

## 光耀未来

——中国科学院物理研究所“和时间赛跑的激光”主题讨论侧记

2022-03-04收到

✉ email: 2258516010@qq.com

DOI: 10.7693/wj20220312

《左传》有云：“光，远而自他有耀者也。”光是生生万物的热量来源，是视觉世界的物质基础，自古以来就被无数好奇而智慧的人们所关注。但是，无论研究多甚、了解几何，光依旧遥不可及，“可远观而不可亵玩焉”。随着当代科学技术的发展，人们基于爱因斯坦的理论，制造出了能够实现受激辐射光放大的机器，使这股神秘而强大的力量尽在掌握。阳春布德泽，万物生光辉。凛冬已逝的北京也迎来了本年度第一次科学咖啡馆活动。

2022年2月28日晚上，由科技部人才与科普司、中国科学院科学传播局支持，中国科学院物理研究所承办的第55期科学咖啡馆活动成功举行。本次活动的主持人为中国科学院科学传播研究中心副主任邱成利，主讲人为中国科学院物理研究所副研究员方少波。本次活动以“和时间赛跑的激光”为主题，从



图1 方少波主题报告现场

“时间”的角度切入，讲解了超快光学的发展历史和在不同领域的应用，生动地呈现了人们利用激光来改造世界的努力。

## 光与时间

时间的计量往往需要以一个已知事件发生的时间过程作为快与慢的参考。例如古代的日晷，就是利用昼夜更替来呈现时间的变化。这个参考事件发生的时间过程越快，我们的时间计量会越精准。

在影像摄制领域中，相机利用快门的一开一合来实现曝光，即对瞬间影像的记录，就是上述原理的一个表现。如果快门速度不够快，即拍摄对象在快门一开一合的瞬间发生了更快速的运动变化，相机所记录的影像就会模糊，从而无法显示运动物体的真正过程，也就无法清晰地展现在这一瞬间拍摄对象究竟发生了哪些变化。

为了说明这个现象，1872年，美国加州有一个富豪，就曾提出过，赛马在奔跑的过程中，有没有四脚离地的瞬间？他找到了当时一位特别有名的艺术家，叫艾德沃尔，我们今天称之为摄影师，但当时影像技术才刚刚发展起来，还没有所谓的摄影，

更别提提高速摄影了。富豪希望艾德沃尔给他拍一组照片，记录马在奔跑时每个马蹄的离地状态，是否始终有一个脚踩在地上。这样的照片连拍，现在我们用手机都可以轻松实现，但当时他为了完成这个工作，花了近两年的时间。因为当时的机械快门只能达到0.1 s的开合速度，想要拍摄快速运动的马蹄非常困难。最后，照片呈现的结果是，马在奔跑的时候确实会四脚离地。可以想象，如果快门速度不够快，没有拍摄到四脚离地的照片，我们就无法正确认识赛马奔跑的运动过程。

设想如果我们在一间全黑的屋里，相机快门始终打开，不再用这种机械的方式一开一合……当光亮的时候，相当于快门打开了，光灭的时候，快门关闭了。利用这种光脉冲的方式来替代之前的机械快门，就可以做得相对比较快。这样的光快门能快到什么程度？又能看到哪些更快的东西？让我们拭目以待。

利用毫秒量级的光脉冲，可以定格昆虫扇动翅膀的瞬间；到了微秒量级，基本上可以看得到子弹出膛的慢动作；如果到纳秒量级，连续慢动作的子弹几乎被定格了，人们能够观测电路中的电流变化；到了皮秒和飞秒量级，许多分子的转

动与振动都能清晰体现出来；如果光脉冲的时间尺度再缩短千分之一，达到阿秒量级，分子的瞬间影像都会被定格，人们有希望看到原子核外的电子运动，即单一电子的行为。有了更快的快门，就可以看清楚更快的世界，这也是从事超快光学科研工作者的初衷：一方面是追求极限，另一方面则是揭示大千世界中令人好奇的美妙瞬间。

## 激光的诞生

激光的全称是受激辐射光放大 (light amplification by stimulated emission of radiation, LASER)，其理论基础可追溯到1917年爱因斯坦发表的《On the Quantum Theory of Radiation》，只是当时还没有激光或受激辐射光放大的说法。当时理论预言，当一个光子激发原子时，有可能激发出两个频率相同的光子，这些光子再次激发原子就可能激发出更多的频率相同的光子，呈现出一个放大的效果。爱因斯坦预言，在双能级理论模型中，光与物质相互作用的过程中，有可能会把光放大。

我们知道光是一种电磁波，在发明激光之前，人们首先在电磁波的微波波段发明了受激辐射微波放大器。激光的英文是Laser，L表示Light，而受激辐射微波放大器的英文是Maser，M表示Microwave，说明是在微波波段。Maser的发明，还有中国人的贡献在里面。在世界上第一台微波激光器的合影中，如图2所示，照片的最右边有一个不太起眼的中国人面孔，他就是中国科学院物理研究所的老前辈王天眷先生。

在做出了Maser之后，所有人都在竞赛，看谁能够先把这样的放

大器从微波波段做到光学波段。最终，美国科学家梅曼于1960年5月16日做出了世界上第一台激光器。2018年联合国教科文组织通过了每年的5月16日为“国际光日”。产生激光之后，Laser有各种各样的翻译，有的翻译成“死光”，有的音译成“镭射”。在1964年严济慈先生主持的第三届光量子放大器学术会议上，钱学森先生的建议被正式采纳，将“受激辐射光放大”的Laser翻译为“激光”。

而超快激光因为它的脉冲时间宽度特别短，所以也叫做超短脉冲激光。最初梅曼的激光器是以毫秒量级闪耀，也就是一个脉冲的时间宽度有几个毫秒。随着激光技术的进步，脉冲宽度越来越窄，达到了微秒、纳秒、皮秒和飞秒级，后来甚至实现了阿秒脉冲。目前最短的飞秒激光大概在几个飞秒左右。然后以这样的飞秒激光去产生或驱动所谓的阿秒光源，可以达到几十个阿秒。

## 激光的应用

这样一种强大的力量，能够为我们的生活带来哪些便利？中国林业科学院湿地研究所助理研究员李惠鑫问：“激光在我们的日常生活当中有哪些作用？”主讲人指出，激光的应用特别多。像课堂或者会议室里最常见的激光笔就是一种小型的激光器。激光在医学中的应用与我们的生活也较为接近，国际上很早就开始把激光技术应用到医疗领域，如激光在眼科和皮肤科等领域

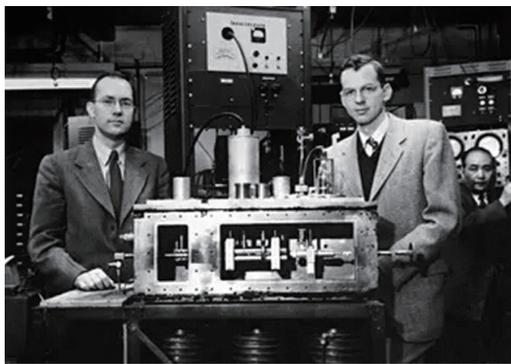


图2 世界上第一台微波激光器



图3 科普活动与会嘉宾合影

都获得了非常成功的应用。近年来，随着光学传感技术的快速发展，激光技术与内窥技术相结合，在组织诊疗等领域得到广泛应用，取得了比较丰硕的成果。此外激光在通讯传媒、科学研究、智能制造、国防军事等领域也有广泛的应用。与普通光源相比，激光的方向性、单色性和相干性都特别好，亮度也显著更高，因此被称为“最快的刀”、“最准的尺”、“最亮的光”。

在热烈的讨论中，本次科学咖啡馆活动也渐入尾声。中国科学院科学传播局的周德进局长在最后的总结中指出，激光技术作为一种先进的光学技术，未来可能会和磁学、声学、电子学等各种各样的技术进行融合，希望激光能够照亮我们生活的方方面面。

(中国科学院物理研究所

周安健 方少波 邱成利 供稿)