

原子吸收分光光度计仪器及其应用的最新进展

李昌厚*

(中国科学院上海生物工程研究中心, 上海 200233)

摘要 本文综述了原子吸收分光光度计(AAS)仪器的最新进展;介绍了AAS应用的发展历史及其最新进展。可供广大仪器分析和分析仪器领域的科技工作者参考。

关键词 原子吸收分光光度计, 仪器, 应用, 进展

随着科学技术的发展,特别是材料科学、生命科学、空间技术的大发展,不透明物质的分析越来越多,所以原子吸收分光光度计仪器的应用越来越广泛;许多食品、药品、自然环境中的重金属微量元素能引起致癌,对人类生活、生存、发展的威胁越来越大;而这些重金属微量元素的分析,也是主要依靠AAS。所以,AAS仪器的应用越来越广。因此,AAS仪器及应用的发展非常值得广大科技工作者重视。

1 AAS仪器的最新进展^[1]

1.1 石墨炉横向加热技术是全世界科学家最新的重要科技攻关成果之一

世界上第一台成熟的横向加热石墨炉AAS商品仪器,是美国的PE公司于1990年推出的,它是全世界科学家重要的攻关成果,目前日趋成熟,世界上已有5家公司(PE、Jena、Aurora、普析通用、GBC)能生产横向加热石墨炉AAS。横向加热石墨炉具有纵向加热石墨炉无可比拟的八大优点:

①对复杂基体的真实样品的痕量和超痕量分析特别适合(抗干扰性好);

②横向加热石墨管,使得沿光束方向的石墨管温度严格均匀一致;

③可显著地降低基体效应和消除记忆效应;

④可消除常见的峰拖尾;

⑤可避免纵向加热石墨管引起的灵敏度损失;

⑥达到同样原子化效率所需温度低;

⑦可降低对炉体的要求,延长其寿命(因为温度低);

⑧温度梯度小(横向中心和两端温度差150℃;纵向差500℃)。

横向加热石墨炉的八大优点中,最关键的是石墨管内温度均匀。

横向加热石墨炉与纵向加热石墨炉的比较如图1所示。

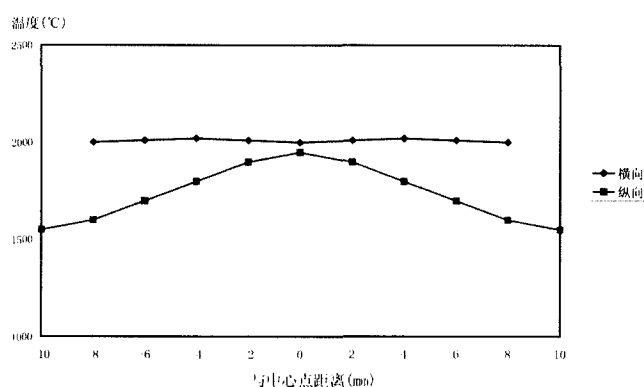


图1 横向、纵向石墨管温度分布比较曲线

由图1可知:横向加热石墨炉石墨管中心的温度与两端差得很少,管内的温度均匀。因此,横向加热石墨炉石墨管中的原子化效率均匀,原子浓度均匀;而纵向加热石墨炉石墨管中心的温度与两端差得很多,可达5000℃。因此,纵向加热石墨炉石墨管中的原子化效率不均匀,原子浓度不均匀。所以,横向加热石墨炉具有上述八大优点,特别是稳定性(RSD)好。

综上所述,横向加热石墨炉是最先进的技术,是纵向加热石墨炉发展的必然趋势。

1.2 AAS在自动化程度方面的发展令人赏心悦目

世界上第一台成熟的AAS商品仪器,是美国的PE公司1961年推出的。从六十年代初期开始,国外生产的AAS,就开始采用计算机技术,到了六十年代末期或七十年代初期,国外的AAS普遍采用计算机。目前,国外生产的AAS的自动化程度都很高,已经发展到了令人赏心悦目的程度;目前,欧美等发达国家生产的AAS中,很多仪器面板上只有一个电源开关,其余的全部操作、数据处理等都通过计算机来

完成。我国目前的 AAS 中,除 TAS - 986/990 面板上只有一个电源开关,其余操作、数据处理等都全部用计算机来完成外,还较少见自动化程度非常高的仪器。

1.3 进样技术发展速度惊人^[2]

AAS 属于相对测量的仪器,因此,对重复性要求很高,特别是石墨炉 AAS,更是如此,这就对进样技术提出了高要求;目前国外很多仪器都是采用自动进样器,如 PE、Varian 等公司。但是,我国带自动进样器的石墨炉仪器不多,除北京瑞利公司、北京普析通用公司、北京东西电子公司等少数几家的 AAS 有石墨炉自动进样器外,其余大部分都没有,这是特别需要加快步伐迎头赶上的。

1.4 扣背景技术发展令人眼花缭乱^[4]

近几年,在 AAS 扣背景技术方面,已出现可变磁场塞曼扣背景的仪器,如:

德国 Jena 公司的 AAS Zeenit 60 型 AAS,就是采用三磁场塞曼扣背景的仪器,因为不同的元素,需要不同的磁场强度才能产生塞曼裂变,所以,三磁场塞曼扣背景的 AAS,是具有创新特色的仪器。它的优点有:可调节分析灵敏度;可扩展固体分析的分析范围;不需换到次灵敏线测试;不需停气测试;不需稀释样品等等。

目前,美国 Varian 公司的 AA280、AA240SF; PE 公司的 AA800 等是全世界成熟商品 AAS 仪器中最高级的仪器;不管是从性能技术指标,还是从功能技术指标来讲,都属于世界之最。

1.5 新型的连续光源 AAS 仪器问世^[2]

常规的 AAS 大多采用能够发射元素分析谱线的空心阴极灯做光源,因此称为线光源 AAS。但是,线光源 AAS 不能对多个元素同时进行分析检测,并且,因为无法提供分析谱线的轮廓信息以及其侧翼的光谱背景信息,同时背景都较大,因此,线光源 AAS 必须配置专门的背景校正器。这些缺陷都限制了原子吸收光谱的应用范围。近几年来,随着高光谱分辨能力的中阶梯光栅光谱仪技术和具有多通道检测能力的半导体图像传感器技术的日趋成熟,使用连续光源做原子吸收分光光度计(CS-AAS)的光源已经成为可能;并且它有可能成为未来 AAS 仪器的发展方向。

德国 Jena 公司最近刚推出的 CS - AAS (ContrAA),是对 AAS 的重大突破,是 AAS 的最新进展之一;常规的传统线光源原子吸收分光光

度计(LS-AAS),一个灯只能作一个元素。而 CS-AAS,采用交叉色散系统和 CMOS 图像传感器的形式,不需要移动光路中的任何部件,可以同时检测从 As193.76nm 到 Cs852.11nm 之间的多条任意分析谱线,具有同时多元素定量/定性分析能力。定量分析能力(检出限和精密度)达到或超过线光源 AAS 的水平,从而使 AAS 仪器发展到一个新的水平。德国耶拿公司的 ContrAA 连续光源原子吸收分光光度计(CS-AAS)对部分元素检出限与锐线光源原子吸收分光光度计(LS-AAS)检出限的对比见表 1。

表 1 CS-AAS 与 LS-AAS 的检出限对比^[3]

元素	波长 (nm)	LS AAS* D.L. (μg/L)	CS AAS D.L. (μg/L)	SDCS AAS Blank	因子 改进
Cd	228,802	1.2	0.4	0.000089	3
Cu	324,754	3.0	0.4	0.000042	8
Cr	357,869	5.0	0.9	0.000031	6
Fe	248,327	4.0	0.9	0.000052	4
Ni	232,003	4.0	1.2	0.000162	3
Pb	216,999	13	5.0	0.000123	3
Tl	276,791	55	18	0.000065	3
Zn	213,856	1.4	0.7	0.000270	2

表 1 中: D.L. - 检测限; SD - 标准偏差; Blank - 空白。

ContrAA 采用高聚焦短弧氙灯作为连续光源,该高聚焦短弧氙灯是一个气体放电光源,灯内充有高压氙气,在高频高压电压的激发下形成弧光放电,辐射出从紫外到近红外的强连续光谱。能量比一般氙灯大许多,电极距离 < 1mm,发光点只有 200 μm,发光点温度 10000KT。这样的设计,使仪器提供的光谱信息非常丰富,改善了分析结果准确性和测量精度。多元素顺序测定时,可测量元素周期表中 60 余个金属元素,并可以测量放射性元素,为研究原子光谱的机理提供了分析手段。

过去,连续光源一直难以在原子吸收光谱仪上得到应用,主要原因在于连续光源须在每一个分析波长处与空心阴极灯有同样的光辐射强度和稳定性,这一技术对于仪器的分光系统和检测系统有着极高的要求。原子吸收谱线的宽度约为 0.00Xnm,耶拿公司的 ContrAA 采用了石英棱镜高分辨率的大面积中阶梯光栅组成双单色器,解决了 0.003nm 带宽的问题,使连续光源在近似单色光的条件下测量原子吸收。高灵敏度 CCD 线阵检测器的使用增加了量子效率,光学分辨率达到 2pm,在

扩大线性动态范围的同时,降低噪声,提高灵敏度,使检出限优于普通原子吸收光谱仪。对快速多元素分析,分析速度已达到或超过 ICP;从可获得的分析信息量的角度而言,ContrAA 基本上可以与 ICP 媲美了。

连续光源、中阶梯光栅、CCD 检测器的结合,同时检测分析信号和背景信号,使样品光束和参考光束的测量同时获得,没有时间差异,具有实时双光束的功能,且能显示光谱通带内的光谱干扰信息,这些特点是 ContrAA 成为能精确地校正背景和观察研究谱线干扰的理想仪器的关键。

连续光源 AAS 的革命性突破点是:

1、采用 300W 高聚焦短弧氙灯作连续光源,波长覆盖了原子吸收全部波长范围。分析结果准确、测量精度高。

2、突破了中阶梯光栅的应用技术,解决了仪器的窄光谱带宽问题。

3、成功的解决了高灵敏度 CCD 检测器的应用技术难关,与中阶梯光栅结合,使分辨率达到 0.002nm。

4、具有优异的背景校正功能:分析时,同时把所有背景的信息都记录,可以事后将各种背景都扣除干净。传统原子吸收仪器上的氙灯背景装置,各种 Zeeman 效应的背景装置、S.H 法背景装置都不需要了。

目前,尽管 CS - AAS 对光源、中阶梯光栅、CCD 接收器等多方面都要求很高,整机制造的技术难度也很大,在产业化和性价比等方面,还有许多问题需要进一步深入研究。但是,它肯定无疑是 AAS 仪器发展史上的一个里程碑,是一个革命性的突破,将为 AAS 的应用开辟一个广阔的新空间。

近几年,美国瓦里安推出 AA-240FS 快速序列式 AAS,是好仪器;比传统的 AAS 省 40% 的样品消耗、50% 的时间消耗;2 分钟可测定 10 种元素。同时,瓦里安推出最新的 AA280,它有两套革命性系统:八灯快速序列式分析模式和塞曼模式,分析速度提高 50%;采用气体最小化技术,使气体消耗量减少 40%;石墨管寿命延长两倍;Cu 可达 5000 次;石 - 自动进样器可处理 135 份样品。

2004 ~ 2006 年,北京普析通用推出 TAS - 990、MB5、MG2 等 AAS。TAS - 990 为横向加热的 AAS;MB5 只需一滴血,3 秒钟同时测出 Cu、Zn、Ca、Mg、Fe 5 个元素;MG2 只需一滴血,一分半

钟同时测出 Cd、Pb 两个元素了;它们是妇幼保健、医学检验必备的先进仪器,现在都已经上市。

Varian 近几年的 SpectrAA-duo 也是较好之一;火焰、石墨炉作在一起,各具有独立的光学和检测系统,由一台工作站全自动控制,可实现火焰、石墨炉的分析同时进行,可节省时间 50%。

近几年,岛津推出 6300、PE 推出 AA400 等新型 AAS。

双光束 AAS 也有人重视:早期的 AAS 仪器都是单光束。随着科学技术的发展,AAS 仪器也在不断发展,目前,已出现了双光束 AAS,如德国 Jena 公司的 AAS Zeenit 60 型 AAS 就是。我国也有企业研发双光束 AAS,如上海精密科学仪器公司的 AA300 等。

我国目前的 AAS 仪器发展很快,已有重大突破。但是,我们还应看到我国在高档 AAS 方面与国外差距很大^[5];特别在主要的、关键的功能、性能技术指标上,差距更加明显;如可靠性、软件、附件、工艺等等。我们必须看到这些差距,只有看到了差距,才有赶超国际先进水平的动力,才有赶超国际上 AAS 的先进水平的可能。在中、低档 AAS 方面,我国与国外的差距已经很小,特别是在火焰方面,差距更小;我国自己生产的火焰 AAS,基本上都能满足使用要求。我国的中档 AAS,有些技术指标还能优于国外同类产品;如:北京普析通用公司的 TAS - 986/990、上海精科公司的 4501、北京瑞利公司的 200/210 等 AAS 就是。特别是 TAS - 986/990,采用横向加热石墨炉技术,全世界只有 5 家公司^[1]能生产横向加热石墨炉 AAS,而我国也能生产此类仪器。

2 AAS 应用的最新进展

2.1 AAS 应用的发展简况

自从 1898 年, Tyndal 发现 NaCl 放在火焰上,能在太阳光下产生 589.0nm 和 589.6nm 位置上的暗线以后,1939 年 Woodson 用汞蒸气灯发出的 253.7nm 这条特征线测定了空气中的汞,这些都可以说是 AAS 应用的前期实验工作。1953 年,澳大利亚物理学家 A. Walsh 首先提出了将原子吸收光谱应用于化学分析的观点,从理论上进一步探讨了 AAS 的优越性。阐述了火焰原子吸收分光光度法的物理基础、吸光度与试样中被测元素浓度具有线性关系和方法的通用性等。随后,荷兰的 J.T.J. Alkemade 也报道了火焰法

做原子吸收分光分析实验的工作。从此, AAS开始了真正的应用。

AAS的具体应用发展简介如下:

- ① 已由无机化学向有机化学过渡;
- ② 生命科学研究中的“坐上宾”;
- ③ 医疗、卫生领域非常重视 AAS;

医疗、卫生领域特别是疾控中心, 卫生防疫站系统, 都已广泛使用 AAS; 在这些领域中, 科技工作者早已将 AAS 用于人体组织和体液中的主量元素 (Na、K、Ca、Mg)、必需的微量元素 (Fe、Cu、Zn、Mn、Cr、Se、Co、Mo、V)、医疗用非必需元素 (Al、Au、Bi、Ja、Li、Po) 和非必需及有毒微量元素 (Pb、Cd、Ag、As、Ti、Hg) 的分析。特别是对血液、头发、尿液和人体组织中的某些微量元素 (Se、Ge、As、Hg、Pb) 的分析, 也普遍采用 AAS。

④ 药检工作中的应用

国际上许多药物的分析测试, 质量检验都用 AAS; 如: 我国 2005 年版的药典 (一部为中药、二部为西药、三部为生物制品) 规定: 各类药品中, 共有 27 个品种 12 个元素要求用 AAS 分析检测; 其中: 药典一部规定, 有 6 个品种 5 个元素 (Pb、Cd、Hg、As、Cu) 要用 AAS 进行质量控制和分析检测; 药典二部规定, 西药中有 17 个品种继续用 AAS 进行质量控制和分析检测; 药典三部规定, 生物制品中有四个品种 3 个元素 (K、Na、Al) 要用 AAS 进行质量控制和分析检测。

未写进药典的、但用 AAS 检测的样品也很多; 如: 腹腔透析液中的钾 K、Na、Ca、Mg, 复合维生素中的 Cu、Co、Fe、Mn, 盘尼西林中的钡 Ba, 灵芝中的 Cu 和 Mn, 阿胶中的 Hg, 六味地黄丸和牛黄解毒丸中的 Hg、As、Mo、Hg、Cu 等等, 都仍然要求用 AAS 分析检测。

另外, 我国的《保健食品管理法》规定, 饮料、固体饮料、胶囊保健品中的 As、Pb、Hg 等有毒有害的微量重金属元素的含量要求用 AAS 进行限量检测。还有《药用植物及其制剂绿色行业标准》规定, 对药用植物及其制剂中的 Hg、Pb、Cd、Cu、AS 也要求用 AAS 限量检测。

⑤ 农业环保中的应用: 粮食、种子、蔬菜、土壤、中草药、农药中的 As、Hg、Se、Sb 的检测, 早已普遍使用 AAS;

⑥ 商检、食品中的应用: 我国和世界上许多

国家, 都对化妆品、金属、肉类、鱼类、酒类、口服液、奶类、奶制品等中的 As、Hg、Se、Pb、Ge 等微量元素普遍采用 AAS 进行检测;

⑦ 冶金工业中的应用: 金属中的有害元素 (As、Bi、Pb、Sb、Sn 等) 检测;

⑧ 水质中的有害微量元素分析检测;

⑨ 环境监测中对有害微量元素分析检测;

⑩ 地质找矿普查、详查和异常评价中的应用。

2.2 AAS 应用的最新进展

国际上从事 AAS 应用的科技工作者普遍经常碰到的技术难题, 近几年来全世界科学家进行了攻关, 攻关的最新进展如下:

① 进样技术攻关的进展:

进样技术既是仪器方面的重要内容, 又是应用方面的重要内容。AAS 的各种新型进样器的涌现, 是一个很值得广大科技工作者重视的问题。因为, 样品消解, 是 AAS 分析工作的最重要内容之一, 特别是对难熔的样品, 更是一大分析难题。目前许多科学家和科技工作者, 正在花大力气对此展开攻关。近几年, 针对不能消解的样品分析难题, 科学家经过攻关, 已研发出固体进样器, 对很难消解或不能消解的固体样品, 采取不需要消解就直接固体进样的办法 (只适用于石墨炉 AAS)。这是一个革命性的突破, 它的主要优点是:

a、简便: 不需要化学前处理, 节省时间, 节省化学品的花费;

b、灵敏度高: 能达到 pg 级和 fg 级的检测水平;

c、直接分析真实样品: 无污染;

d、适用性强: 特别适合生物样品的痕量分析;

e、真正的微量分析方法: 10mg - 50mg 作一个样品;

f、自动化程度高: 除可手动外, 已出现全自动的固体进样器;

② 高温、难熔元素 (如钼、钒) 分析难题的攻关 (石墨炉横向加热、固体进样);

③ 线性范围窄的分析难题攻关 (三磁场);

④ 背景扣除的误差很难消除的难题攻关 (D2、可变磁场);

⑤ 如何快速建立分析方法的难题攻关 (最佳条件固化、推荐菜单);

⑥ 如何进行高浓度基体连续分析的难题攻关 (FIA、为微量样);

⑦ 如何提高分析速度的难题攻关 (FIA、快速

升温、全自动、固体进样)；

⑧ 复杂体系或复杂基体的样品分析难题攻关(石墨炉横向加热)；

⑨ 样品处理沾污难消除的难题攻关(石墨炉横向加热、固体进样、智能稀释)。

2.3 AAS应用的最新进展中特别值得注意的还有以下几个方面：

① 多种新技术、新方法不断涌现

目前，国外AAS的应用技术发展很快；特别是在电热原子吸收光谱法(ETAAS)，高分辨率-连续光源原子吸收光谱法源(HR-CSAAS)，持久性化学改进剂(一次注入，可以连续使用1000多次)，化学蒸气发生技术等新技术方面发展特别快，很值得重视。

② AAS在生物金属科学中的应用大发展

近年来，继基因组学与蛋白组学之后，金属组学和代谢组学的出现，正在成为光谱学家关注的重点；2001年，Williams^[5]提出“金属组”(Metallome)的概念，2004年Haraguchi提出“金属组学”(Metallomics)就是“生物金属科学”(Biometal science)的概念。而AAS是“生物金属科学”的最重要的、最新的分析手段之一。

③ AAS的应用面正在迅速扩大

在生命科学领域(生物酶、蛋白质)中应用正在大发展；一些含有金属元素的生物酶及重要蛋白质，在生物体内起到十分的作用(见表2)。

表2 典型的含金属的酶和含金属的蛋白质及其生物学功能^[5]

含金属的酶(MW/kDa)	金属原子数	生物学功能
铁传递蛋白	2Fe	传递铁
铁朊	1Fe	贮存铁
过氧化氢酶	4Fe	分解过氧化氢
固氮酶	4Fe, 2Mo	固氮
细胞色素	1Fe	甾类和药物的代谢
碳酸酐酶	1Zn	H ₂ CO ₃ 平衡的催化剂
羧基肽酶	1Zn	在羧基端的肽键水解
醇脱氢酶	4 Zn	醇脱氢
碱性磷酸酯酶	3.5 Zn	磷脂酯水解
DNA聚合酶	2Zn	DNA合成
RNA聚合酶	2Zn	RNA合成
兰色素形成酶	1Cu	电子转移
谷胱肝肽过氧化氢酶	1Se	过氧化氢和有机超氧化物分解
尿素酶	10Ni	将尿转化为氨

一些重金属元素进入人体内后，与体内蛋白酶上的S-H和S-S，疏水键牢固结合，使蛋白质变性，

失去酶活性，使蛋白质高级结构改变或破坏，最可怕的是会使人的基因产生突变而致癌。而要搞清楚这些含有金属元素的生物酶及蛋白质的情况，AAS又是最重要的分析工具之一；目前，人工合成、动植物中提取的生命物质中是否有重金属元素，都采用AAS分析检测。

应用领域的扩大还表现在各国AAS分析标准上；如：我国生活饮用水卫生规范卫法监发[2001]161号文规定23种元素、食品卫生检验方法(理化)国家标准GB/T5009.1-2003规定9个元素、水和废水标准监测监测方法环保(第四版)规定16个元素、饲料工业标准汇编(标准出版社)规定13个元素、无公害农产品农业部行业标准规定6个元素、中华人民共和国地质矿产部部规程(DZG9301-DZG93-12)规定26个元素、农业部土壤分析技术规范1993规定18个元素都要求用AAS分析。

④ AAS的联用技术发展很快

联用技术的发展，是AAS仪器和应用最新进展的又一个体现。我国的方肇伦和美国的Welz早在80年代，就将AAS与流动注射(FIA)联用，都得到了满意的结果。2005年，我国在AAS和HPLC的联用方面，取得了重大突破。清华大学和北京普析通用公司，用AAS作为HPLC的检测器，把AAS和HPLC有机地结合起来，组成As形态分析仪，可以分析测试有机As(无毒)和无机As(剧毒)的含量，可以区分水中的3价As(剧毒)和5价As(无毒)的含量，在水质、食品、农业、疾控等领域有广阔的应用前景。AAS联用技术的发展，是目前国际上AAS仪器和应用方面的最新进展之一。目前，国外只有日本岛津公司有此技术，但他们是作为6800型AAS的附件来使用的，其原理是采用“冷阱捕集-还原气化”原理。我国北京普析通用公司采用“HPLC的高效柱分离”的原理，研发出了As-90型砷形态分析仪，于2005年8月通过了专家技术鉴定，并于2005年10月，获得BCEIA金奖；它是一种很好的专用砷形态分析仪之一，有广阔的应用前景。

总之，目前国内外的AAS的应用技术发展的深度、广度，都令人耳目一新。科学家们预计，今后原子吸收分光光度计应用的发展将会越来越快，近期AAS仪器和应用的发展速度将以几何级数增加。

主要参考文献

- [1] 李昌厚著，原子吸收分光光度计仪器及其应用，北京：科学出版社，2006，6

- [2] 邓勃 何华焜编著, 原子吸收光谱分析, 北京: 化学工业出版社, 2004, 7
- [3] 汪素萍, 连续光源原子吸收光谱仪 - 划时代的技术革命, 岩矿测试, 2005, 1: 1
- [4] 李昌厚, 再论中国分析仪器中的十大关系, 分析测试技术与仪器, 2004., (2): 1
- [5] 陶锐, 热电原子吸收光谱法的现状, 《四川疾病预防控制中心论文集》, 2005, P15

The Resent Development of Atomic Absorption Spectrophotometer and Its Application

Changhou Li

(Research Centre of Biotechnology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200233)

Abstract This paper gives a brief introduce to the recent development of Atomic absorption spectrophotometer and its application. Meanwhile, put forward Its importance.

Keywords Atomic absorption spectrophotometer, Instrument Application, Development

新闻动态

我国科学家为光谱仪“提速”6000倍

把传统光谱仪上的一面“镜子”变成10面,效率提高了6000倍。复旦大学研制的“二维 CCD 阵列探测器”光谱仪只需0.1秒,就能绘制出原来要花10分钟才能得到的光谱图。日前出版的国际《激光世界》和《光电子光谱》杂志,对该仪器进行了专题报道。

光谱仪是用来给光“拍照片”的基础科学仪器,能够对光波的能量、波长、带宽、线型等重要特征进行精细分析,在遥感、生物医学、国防、光电子功能材料等科研领域和产业界有着广泛和重要应用。但我国在这一高端科学仪器领域主要依赖进口。

目前,红外至紫外光谱区的主流光谱分析仪器是光栅扫描型光谱仪,其中“光栅”是“灵魂部件”,其外表类似镜面,作用好似“筛子”,能够将不同波长的光子分拣出来,反射到探测器上,再经过数据处理,从而实现光谱的测量和分析。传统光谱仪通常采用机械转动装置连续旋转光栅,光栅每转动一次,就“放行”一个波长的光。由于一束光包括多个波长,故光栅需要转动多次才能让光全部通过,比较费时。现在还有一种“一维 CCD 阵列探测器”光谱仪,虽然无需转动光栅便可对光谱进行测量,但每次测量仅能覆盖的光谱区范围有限。要想实现宽光谱测量,仍需要旋转光栅。

如何同时实现宽光谱测量与快速测量?“二维 CCD 阵列探测器”光谱仪就做到了,秘密在于它独特的光栅结构。由复旦大学信息科学与工程学院院长陈良尧领衔的课题组,经过仔细计算和试验,将10个光栅平行“捆绑”起来,成为“集成光栅”,犹如10面“镜子”各司其职,将不同波长的光子各自分拣出来,同时反射到探测器上。这位光的“捕手”能从根本上摆脱机械转动,在200至1000纳米的全光谱区获得高分辨率光谱图,效率也从原来的10分钟提高到0.1秒。

该研究成果已获国家发明专利。相关研究成果在国际知名光学期刊《光学快报》上发表后,受到国际同行高度评价,被认为是对光谱学研究的“原创性重要贡献”。

专家点评:

上海市计量测试技术研究院袁海林教授:二维 CCD 阵列探测器光谱仪是一项革命性设计,通过采用多光栅结构对成像光谱进行高密度折叠,在很宽的光谱区内实现高分辨率、快速和长时间可靠测量,将会成为现代光谱仪设计中的一个主流技术和发展趋势。