



原子唱起“空城计”

科学家利用最强X光将电子从原子上逐个剥离

文章来源：科技日报 张梦然

发布时间：2010-07-03

【字号：小 中 大】

没了电子的原子想必相当的孤寂。据北京时间7月2日出版的英国《自然》杂志所刊发报告称，位于美国斯坦福直线加速器中心（SLAC）国家加速器实验室内、迄今世界最强大的X射线激光器——直线加速器相干光源（LCLS）于6月30日发表了它自启动以来的第一项实验成果：其强大而独特的能力，达到了可操纵原子样本上单个电子的水平，从内到外逐个将电子剥离，形成了所谓的“空心原子”。

由于体现出了X射线令人惊讶的强度与操控度，该结果让科学界人士大为赞赏；甚至包括研究人员自己在内，直到实验成功才真正相信，X射线已可达到如此精准之地步。

首个硬X射线激光器

SLAC国家加速器实验室隶属美国能源部，40余年来执着于对自然界基本规律的探索，以物理实验手段揭示了许多自然界的秘密。

2009年4月，直线加速器相干光源（LCLS）在这里成功诞生。这个巨型激光器长130米，由实验室3公里长的直线粒子加速器提供动力，每次启动发光装置研究人员需花2小时。该设备制成耗时3年，而从计划提出到完成开工准备历时几乎10年。

诞生伊始，研究员第一次使用大功率X射线激光器发出直线连续光，此X射线已经比其他任何人造光源发出的脉冲亮度都要高，测试光的波长为0.15纳米（nm），是当时人类创造的最短波长同时具有最大能量的光。

此后一年时间来LCLS并未发表科研成果，但却一直被视为激光领域“质的飞跃”或“里程碑式的杰作”。因为其完全不同于所有以前的激光器：这是国际上最早提出的第四代光源之一，亦是世界上第一个发射硬X射线的自由电子激光器。所谓硬X射线，通常定义为能量较高、波长极短的X射线。

从原理上来看，LCLS首度结合了原子尺度空间和时间分辨率，以相干量子波的形式输出X射线，是研究人员从以往传统激光器发展出来的新型光源；从效果上来讲，LCLS亮度能比以往光源高10亿倍，产生脉冲短暂到百万分之二纳秒，为满足各种应用需求，LCLS的输出可以在原子、分子和光学领域的不同设备之间进行切换。科学家们预想，经过微调之后的LCLS的脉冲可帮助排列出众多材料的内部原子结构。

超强X射线照出“空心原子”

原子壳层结构是关于原子内电子排布的一种简化模型，通常原子内带正电的密实部分集中于一个很小的核，带负电的电子分布于核外。而内壳层空原子（亦可直称空原子），指电子完全被剥离的原子。

数十年来，科学家们一直想利用X射线来探测材料的原子尺度的结构，亦或将某种原子剔除内层电子看看“人走城空”的原子如何反应。LCLS无疑提供了这个机会。

现在的LCLS输出波长在0.15纳米至1.5纳米之间可调谐，输出脉冲宽度可达80飞秒（fs），每个脉冲包含10亿个X射线光子，作为在LCLS上完成的第一批实验结果，“空心原子”产生了。

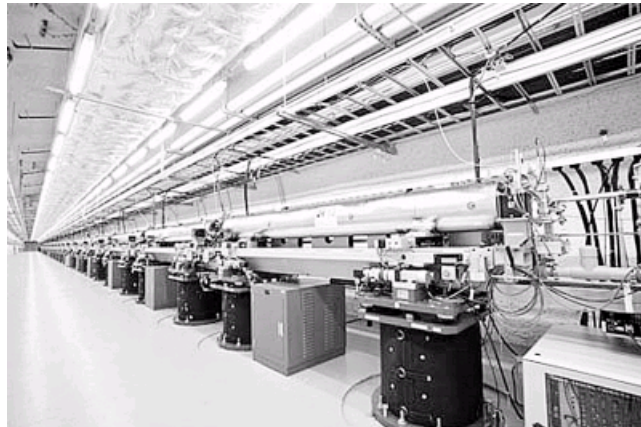
研究人员选取的实验对象是自由氖原子。在一个X射线脉冲期间，这些原子依次弹射出它们全部的10个电子，产生电子完全被剥离的氖原子，即对X射线来说是透明的、“空城”状态的原子。

LCLS的脉冲短暂到足以拍摄到化学反应过程中的一系列“定格”快照，亦可以对电子从原子中脱离的过程进行成像，用于观察化学反应和冲击波，以确立物质最基本的互动机制。

以往从未有过如此强烈的X射线，亦无法判断它与其他物质会产生怎样的互动。美国能源部科学办公室主任威廉·布林克曼表示，直到近期还很少有人相信自由电子激光器能达到如此精确的地步，这让实验结果显得更不同寻常。

LCLS项目主任约阿希姆·斯托尔的回溯让人印象深刻，他说：“10年前，我们第一次构想LCLS实验时，曾想过这个激光器或许能强大到足以创造出空心原子，但这在当时只是一个梦。现梦已成真。”

尽管“光杆司令”状的原子颇为可怜，但以此次成果为基础，科学家将开展一种全新方法来探索原子结构和原子动力学，下一步的实验对象包括原子团簇、纳米晶体蛋白甚至某些病毒，预计未来几个月内就可公布结果。



SLAC国家加速器实验室。



电子被剥离的示意图（斯坦福直线加速器中心供图）。

打印本页

关闭本页