

“太赫兹”变身高端智造“守门员”

崂山区发力太赫兹赛道 精准把脉锂电池制造加速迈向产业化前沿

太赫兹波作为在电磁波谱上那片最后被发现的空白地带,这项曾深藏于论文与实验室的“未来产业”,正在崂山区的创新热土上加速走向产业化前沿,锻造成为中国智造打破垄断、透视万物的核心竞争力。

在青岛青源峰达太赫兹科技有限公司的实验室里,工程师正屏息操作。一束看不见的大赫兹波扫过一片复合材料,屏幕上的波形图随之微妙跃动——材料内部一处微米级的微小分层缺陷,被清晰地捕捉并呈现。曾几何时,完成这样一次精密检测,太赫兹源与探测器作为其核心还完全依赖从国外进口。青源峰达已实现了全产业链核心技术的自主可控,昔日的行业瓶颈正在转化为引领创新的起点,太赫兹变身成为高端智造的“守门员”。

电磁波谱的“最后一块拼图”

太赫兹波,这个对公众略显陌生的名词,实则是人类认识物质世界的最后一块电磁波拼图。它指的是频率在0.1到10太赫兹(THz)之间的电磁波,恰好位于微波与红外线之间。由于开发技术难度极高,它长期是电磁波谱中最后一段没有被充分开发的“未知地”,也因此成为连接电子学与光子学的天然桥梁。

理解太赫兹,需要进入一个极致的微观时间尺度。光速每秒约30万公里,可绕地球七圈半。但当时间被压缩至1飞秒,光仅能前行0.3微米,约等于一个细菌的长度。而太赫兹波对应的周期单位是皮秒,在1皮秒的时间里,光可行进300微米,即两三根头发丝的直径。0.1至10太赫兹的频率,对应的正是10皮秒到0.1皮秒的周期。

产生这种神奇波段的核心钥匙,是飞秒激光器。其原理在于利用持续时间极短(飞秒级)的超快激光脉冲,去激发或调控物质,通过光学整流、光致电离等非线性光学效应,像一位高效的“频率转换器”,将高频的光能量转化为频率低得多的太赫兹电磁波辐射。这一关键技术,曾是横亘在中国太赫兹产业化道路上的首要瓶颈。

独特的时空属性,赋予了太赫兹波无可替代的禀赋。太赫兹波具有透视性,它能穿透塑料、陶瓷、半导体、涂层等绝大多数非金属材料,实现真正意义上的无损内部成像。太赫兹波具指纹性,许多分子,尤其是生物大分子的振动频谱恰好落在太赫兹波段,使不同物质会产生独一无二的吸收或反射“指纹”光谱,为精准物质识别提供了可能。太赫兹波具安全性,其能量极低,仅为X射线的百万分之一,不会破坏生物组织。

从“一对一对进口”到全链自主创新

“以前,核心的太赫兹器件我们只能从国外买,一对一对地进口,一个发射,一个接收。”青源峰达工程师徐焱的回忆道出了产业初期的困境。2019年,青源峰达成立之时,面临的是飞秒激光器和太赫兹源(天线)两大核心“引擎”完全受制于人的严峻现实。

采购周期漫长、成本高昂仅是表面问题,更深层的“卡脖子”风险。面对困难,青源峰达选择了最艰难却最根本的路径:从核心器件攻坚,实现全产业链自主可控。徐焱将这个过程中形容为“从0到1”的破壁之旅。团队埋头于浩



徐焱在工作中。



光纤耦合光导天线应用于光纤式太赫兹时域光谱和成像系统。

繁的学术论文、工艺文档之中,每年锁定1-2个核心器件目标,逐一攻克飞秒激光器、太赫兹源、探测器、光纤延迟线等堡垒。

一个个创新器件打破垄断,塑造了国内太赫兹产业链的起点。突破带来立竿见影的效益。“自研成功后,器件成本直降四分之三。”徐焱说。但比成本更重要的是,中国太赫兹产业的安全与主动权被牢牢握在了自己手中。这不仅是一次技术突破,更完成了一个完整产业生态的奠基。青源峰达构建起了从硬件(可调偏压源、太赫兹天线、飞秒激光器)到软件(光谱处理、成像、三维重构算法)的完整专利技术体系。

为将创新成果加速转化为生产力,青源峰达在崂山积极布局产业化基地。青源峰达人工智能精密仪器产业园已经破土动工,旨在打造集核心器件研发、整机制造、应用示范和标准制定于一体的产业高地。这里不仅是生产线,更是未来百亿级太赫兹产业集群孵化的起点。预计到2030年,以该产业园为核心,将吸引上下游企业集聚,形成一个规模达百亿,覆盖材料、器件、装备、应用的产业集聚区。

当“无损之眼”照进千行百业

掌握核心技术后,太赫兹这只“无

损之眼”的光芒,开始照进千行百业。徐焱表示:“但凡工业领域有非金属表层或内部的检测需求,太赫兹几乎都能找到用武之地。”

太赫兹是高端智造的“守门员”。在锂电池制造中,它精准测量极片涂层厚度,透视内部缺陷,将安全隐患挡在出厂之前。在航空航天领域,它无感检测发动机涡轮叶片的热障涂层、复合材料内部的分层与孔隙,比需要耦合剂的传统超声检测更便捷、更全面。

在生物医疗领域,太赫兹展现出独特温度。针对干眼症这一普遍却难以定量诊断的病症,青源峰达开发的设备能无感、无创地扫描眼球,通过分析反射光谱精确量化角膜含水量,实现了诊断从“模糊形容”到“精确数值”的跨越。

在文物保护方面,太赫兹波能非接触地探测古字画背后的空鼓、字画叠压的层次、文物内部的隐秘修补痕迹。而且在建立起数据库的情况下,还能对文物断代提供检测支撑,为历史文物保护提供前所未有的科技护航。

在公共安全方面,青源峰达构建起40个种类的危险品数据库,根据不同条件、不同浓度、不同包装等具体几十万数据建立起分析模型,能在瞬间识别隐匿的危险物质。还有在中药材方

面,通过建立道地药材的光谱数据库,它可对黄芪、丹参等药材进行真伪鉴别与年份区分,从源头保障药效与质量等。

“太赫兹+”扩展更多应用场景

太赫兹技术已从实验室的精密仪器,演进为能适应复杂工业环境的强大工具,其发展被广泛认为是改变未来世界的十大关键技术之一。青源峰达的成长历程,正是这项技术从原理突破走向广阔工业场景的生动注脚。

当前,青源峰达在市场上备受青睐的自动随行无损检测系统代表了技术集成的高点。它通过对物体进行逐点扫描,合成三维数据体,实现了从外部形态到内部结构的“图谱合一”全景式诊断。AI在太赫兹物质检测中发挥着关键作用:它能智能分析信号,提升对涂层、材料界面缺陷的定位精度;优化检测设备,保障测量可靠性;并深度解析数据,例如识别危险品光谱指纹或提升成像质量,最终实现更快速、精准的自动化检测。无论是科研中对超材料物理特性的精确分析,还是工业上对复合材料内部缺陷的无损探索,这套系统都展现出不可替代的价值。

展望未来,被徐焱认为产业趋势可概括为“太赫兹+”的融合,比如“太赫兹+具身智能”。太赫兹产业在发展方向上结合更多的技术,来扩展更多应用场景。与此同时,太赫兹器件在真实工业场景要链接各种各样的设备,这就需要太赫兹核心部件更加稳定,这也是太赫兹设备研发方向之一。

太赫兹产业的蓬勃发展,深深植根于区域的创新沃土。青岛正全力建设的科创大走廊,汇聚了高校、科研院所与高新技术企业,形成了一条充满活力的创新生态带。作为前沿科技的代表,太赫兹技术在这一创新框架下,正致力于打造青岛未来产业的特色名片。从产业体系的前瞻布局、区域协同的创新联动,到企业的技术攻坚与成果转化,各方力量共同推动着太赫兹产业生态的成熟与壮大,迈向更加广阔的发展前景。

本版撰稿摄影 青岛晚报/观海新闻/掌上青岛记者 陈小川