

# 超强超短激光究竟有多强



□柯普文

**导读**

近日，“中科院上海光机所利用超强超短激光成功产生反物质”这则新闻广为传播。这是国内首次报道利用激光产生反物质。不过，很多网友在被“反物质”一词吸引的同时，却忽略了背后另一个更重大且更有意义的成就——中国在超强超短激光上的一些突破。对此，最近科普中国作了详细解读。

## 什么是超强超短激光？

不少人第一眼看到“超强超短”会对其发生误解。超强很好理解，而超短，不少人容易将其理解为“距离上的长短”，但实际上，这里的“短”是时间上的长短。

大功率激光是各国梦寐以求的，因为它能干的事实实在是太多，比如军事爱好者们所熟知的激光武器，还有制造人工可控核聚变所需条件等。



耗资数十亿美元的美国“国家点火装置”中，使用192门激光在十亿分之一秒的时间内同时发射并击中铅笔头大小的燃料球，从而引发核聚变。

然而，大功率激光并非那么容易产生，并不是说给一个激光设备提供的能量越大，激光的功率就会越大。显然，单纯地提供大能量以进一步提高激光的功率现在已经变得很难，造价也越发昂贵。

怎么办？

我们知道，功率=功/时间=w/t。

既然在“功”上突破已经很昂贵且很难，那么，我们就从“时间”上来突破。

显而易见，相同的功，做功时间越短，功率就会越大。当时间趋于无穷小，功率就会趋于无穷大。

1瓦特(功率)=1焦耳/1秒。

对于1焦耳的能量来说，如果我们把激光的脉冲时间从1秒缩短到0.1秒，那么我们就得到了10瓦的功率。

如果从1秒缩短到0.001秒，我们就得到了1000瓦的功率。

同理，如果缩小到1皮秒呢？那么我们就得到了1000000000000瓦的功率(1万亿瓦)。

对于普通大众来说，1万亿瓦的功率其实已经大到了不可思议。然而，我国造出的超短激光脉冲，在时间尺度上是飞秒级别，其功率比上面的1万亿瓦还要多3个0，达到了1000万亿瓦的级别。

相信，研究激光的业内人士每天说“飞秒”、“阿秒”的次数绝对比很多人每天说“秒”的次数还要多，为此，我们先用一张表格来温故一下时间的量级：

1秒

||

10<sup>24</sup> 10<sup>21</sup> 10<sup>18</sup> 10<sup>15</sup> 10<sup>12</sup> 10<sup>9</sup> 10<sup>6</sup> 1000 100 10  
 兆 仄 阿 飞 纳 微 毫 厘 分  
 秒 秒 秒 秒 秒 秒 秒 秒 秒 秒

我国造出的激光脉冲，在时间上短到飞秒级别，对应的激光也称为“飞秒激光”。1000万亿瓦等于1拍瓦(PW)，中科院上海光学精密机械研究所的激光设备，其功率达到了5拍瓦。

## 它能产生很多极端条件

超强超短激光功率如此的大，以至于能产生很多极端条件，而这些条件只有在恒星内部或是黑洞边缘才能产生。

一、超强的光强

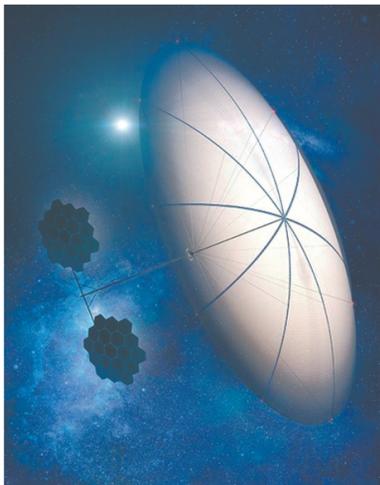
目前，超强超短激光所能获得的最高光强为10<sup>22</sup>瓦/平方厘米。这是一个多大的光强呢？如果我们把地球上接收到的太阳总辐射同时聚焦在一根头发丝粗细的尺度上，获得的光强也只有10<sup>12</sup>瓦/平方厘米。

二、超高的能量密度

超强超短激光目前可以达到3×10<sup>19</sup>焦耳/立方厘米，这相当于是在1立方厘米的小体积内爆炸20吨的TNT炸药。

三、超强的光压

光会产生压力，这就是光压，也叫辐射压。科幻中的“太阳帆”就是以此为动力。太阳产生的光压很小，但是超强超短激光产生的光压接近大气压的1万亿倍。



科幻设想中的太阳帆。

## 超强超短激光有哪些应用？

超强超短激光产生的这些极端条件非常有用。其实，只要想一想就能明白，各国的粒子加速器，包括耗资巨大的、发现上帝粒子的欧洲大型强子对撞机，它们的都是为了制造出各种极端能量的粒子，迫使粒子加速并对撞，从而借此探索宇宙的奥秘。



欧洲大型强子对撞机。

而超强超短激光可以产生如此多的极端条件，那么其应用当然也是非常广泛的。

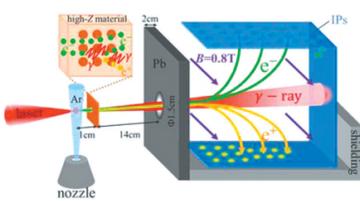
例如，超强超短激光能产生超强的电场，利用这个电场可以加速粒子，现在，用激光加速粒子的相关实验，无论是国际上，还是我国的上海光机所等，都在进行。如果实验未来获得突破，那么超强超短激光将会让未来的

各种直线加速器小型化，同时成本降低。

中科院上海光机所此次还制造出了反物质，也就是正电子，它有什么用？

众所周知，只有当光子从树叶上反射并进入我们的眼睛时，我们才能看到那片树叶。而很多航空航天所需要的重要材料，其被生产出来，或者使用以后，我们很想了解其内部的微观结构、缺陷状态等信息，但又不能破坏材料本身，怎么办？当然得使用无损探测。

而超强超短激光可以在材料内部制造出反物质，也就是大量正电子，这些正电子与材料内部的电子发生湮灭，于是，电子的全部质量转变成电磁辐射，并以伽马光子射出，检测这些光子，我们就间接地探测到了材料的内部情况。利用正电子湮没技术可以对材料内部进行原子尺度的缺陷和损伤进行探测。



超强超短激光产生正电子示意图。

以上，只是超强超短激光的两个应用，未来，也许我们会发现，以上只是两个小应用而已。根据上海光机所所长李儒新研究员在2015年国际光年报告会上的介绍，2020年，在超强超短激光领域，可能实现以下梦想：产生纳米尺度的光束并应用于显微和存储；基于激光的超精密钟用于测量宇宙基本常数；激光聚变获得较大突破，人类获取清洁可持续能源迈出很大的一步；从飞秒激光发展到阿秒激光(阿秒脉冲)，并以此探测电子的运动和化学反应。

无疑，超强超短激光的应用将会非常广泛，正如美国学术杂志《科学》上的一篇文章指出，“这项工作将影响每一项研究，从聚变到天体物理”。

## 各国争相发展

超强超短激光早就成了国际上的研究热点和竞争重点。早在10年前，就有10个国家和地区的30个科研机构联合向欧盟提出“极端光设施计划”，此项计划预计耗资8.5亿欧元，其目标是产生200拍瓦的超强超短激光。



“极端光设施计划”示意图。

正因为各大国都在争相发展此项技术，所以，我们有充分的理由相信，未来，我们将陆续听到它带来的很多新应用，甚至是某些领域的革命。超强超短激光，它已然走在造福人类社会的路上……

科普阅读

## 如何像物理学家一样思考——读《增长的本质》

□邓勤



《增长的本质》  
 (美)塞萨尔·伊达尔戈/著  
 中信出版社  
 2015年12月  
 定价：49元

看到公共场所譬如标语上出现文字问题，我常常会同调侃说，这人的文字是体育老师教的。专业人吃专业饭，既然是体育老师教的，出问题自然怪不得学生。隔行如隔山，在本行业的专家，在另外的行业却可能是菜鸟，什么都不懂。这其实是非常正常的事情。因此，如果一个物理学家要给大家谈谈经济问题，我想绝大多数人会嗤之以鼻。

物理学家，是指探索、研究世界的组成与运行规律的科学家；经济学家，是指拥有自己的经济学范式与原创的经济学基础理论的经济学家。两者可谓风马牛不相及，但美国知名物理学家、麻省理工学院教授塞萨尔·伊达尔戈就敢于打破我们的常识，他擅长于使用物理定律来分析和理解经济、文化等复杂系统，长期致力于研究经济增长和繁荣的因素，其研究成果为一些国家和地区未来的经济繁荣提供了新思路。他还创造了全新的可视化方式来理解难以掌握的数据，为政策制定者和企业提供了深入研究的思路。

众所周知，宇宙是由能量、物质和信息组成的，然而能量和物质本身就是存在的，信息的产生却需要特定的方式。这个过程并不那么容易。促使信息增长的几个基本物理机制包括如下三个重要概念：非稳态系统中信息的自然产生，固态物质中信息的累积以及物质的计算能力。伊达尔戈认为，信息就是经济增长的本质。想解经济增长的本质，还需要走出社会科学的研究，在信息、关系网和复杂性这样的自然科学中寻求答案。伊达尔戈在最新出版的《增长的本质》一书中，清晰地论述了如何从科学角度看待信息不断增长这一问题。最重要的东西往往最简易，这本书给我们带来的启示是：如何像物理学家一样思考。

本书包括原子中的比特、想象力具象化、技术的量化、经济的复杂性等五部分，伊达尔戈结合经济增长以及物理学这两个看似分离的领域，提出了经济增长的新理论。信息存在于我们所生产和构造的一切物体中，从宇宙的起源到我们的现代经济，这包含了物理、生物、社会、经济学的“增长率”其实是指信息的累积和我们对于信息的处理能力。信息的增长统一了生活和经济的生长，促使多样化和财富的产生。所以，当追寻什么是信息、为什么它会增长这样的问题的答案时，我们探讨的不仅是物理秩序的进化史，我们也在探讨经济规律。

宇宙由能量、物质和信息三个元素构成，但真正令宇宙奥秘无穷的是信息这一元素。若是没了信息这一元素的话，宇宙将会成为一个没有固定形状的汤。它会没有形状，没有骨架，没有非周期顺序，也没有不规则的排列布局，宇宙将不再像现在这般美妙。本书主要关注信息量的增长，以及使信息与无序、混沌抗争并增长的原理。书中讲述的原理包括了信息出现的自然原理，也包括了社会中信息量加速增长的社会经济原理。本书讲述了信息增长——物理秩序的增长，正是这一增长使得我们星球，从原子体系到经济体系，都如此独特，如此丰富而多变。

经济是由信息组成的，从石器时代到今天，我们对于经济的认识都是这样。然而在伊达尔戈发表富有突破性的著作之前，我们并没有对这个理论进行深入解析。这本激动人心的著作是21世纪增长理论的重要里程碑，开创了用物理学、社会学研究经济的先河，颠覆了经济发展和财富起源的传统假设，让人豁然开朗。

研究动态

## 中国科学家对太阳做“CT” 首获7波段层析成像

据中新社报道，中国科学院光电技术研究所的科学家，最近对太阳做了一次“CT”检查，首次在国际上获得太阳大气可见近红外7波段同时层析高分辨率图像。

在中国国家高技术计划和国家自然科学基金共同支持下，中国科学院光电技术研究所饶长辉团队，通过光电所研制的7波段太阳层析成像系统与云南天文台1米新真空太阳望远镜以及151单元太阳自适应光学系统对接，开展对太阳活动区观测并获得成像结果。

现代太阳物理理论认为，太阳是一颗基本稳定的恒星。它的辐射总量(其中大部分是可见光)变化很小。然而，它的外层大气由于受到太阳磁

场的支配，处于局部的激烈运动中，称为太阳活动。从某种意义上说，太阳活动可以通俗地看做太阳的“天气变化”。而若想对太阳大气进行“天气预报”，除了常规的太阳望远镜观测以外，还必须开展多波段成像观测。

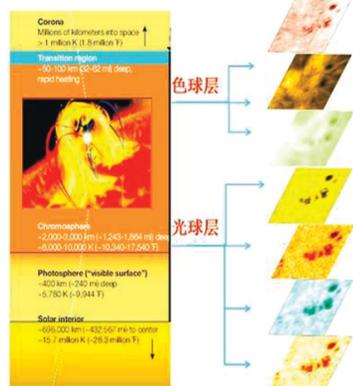
据介绍，多波段层析成像相当于给太阳做CT，通过同时记录不同波段的图像，可以清楚地了解太阳活动的演化过程，也就可能在日冕物质抛射和质子事件等危害性太阳活动发生之前作出预警。同时，观测数据可对建立太阳大气模型提供数据支撑，实现较为准确的空间天气预报。

太阳是地球的生命之源，地球上的一切生命活动都与太阳息息相关。太阳为我们提供光和

热，促进农业生产、推动气候变化。但是，当大量的太阳活动伴随着如日冕物质抛射、质子事件发生时，就会对我们的生产生活造成危害。如物质抛射时将有大量的带电粒子被抛入太空，若朝向地球进行物质抛射，则大量带电粒子会对地球上高压输电、输油管道、无线通信、航空航天等造成重大影响。

饶长辉团队经过多年技术积累和科研攻关，突破多项关键技术，成功研制7波段太阳层析成像系统，这是目前世界上波段最多的多波段层析成像系统，其探测波长分别为对应的太阳高度涵盖光球层、色球层底部、色球层中部和色球层顶部。

胡敏



太阳的层析成像(资料图)