



中晶科技 4英寸图形化蓝宝石衬底产品碳 足迹报告



福建中晶科技有限公司



执行摘要

福建中晶科技有限公司（以下简称“中晶科技”），研究的目的是以生命周期评价方法为基础，采用国际标准化组织（International Organization for Standardization，简称 ISO）编制的 ISO 14067 标准和英国标准协会（British Standards Institution，简称 BSI）编制的 PAS 2050 标准中规定的碳足迹核算方法，计算得到 4英寸图形化蓝宝石衬底产品的碳足迹。

为了满足碳足迹第三方认证以及与各相关方沟通的需要，本报告的功能单位定义为生产 1 片 4英寸图形化蓝宝石衬底产品。系统边界为“从摇篮到大门”类型，现场调查了中晶科技从原材料进厂到 4英寸图形化蓝宝石衬底产品出厂的过程，而其他物料、能源获取的数据来源于数据库。

4英寸图形化蓝宝石衬底产品的碳足迹分析见第四章。报告中对生产 4英寸图形化蓝宝石衬底产品消耗的原辅料进行了分析、各生产工序对碳足迹贡献比例做了分析、对其生产的灵敏度进行了分析。从清单来看，中晶科技生产 1 片 4英寸图形化蓝宝石衬底产品碳足迹为 1 片 4英寸图形化蓝宝石衬底产品碳足迹为 **5.76kg CO₂e/片**。

研究过程中，数据质量被认为是最重要的考虑因素之一。本次数据收集和选择的指导原则是，数据尽可能具有代表性，主要体现在生产商、技术、地域、时间等方面。现场调查了从原料进厂到出厂的过程。大部分国内生产的原材料的数据来源于 CLCD 数据库，此数据库由成都亿科环境科技有限公司自主开发，代表了中国基础工业平均水平，CLCD 数据库缺乏的原材料数据由 Ecoinvent 提供，中国的混合电力生产的数据来源于 CLCD 数据库。本研究选用的数据在国内外 LCA

研究中被高度认可和广泛应用。

此外，通过 eFootprint 软件实现了产品的生命周期建模、计算和结果分析，以保证数据和计算结果的可溯性和可再现性。

1. 产品碳足迹介绍（CFP）介绍

近年来，温室效应、气候变化已成为全球关注的焦点，“碳足迹”这个新的术语越来越广泛地为全世界所使用。碳足迹通常分为项目层面、组织层面、产品层面这三个层面。产品碳足迹（Carbon Footprint of Products, CFP）是指衡量某个产品在其生命周期各阶段的温室气体排放量总和，即从原材料开采、产品生产（或服务提供）、分销、使用到最终处置/再生利用等多个阶段的各种温室气体排放的累加。温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC）和全氟化碳（PFC）等。碳足迹的计算结果为产品生命周期各种温室气体排放量的加权之和，用二氧化碳当量（CO₂e）表示，单位为kg CO₂e 或者g CO₂e。全球变暖潜值（Global Warming Potential, 简称 GWP），即各种温室气体的二氧化碳当量值，通常采用联合国政府间气候变化专家委员会（IPCC）提供的值，目前这套因子被全球范围广泛适用。

产品碳足迹计算只包含一个完整生命周期评估（LCA）的温室气体的部分。基于LCA的评价方法，国际上已建立起多种碳足迹评估指南和要求，用于产品碳足迹认证，目前广泛使用的碳足迹评估标准有三种：①《PAS2050：2011商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范》，此标准是由英国标准协会（BSI）与碳信托公司（Carbon Trust）、英国食品和乡村事务部（Defra）联合发布，是国际上最早的、具有具体计算方法的标准，也是目前使用较多的产品碳足

迹评价标准；②《温室气体核算体系：产品生命周期核算与报告标准》，此标准是由世界资源研究所(World Resources Institute, 简称WRI)和世界可持续发展工商理事会(World Business Council for Sustainable Development, 简称WBCSD)发布的产品和供应链标准；③《ISO/TS 14067: 2013 温室气体——产品碳足迹——量化和信息交流的要求与指南》，此标准以PAS 2050为种子文件，由国际标准化组织(ISO)编制发布。产品碳足迹核算标准的出现目的是建立一个一致的、国际间认可的评估产品碳足迹的方法。

2. 目标与范围定义

2.1 中晶科技及其产品介绍

公司成立于2015年6月，是一家主要从事蓝宝石图形化衬底(简称PSS)产品研发、生产和销售的国有独资企业。公司实缴注册资本为人民币20000万元。。经过了近8年的深耕，目前公司拥有年产4inch单量240万片PSS的生产能力，是省内唯一一家对外销售PSS的生产厂商，国内排名前三。PSS属于LED产业链的关键原材料，对生产条件有较高的要求，公司拥有3000平方左右的洁净厂房，其中百级车间2000平方左右，还拥有整套专业生产设备以及配套厂务系统，目前公司主要生产设备90%以上来自日本、韩国、美国、台湾等国际最先进的PSS专业生产设备，包括Nikon stepper光刻机17台、ICP刻蚀机32腔等，同时，为保证公司后期发展的可持续性，还引进了先进的纳米压印设备和SiO₂薄膜沉积设备PECVD。

公司拥有专业的管理及技术团队，职工总数109人，其中，研发人员34人，占比30%以上，技术团队主要由国家“千人计划”人才、福建

省高层次创新创业人才，以及来自国内知名同行企业技术精英组成。公司还设立了厦门大学研究生工作站、厦门大学教学实习实践基地、华侨大学研究生工作站、开放式创新创业平台，全面开启“产、学、研”一体化道路。

截至目前，公司已取得有效的核心专利授权达47项，其中发明专利16项，实用新型专利31项；共发表论文5篇，其中EI论文3篇，体现了公司拥有扎实雄厚的研发实力。资质荣誉方面，公司接连被评为国家级高新技术企业、国家级专精特新“小巨人”企业、福建省科技小巨人企业、福建专精特新中小企业、福建省企业技术中心、福建省循环经济示范企业、龙岩市企业技术中心、龙岩市新材料新能源科技企业、龙岩市军民两用重点企业、福建省绿色工厂等，公司还顺利通过了ISO9001：2015质量管理体系、ISO14001：2015环境管理体系、ISO45001：2018职业健康安全管理体系、GB/T23001-2017两化融合管理体系认证。

公司产品主要销往国内一线城市，下游客户均是专业从事高亮度发光二极管（LED）外延片、芯片的研发和生产的大型国有企业及上市公司。主要客户包括聚灿光电科技有限公司（上市公司）、福建兆元光电有限公司（国有企业）、厦门乾照光电股份有限公司（上市公司）、华灿光电股份有限公司（上市公司）等。另外，公司还与福建兆元光电有限公司签订了战略合作协议，为后期双方更深入的合作奠定了基础。客户的肯定不仅证明了他们对公司产品品质的认可，而且说明了公司的市场竞争力处于行业领先地位，在市场中有显著的竞争能力。

近三年公司开始着力研发SiO₂/Al₂O₃复合衬底，该衬底具有高产



能、高亮度、高外延适配性等特点，亮度相较于传统衬底提高1-3%，售价也较传统PSS高出10%以上。在工艺流程上，二氧化硅复合衬底较传统衬底只增加了一道二氧化硅薄膜沉积工序，但ICP刻蚀效率明显提高，单片综合成本下降1.3元，月产量由现有的12万片增加到18.5万片，产能提高50%以上，能有效解决我司现有的产能瓶颈问题，提高现有黄光等区域的设备利用率、摊平成本，具有更好的市场前景和经济效益。目前国内仅有少数几家厂商研发出了该种衬底，公司具有较高的市场竞争力。

2.2 研究目的

本研究的目的是核算生产的4英寸图形化蓝宝石衬底全生命周期过程的碳足迹，为碳足迹认证提供详细信息和数据支持。

碳足迹核算是中晶科技实现低碳、绿色发展的基础和关键，披露产品的碳足迹是中晶科技环境保护工作和社会责任的一部分，也是迈向国际市场的重要一步。本项目的研究结果将为中晶科技与4英寸图形化蓝宝石衬底的采购商和第三方的有效沟通提供良好的途径，对促进产品全供应链的温室气体减排具有积极作用。

本项目研究结果的潜在沟通对象包括两个群体：一是中晶科技内部管理人员及其他相关人员，二是企业外部利益相关方，如上游原材料供应商、下游采购商、地方政府和环境非政府组织等。

2.3 研究范围

根据本项目研究目的，按照 PAS 2050^[3]和 ISO 14067^[4]标准的要求。确定本研究的研究范围包括功能单位、系统边界、分配原则、取舍原则、影响评价方法和数据质量要求等。

2.4 功能单位

为方便系统中输入/输出的量化，功能单位被定义为生产 1 片 4 英寸图形化蓝宝石衬底产品。

2.5 系统边界

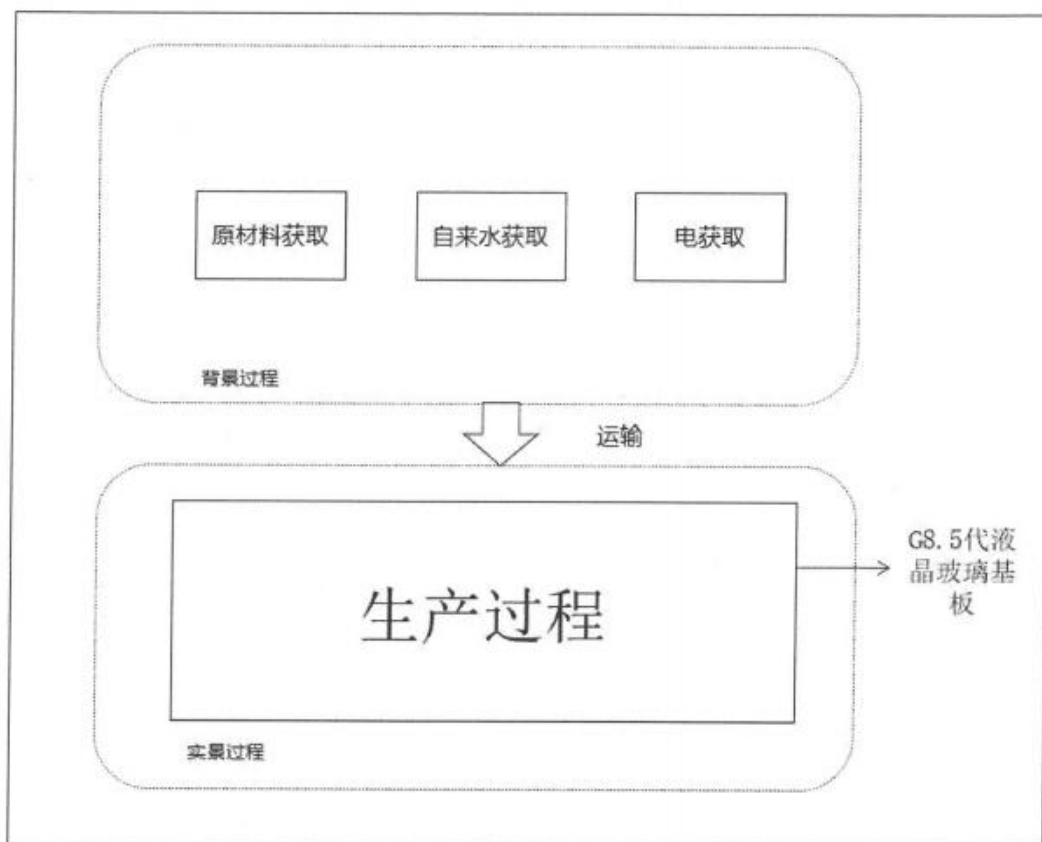


图 1.14英寸图形化蓝宝石衬底生产系统边界图

在这项研究中，产品的系统边界属“从摇篮到大门”的类型，为了实现上述功能单位，4英寸图形化蓝宝石衬底产品的系统边界见下表：

表 1.2包含和未包含在系统边界内的生产过程

包含的过程	未包含的过程
✓ 4英寸图形化蓝宝石衬底生产的生命周期过程包括：原辅料获取→生产	✓ 资本设备的生产及维修
	✓ 产品的运输、销售和使用

✓ 中国的电力的生产	✓ 产品回收、处置和废弃阶段
✓ 其他辅料的生产	✓ 产品包装
✓ 原辅材料的运输	

2.6 分配原则

由于在本系统边界下，4英寸图形化蓝宝石衬底产品生产过程不产生副产品，因此不涉及分配。

2.7 取舍准则

本研究采用的取舍准则为：

- 各生产单元过程物料与产品的重量比小于 1%，且上游数据不可得的物料被忽略
- 各生产单元过程物料与产品的重量比小于 1%，且上游数据可得的物料不被忽略
- 各生产单元过程物料与产品的重量比大于 1%，且上游数据不可得的物料采用按化学成分近似替代

本报告所有原辅料和能源等消耗都关联了上游数据，部分消耗的上游数据采用近似替代的方式处理，因此无忽略的物料。

2.8 影响类型和评价方法

基于研究目标的定义，本研究只选择了全球变暖这一种影响类型，并对产品生命周期的全球变暖潜值（GWP）进行了分析，因为 GWP 是用来量化产品碳足迹的环境影响指标。

研究过程中统计了各种温室气体，包括二氧化碳（CO₂），甲烷（CH₄），氧化亚氮（N₂O），四氟化碳（CF₄），六氟乙烷（C₂F₆），六氟化硫（SF₆），氢氟碳化物（HFC）和哈龙等。并且采用了 IPCC 第四次评估报告(2007 年)提出的方法来计算产品生产周

期的 GWP 值。该方法基于 100 年时间范围内其他温室气体与二氧化碳相比得到的相对辐射影响值，即特征化因子，此因子用来将其他温室气体的排放量转化为CO₂ 当量 (CO₂e)。例如，1kg 甲烷在 100 年内对全球变暖的影响相当于 25kg 二氧化碳排放对全球变暖的影响，因此以二氧化碳当量 (CO₂e) 为基础，甲烷的特征化因子就是 25kg CO₂e^[6]。

2.9 软件和数据库

本研究采用 eFootprint 软件系统，建立了 4 英寸图形化蓝宝石衬底产品生命周期模型，并计算得到 LCA 结果。eFootprint 软件系统是由亿科环境科技有限公司研发的在线 LCA 分析软件，支持全生命周期过程分析，并内置了中国生命周期基础数据库 (CLCD)、欧盟 ELCD 数据库和瑞士的 Ecoinvent 数据库。

研究过程中用到的数据库，包括 CLCD 和 Ecoinvent 数据库，数据库中生产和处置过程数据都是“从摇篮到大门”的汇总数据，分别介绍如下：

中国生命周期基础数据库 (CLCD) 由成都亿科环境科技有限公司开发，是一个基于中国基础工业系统生命周期核心模型的行业平均数据库。CLCD 数据库包括国内主要能源、交通运输和基础原材料的清单数据集，其中电力 (包括火力发电和水力发电以及混合电力传输) 和公路运输被本研究所采用。2009 年，CLCD 数据库研究被联合国环境规划署 (UNEP) 和联合环境毒理学与化学协会 (SETAC) 授予生命周期研究奖。

Ecoinvent 数据库由瑞士生命周期研究中心开发，数据主要来源于瑞士和西欧国家，该数据库包含约 4000 条的产品和服务的数据集，涉及能源，运输，建材，电子，化工，纸浆和纸张，废物处理和农业

活动等。<http://www.Ecoinvent.org>

2.10 数据质量要求

为满足数据质量要求，在本研究中主要考虑了以下几个方面：

- 数据准确性：实景数据的可靠程度
- 数据代表性：生产商、技术、地域以及时间上的代表性，代表企业2023年生产水平
- 模型一致性：采用的方法和系统边界一致性的程度

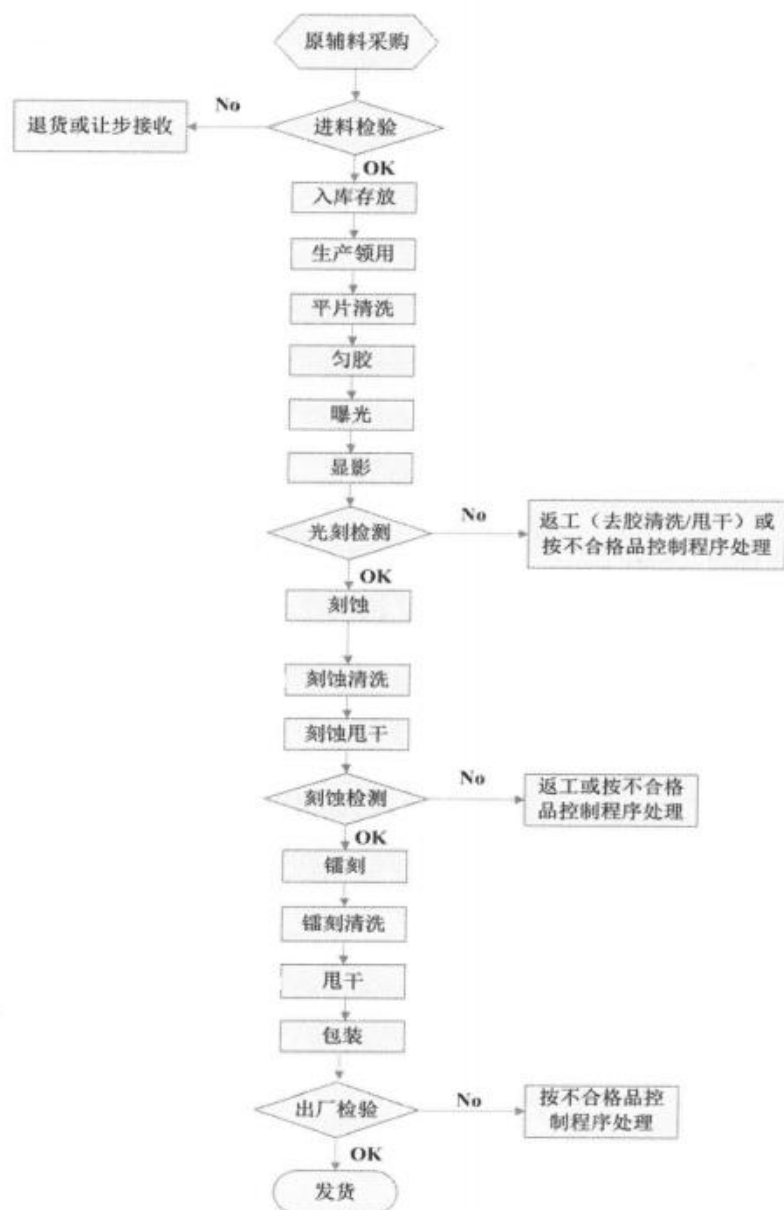
为了满足上述要求，并确保计算结果的可靠性，在研究过程中首先选择来自生产商和供应商直接提供的初级数据，其中企业提供的经验数据取平均值，本研究在 2024年 5 月进行企业现场数据的调查、收集和整理工作。当初级数据不可得时，尽量选择代表区域平均和特定技术条件下的次级数据，次级数据大部分选择来自 CLCD 数据库和 Ecoinvent 数据库；当目前数据库中没有完全一致的次级数据时，采用近似替代的方式选择CLCD 数据库和 Ecoinvent 数据库中数据。数据库的数据是经严格审查，并广泛应用于国际上的 LCA 研究。各个数据集和数据质量将在第 4 章对每个过程介绍时详细说明。

现场过程温室气体的直接排放量为次级数据，全由标准或文献中的公式计算得到。

3. 生产过程描述

3.1 生产过程

中晶 PSS 生产工艺流程图



有限公司

生产数据清单见下表：

表 3.1 生产工序数据清单

类型	清单	用途	单耗	单位	排放因子来源
产品	4英寸图形化蓝宝石衬底	主产品	1	片	\
消耗	电力	能源	8.975	kWh	CLCD
	六氟乙烷 (C2F6)	原料	0.106	g	CLCD
	洗垢剂	原料	0.465	g	CLCD

3.2 能源获取排放因子

生产用电来源于电网，因此电力使用类型为华东电力，电力获取数据来源于 CLCD 数据库。通过 eFootprint 计算获取 1kwh 电力排放 5.563E-001kgCO₂e。

4. 结果分析与讨论

将清单数据用 eFootprint 计算得到生产 1片 4英寸图形化蓝宝石衬底产品的碳足迹为 5.76kg CO₂e。

5. 结论

通过以上分析可知，中晶科技生产 1 片 4英寸图形化蓝宝石衬底产品碳足迹为 5.76kg CO₂e/片。4英寸图形化蓝宝石衬底产品生产生命周期过程中，电的消耗对其 GWP 贡献最大。为减小产品碳足迹，建议如下：

- 对生产过程中电的消耗进行控制，开展节能技改工作，提高能源利用率。
- 对上游原材料的生产工艺进行确认，提高背景数据库选择的准确性；

-
- 对上游原材料生产过程进行现场调研，并计算不同企业产品碳足迹，选择原材料生产工艺更低碳的企业作为供应商，建立企业自身的绿色供应链。

References:

[1].BSI, The Guide to PAS 2050: 2011, How to carbon footprint your products, identify hotspots and reduce emissions in your supply chain.

[2].Product Carbon Footprint Memorandum, Position statement on measurement and communication of the product carbon footprint for international standardization and harmonization purposes, Berlin, December 2009.

[3].PAS 2050: 2011-Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services[J]. Department for Environment, Food and Rural Affairs, & British Standards Institution: United Kingdom, 2011: 2-12.

[4].ISO/TS 14067: 2013, Greenhouse Gases—Carbon Footprint of Products—Requirements and Guidelines for Quantification and Communication[J]. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2013.

[5].IPCC 2007: the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

