师根据重要的随机样本，借助数据采用该系统描述过程特性并快速识别过程变化，这对系统过程优化尤为重要。

光学检测系统的特殊优势在于，它们能够在生产过程的任意环节中捕捉整个硅片或电池片的图像，并评估图像信息。这需要大画幅相机和高

能计算机。最大的照相机通常用于检测正面打印的图像。此类相机的像素高达1100万(8比特)。以周期1.5秒计算,这就意味着每秒大约8兆字节的处理能力。通常,处理过程本身是极其苛刻的,且需要复杂的算法和多次存储器存取操作。处理软件高度复杂,并且其开发极为昂贵。因此光学检测系统的价格相当昂贵(50000到120000欧元),并很少用于利用简单传感器和/或统计过程控制就足以监测的生产过程中。

位置

在以下典型位置中使用,并且任务是:

- 于生产线起始处用硅片堆分离机检测硅片;检测硅片形状,轮廓外侧和表面缺陷
- 于生产线起始处用硅片堆分离机检测微裂纹;在硅片内部查找毛细裂缝和SiC杂质
- 在结束氮化硅过程之后,测量氮化硅层厚以及氮化硅涂层的均匀性
- 在金属镀膜生产线上检测正面印刷;检测细栅线宽度和印刷位置;查找细栅线断开、浆污点以

及细栅线结头;检查轮廓外侧以确保其是完好的

- 可选的背面印刷检测
- 于生产线末端用电池片测试器检测电池片的正面;对着色均匀性、着色、印刷图像、外部轮廓和表面缺陷进行光学评估
- 可选的背面检测

说千道万,重在集成

为尽可能降低生产线成本并占用最小空间,可以将光学检测系统以最高效的方式集成到工艺设备中。此外,检测系统与生产线的结合越紧密,过程的反馈效果越好。所以,机械制造商们希望光学检测系统越小越好。

可惜,根据光学原理,光学检测系统是不可能做得非常小的。低图像失真率的透镜需要数百毫米的物距。检测任务常需要特殊的光形,使所测物体特性能够以高对比度显示出来。光的生成同样也得遵守光学原理,检测系统往往需要与被摄物之间保持足够的距离。所以光学检测系统的机身通常都很巨大,其内置有相机、布线、供电单元,还可能有照明器件,该机身还要尽可能使相机和太阳能电池

片与外部光源隔绝;另外需要均匀的背景照明,并且该背景照明必须集成到机器设计中。

光学检测系统及其物理结构必须集成在生产机器的工艺流程中。测量结果必须与所测电池片精确对应。这看似小事一庄,但实际上却并非如此。光学检测系统使用的内部软件流程高度复杂,而且该流程的持续时间和结果很难经常预测到。光学检测系统和与其集成为一体的机器之间的软件界面,必须采用非常稳健的设计,并能够处理运行过程中可能发生的任何事件。实际上,关于这点影响最大的是人,因为生产过程中有人工操作,所造成的状况,有时会超出软件程序员预料而超出软件可处理的范围。

制造商在与目标机器的供应商交易时,始终应当谨慎地选择光学检测系统。测量装置(照明器件、相机、太阳能电池片)必须能够集成到生产环境中,但倒不必非要创造实验室那样的条件。必须极其小心地计划集成工作,而且得明确责任。

如出一辙

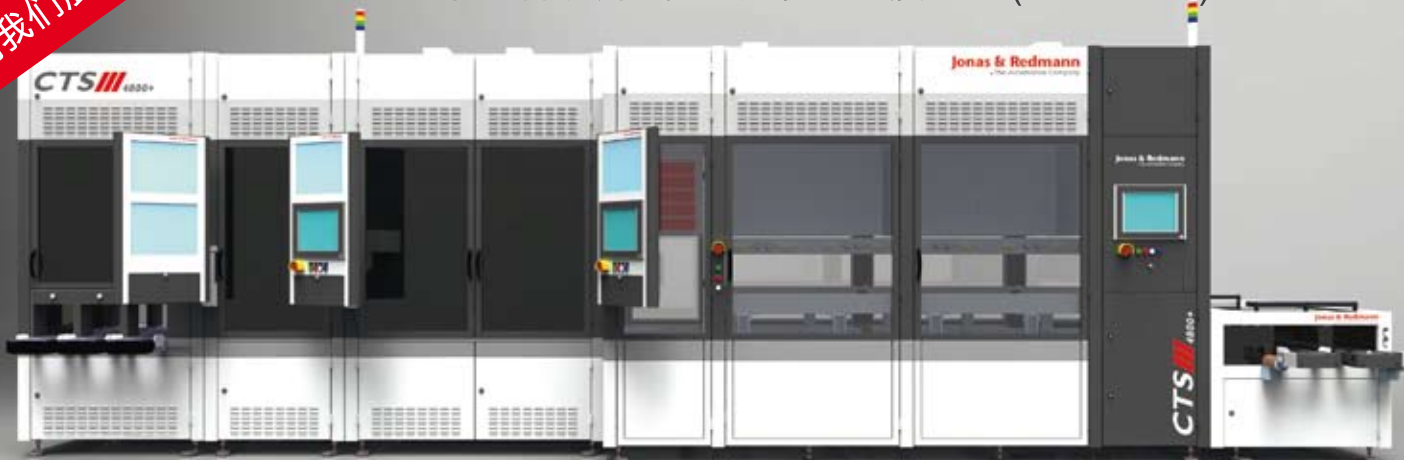
太阳能电池片的生产通常是在并行设置的数个类似的独立生产线上进

Advertisement

EU PVSEC 9月5日至8日,德国汉堡
欢迎您到我们展位参观:A1展馆 B8a号

Jonas & Redmann
The Automation Company

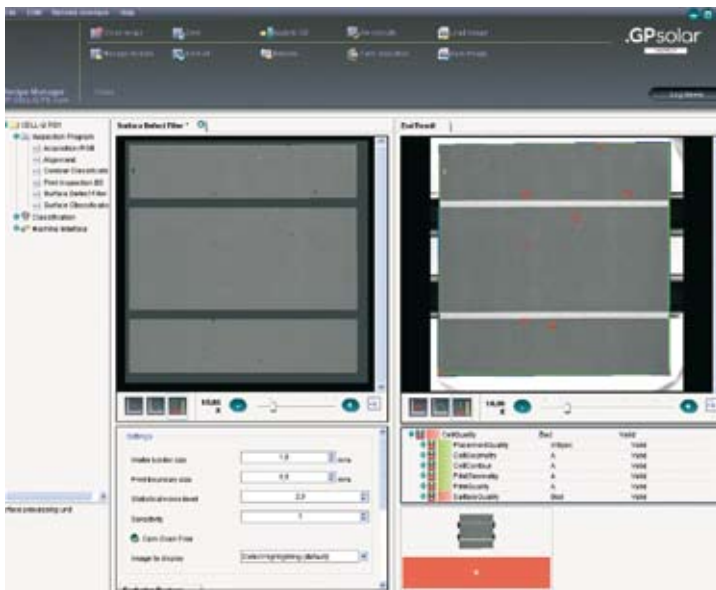
■ 电池测试与分选机 - CTS 4800+ ■ 第26届欧洲太阳能光伏巡回展览会 (EUPVSEC)



为太阳能电池片自动化质量检测提供最大化解决方案

- 模块化设计具有高度灵活性
- 破片率最低
- 产能: 4800片/小时 (cells/hr)
- 正常运行时间: 98%

www.jonas-redmann.com



照片: GP Solar



照片: GP Solar

光学检测系统的监视屏可以显示大量缺陷和缺陷统计的信息。应当以简单易懂的方式显示这些数据。

采用光学检测系统可以查看栅格细栅线的细节。编写用于生成细栅线宽度的感知读数的软件算法之前，必须先详细了解印刷过程。

行的，一条生产线年产量在30到80兆瓦之间，因而太阳能电池片制造商通常运行数个相同类型的光学检测系统。

自然的，他们会希望相同的系统在每个方面都表现一致。这在实际操作中意味着，制造商想要为所有同类型的系统配备一样的安装检测方法，但理论上这些方法的使用与系统无关。

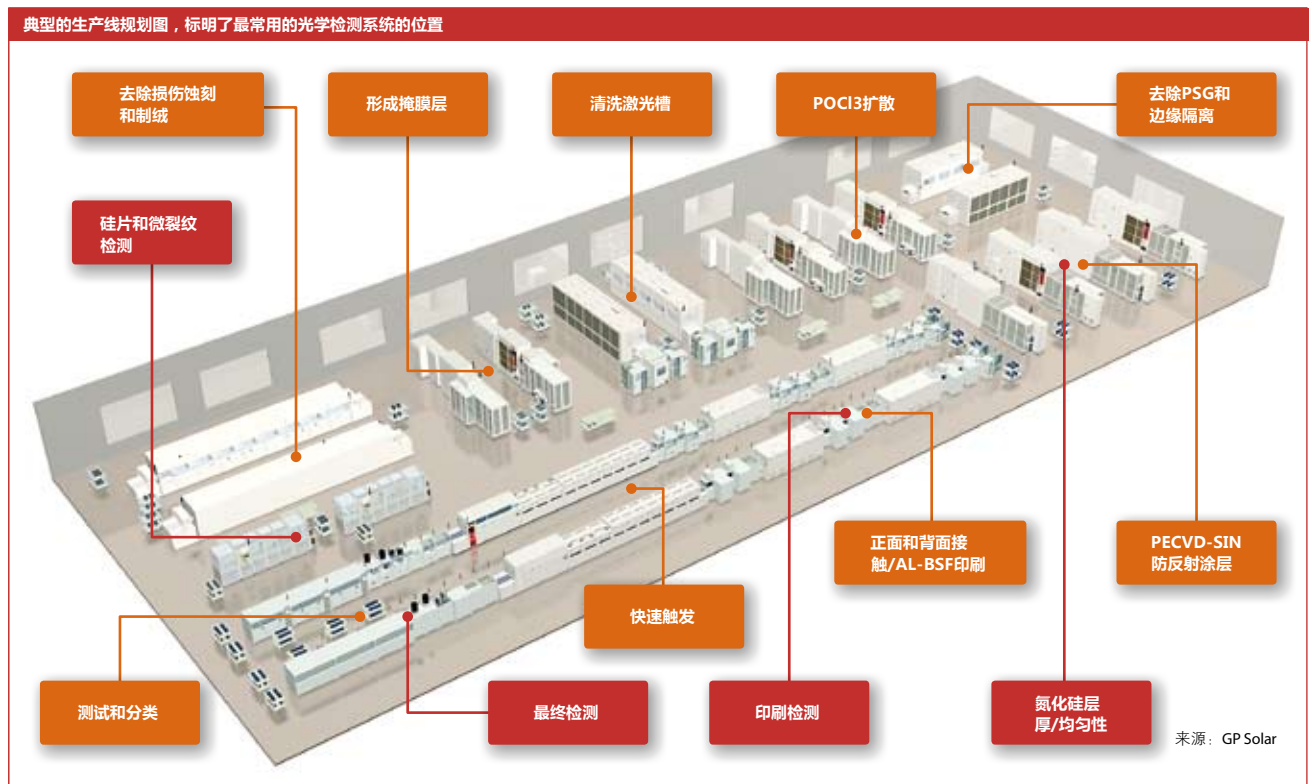
即便检测系统的制作和集成进行的再仔细，也依然无法满足这一需求。由于

相机、照明器件、以及机械部件的生产误差，完全复制系统是不可能的。

为此，光学检测系统的制造商制定出了一套方法，以控制相似系统之间的差异。这种方法分为与设备相关的部分和与设备无关的部分，与设备相关的部分主要内容是对所有相关测量值和尺寸的刻度进行标定，也就是确定一个编码，以将与设备相关的数据转换成与设备无关的数据。该刻度应当与检测方法无关。

对该刻度必须进行定期检查，必要时还得进行重复检查以保持检测系统的可靠性。对上述的刻度标定问题和检测方法问题，如若一个光学检测系统没有令人满意地提供切实可行解决方法，那么它就不适合应用在生产线很多的大规模生产中。

在图像评价和评估方面，光学检测系统通常能够与人类高度发达的检测图像缺陷以及评价图像缺陷的



照片: Solarpraxis AG/Harald Schütt

源自德国的**太阳能**光伏系统集成专家



盛朗永旭新能源集团
SINOSOL AG

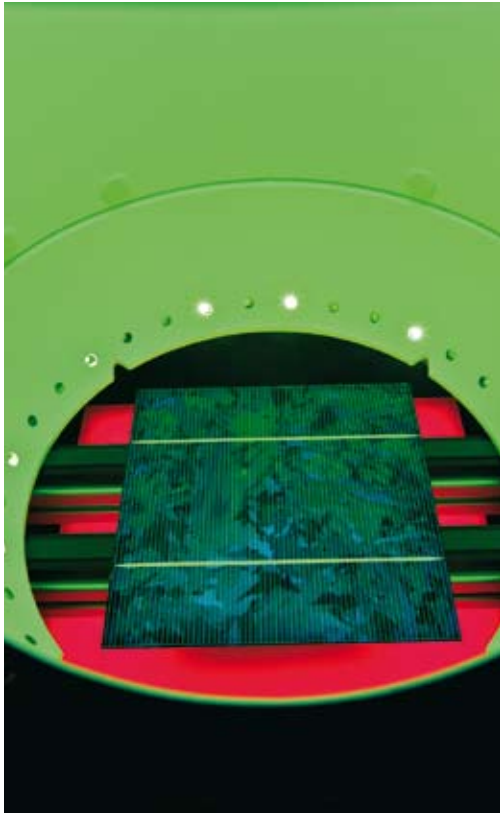
中国北京市东城区东四十条
甲22号 南新仓国际大厦
B822 (100007)
电话: +86 10 5169 0690
传真: +86 10 5169 0691

www.sinosol-projects-asia.com
info@sinosol-projects-asia.com



提供太阳能光伏发电交钥匙工程
累计安装容量超过100兆瓦

提供太阳能光伏发电全面解决方案
兼融中欧两地优势和资源



GP Solar使用灯光圆顶意味着典型的实验室装置顺利地应用于生产线。灯光圆顶是乌布利希球的修改版本,用于产生均匀的表面照射。其外形必定相当庞大。

能力相匹敌。例如:检测细栅线断开的宽度时,光学检测系统优于人眼。然而,光学检测系统很难捕获如同在人脑中由太阳能电池片上断开的细栅线唤起的影像。

如何配置?

评价和评估图像分几个阶段进行。第一步是逐个查找和测量电池片缺陷(在本例中为细栅线断开)。本例计算了在电池片上细栅线断开的长度和位置。所有缺陷测量完毕之后,开始第二阶段:电池片分类。根据缺陷的数量、尺寸、和位置,可以制定不同数量的规则来进行分类。例如,其中之一可以定义为:含有三个长度低于0.1毫米(mm)的细栅线断开缺陷的电池片属于A类,但只是在细栅线断开没有形成“光团”,也就是没有集中到电池片的某一部分的情况下。这只是一个简单的例子。在实际应用中,有多少此类复杂规则都是有可能的。

在执行将规则编入软件中这一艰难任务的同时,光学检测系统的制造商得面对这样的问题:设备用户如何制定分类规则,以及如何将它们与设备相连。此外还必须找到一种合适的

方法以便在完成时存入该分类,最好能以数据的形式输出,以清楚的方式展示给用户。

最终,图像或图像细节必须存储各类数据及这些数据之间的关系,并以有条理的方式显示。每个制造商都有自己的方法来解决该问题。另外还有一个办法,就是用标准数据库格式作为输入和输出格式。这当然是最简洁、最明智的解决方法,但就软件技术而言同样也是最具挑战性的方法。

金无足赤,人无完人

与所有的测量系统一样,光学检测系统也有受限的测量精度。当视野宽度在160毫米以上时,无论相机的超高分辨率有多高,该精度都常常处在可接受的极限值上。例如能够以精度仅有 ± 0.5 毫米的3-西格玛的11兆像素相机测量,与太阳能电池片正面的银点一起被打印出来的、在接触细栅线上的结点或节点。误差极限通常在0.2毫米左右,这意味着如果细栅线局部宽于0.2毫米,则电池片必须归入低质量类别。同样,经过训练,人眼能够更精确地评估结点。

在测量尺寸的过程中,若测量值在测量范围之内,就能很容易地确定测量精度。而在系统的测量系列范围内,能够确定重复性、再现性和精度。严谨的制造商,也会在他们的规格说明书中说明这些数值或根据需求提供这些数值。基于这些值,可以用统计学方法判断设备的“判定置信度”,这意味着可以对设备的可靠性进行预测,光学检测系统则凭借这种可靠性来判断测量值是在误差极限方面的“好”还是“坏”。如果读数很好,但测量值被分在坏的一类,称为过严检验(over-reject);相反则称为过松检验(under-reject)。通常,人们都努力将两个值保持的尽可能小,在不确定的情况下,优先取较小的过松检验率。原则上,可以对过严检验判定为不合格的电池片进行人为的重新分类。

同样重要但更难解决的问题是:到底测量范围的极限应当设置在哪里,以及到底系统是否甚至有能捕获和测量电池片的某些特性。若接触细栅线标准宽度恰好为0.6毫米,最好还是专门咨询一下制造商,如何能够确信采用0.6毫米的像素分辨率可以测量无误。所谓的“子像素算法”确实存在,可以在子像素范围内进行测量。然而,在实际应用中必须仔细地确定它们的适配性。

还有一个很重要的例子:在间隙宽度为零到一微米的硅片内部检测

所谓的微裂纹-毛细裂缝。这些裂纹无法在可见光下看到。所以很难断定光学检测系统是否能够可靠地找到这些裂纹。此外,在这种情况下过严检验和过松检验尤为重要。采用有裂纹的硅片仍然能够制造出好的太阳能电池片;因此没有必要找出这样的硅片并且挑拣出来。我们仅知道,不在生产流程中采用这种硅片,硅片破损率会显著降低。

反之,没有裂纹却被错误拣出的硅片意味着原料的损失,相当于破损所造成的损失。不同于一般规则,一定程度的过松检验是可以接受的,因为明显的过严检验率会让人质疑使用微裂纹检测系统的意义。

总结

在太阳能生产的质量和过程控制中,光学检测系统是有用且必需的工具。过程工程师能否有效地使用该工具至关重要。这需要完全了解系统的能力和极限。而且必须特别注意机器环境中的集成方式以及系统确定的重复性和精度。有些供货商能够提供经过测试的高品质光学检测系统。评估这些系统时,最好考虑以下问题:

- 该系统是否能够检测所需的特性;测量范围是否符合要求;重复性和精度是否足够?
- 测量装置是否可以被集成到生产环境中?与集成有关的观点是否具有说服力?
- 系统是否具有“实时能力”,即它是否能够与生产周期同步执行所需的测量,以及必要时是否也能够存储数据和图像,并且在线输出和显示?
- 系统是否支持用于输出数据和图像所需的界面?
- 系统,特别是其用户界面是否具备清楚、有效定义所有所需误差和分类特性的能力,是否同样能够有效读取结果?
- 过严检验和过松检验是否能够判断得知?
- 系统是否能够简单再现,即同样类型的系统是否能够集成到类似的生产线中而不需要增加额外的操作?

最后,保持对技术路线图的关注也很重要。太阳能电池片协会正在实施新工艺,意图增强诸如使用更薄的细栅线或采用母线和栅格的另类几何形状。随着双印刷和选择性发射极技术的引入,又产生了新的校直要求。光学检测系统的供货商应当尽快提出应对这些新挑战的解决方案。◆

Stephanus Wansleben



GXS450 Dry Pump



GXS750 Dry Pump

VACUUM & ABATEMENT

INNOVATIVE TECHNOLOGY

GLOBAL STRENGTH

LOCAL SUPPORT

Bringing Vacuum to Life

Dry Solutions, clean technology

With chamber purge speeds of 450 m³/h and 750 m³/h, these latest additions have been optimized to deliver the rapid vacuum performance required for high throughput solar lamination processes, while still offering the robust performance, low maintenance requirements, long service intervals and advanced temperature control that has made the GXS range an industry standard.

Find out more at:
www.edwardsvacuum.com
info@edwardsvacuum.com

 **EDWARDS**

WWW.EDWARDSVACUUM.COM