

激光, 具有巨大的生命力*

王大珩

世界上激光器问世是在 1960 年 6 月, 中国第一台激光器出来是在 1961 年 9 月, 相差十五、六个月。实际上激光器的出现经过很长的酝酿时期。今天追溯起来, 激光的起源在理论上归功于 1916 年爱因斯坦提出的感应辐射概念。《关于辐射的量子理论》作为里程碑的是 50 年代出现了微波激射器(MASER)。MASER 是微波放大和振荡的原理, 很自然地就想到怎么样在光的领域实现放大和振荡, 使光也象无线电波那样有相干性, 在一定的方向上传播, 问题是找怎样的机制。在微波发射系统中要借助一个共振腔, 其尺寸同微波的波长相比, 甚至比微波的波长小。但到了光波段, 还用微波的方法, 那个腔的尺寸就小得不得了。要做成光波段的受激辐射放大必须解决两个问题: 一个是要找到一种物质, 它可以起放大作用; 一个是怎样形成一个共振腔。寻找能起放大作用的物质经历了一个很长的过程; 而共振腔的问题, 光学上有法布里-珀罗干涉原理, 可以用到腔上。这件工作形成完整的理论是在 1958 年, 主要归功于美国的 Townes。同时, 苏联列别捷夫物理研究所的 Prokhorov 和 Basov 也做了类似的工作。就在那时, 研究各种物质能形成放大的问题, 在固体上做工作, 也在气体上做工作。可巧当时 Maiman 在做红宝石物理的工作, 就在 1960 年 6 月, 在世界上头一次形成激光振荡。所以今天世界上公认激光器问世在 1960 年 6 月。

自从第一台激光器出现以后, 就形成了一个突破口。其实, 对 He-Ne 已做了很多研究工作, He-Ne 激光器就在那一年的年末做出来了, 比固体激光器只晚了几个月。从此以后, 各种形式、各种功率的激光器就象雨后春笋样地发展起来, 可以说形成了光学的一个新时代。

我们长春光机所的一些年轻人, 他们积极地想在物理前沿方面做些创新的工作。大概也是在 1958 年出现激光器理论原型的时候, 就想这个问题。正如光召同志刚才所说的, 在这以前有些人看到传统的光学工作, 认为光学在科学的进展上没有前途了。没过一个月, 听到激光器问世这个消息, 我们马上就动起来。我们有

* 2000 年 9 月 26 日在“激光器问世和中国激光创业四十周年纪念大会”上的讲话。标题为编辑部所加。

些有利的条件：刚巧有人在研究红宝石晶体生长，加上长春光机所有光学精密加工的条件，而且这些年轻人在光学理论上比较透彻。我们只花了一年多一点的时间就做出自己的激光器，正是因为有这个基础。比如说，在器件设计上，人家用螺旋管氙灯照射，我们用光学成像的办法，只用了一支较小的直管氙灯，其尺寸同红宝石棒的大小差不多，用高反射的球形聚光器聚光，使红宝石棒好象泡在光源（氙灯）的像中，所以效率很高，只用了很小的能量激光就出来了。这里要强调一点，建国初期国家在科学发展方面采取了正确政策，提倡青年一代科学工作者进行创造性的工作。这一点很重要。虽然我国第一台激光器是 1961 年出来的，但是激光创业应当是从 1960 年开始。所以今天这个纪念会一方面是纪念世界上第一台激光器诞生四十周年，另一方面也是纪念我国激光创业四十周年。

激光器的蓬勃发展，不但激光科学本身有强大的进展，而且在应用方面也打开了广阔的领域。我国在这方面每个时期都做了许多工作。现在，实验方面、应用方面、技术方面都形成了一定的队伍和力量。我说“一定”，应当说跟国际上的前沿有一定的差距，但也有突出的地方。我们培养出一大批学术带头人，其中被选为两院院士的大约十七、八人。

从科技发展来看，激光有它的革命意义。今天，单从激光物理方面看，自从激光出来以后，首先我们认识到所有无线电里面出现的现象在光学里面都能出现。在这个基础上就形成了所谓的非线性光学。过去我们搞光学，由于光源不够强，在光与物质的相互作用上只见到它的线性效应。自从激光出来以后，由于它的强度，它与物质相互作用远超过线性范围。无线电里许多现象是靠非线性效应出来的。当研究光与物质相互作用时碰到这样的效应，对了解物质的性质前进了一大步，更能够了解到物质结构中电场同电磁辐射作用的关系，也对物质结构本身有了更好的了解。因此，激光的长足发展也形成了一些在物理上看起来是新的学科，有些学科是跟光学密切结合起来的。比如全息术、激光光谱学。因为激光的特性，对物质研究的细致程度、深入程度同以前大大不同了。激光是一种光，用于研究光谱学的问题当然有很大的发展。特别是非线性材料，从激光应用方面提出了各种不同的要求，向材料科学提出了许多新的问题，形成了除探索各种新的激光工作物质外，更重要的是探索许多新的非线性材料。我国这方面在世界上有很高的地位。

另外，在应用方面，一个非常重要的问题，涉及到物理学最根本的一个问题就是测量的基准。自从激光出来以后，能得到非常窄的光谱线。现在的长度基准是在某种条件下出来的单纯的激光谱线作为工作基准。长度单位 1 米的定义是光在真空 1 秒所走的距离的 299792458 分之一。这是个绝对的定义。这个绝对定义所以能形成，它本身也是从激光的研究认清楚了这是自然界的常数。靠这个实验，反过来，用激光的波长作为长度测量的基准。现在这个基准的再现度达到

$10^{-11} \sim 10^{-12}$ 。可以这样设想, 10^{-10} 的含义相当于 1 米长的端度尺, 两头多(或少)一层原子。而现在的再现度和精确度可以在此尺度上深入到一个原子尺寸的十分之一到百分之一! 因此, 在科学的定义上确切性就更加提高了。又比如大地测量, 过去靠经纬仪三角法测量。自从用激光测距以后, 整个测量技术发生改变。现在从小型工程到大地测量都用激光测量。今天通过空间的测量(人卫测距), 可以更好地了解地球的重力等势面的形状, 大大改善了地球重力场模型, 激光测量技术使全球范围的定位精度大为提高。

另一方面, 激光这样强的光是一个很好的能源。一个问题是怎么产生这个能源, 另一个问题是怎么利用好这个能源。现在这种激光前沿技术称为“强激光技术”。利用强激光来照射原子核, 从原子核中把原子能释放出来。这项技术叫激光核聚变。这种核反应将来可能作为能源。现在在这方面做了大量的先期研究工作。大概初步认为一个脉冲 20 万焦耳到一百万焦耳数量级就能造成核聚变的连锁反应。大家知道, 小型激光器输出毫瓦, 甚至微瓦。这在信息技术上, 在做物理实验上是可以的。但想用到核反应上, 它要大 6, 7, 8, 9 个甚至 10 个数量级。就是要用大功率大能量的激光器。

另外一个发展方向就是可以把激光脉冲变得很窄。为了捕捉一个物体的快速运动, 要用高速照相。普通高速照相达到千分之一秒。而象核反应这种过程, 起码要到微秒(10^{-6} 秒)甚至纳秒(10^{-9} 秒)数量级。假设要研究光与物质相互作用的话, 原子与原子之间、分子与原子之间的快速反应, 真要研究得好, 要到皮秒(10^{-12} 秒)数量级。今天还在追求使脉冲变得更短, 追求飞秒(10^{-15} 秒)数量级。这是人类探求的一种欲望。要使脉冲短到可以观测微观物质运动的中间过程。所以超短脉冲激光器也是一个重要的发展方向。经过这些年的工作, 据我所知, 现在脉冲宽度短到 6 至 4 个飞秒。平常把光叫做光束, 就是光的前后连成一条线。现在纳秒脉冲的光束相当于一把尺子的长度。皮秒(10^{-12} 秒)光, 你只看到一个“光片”。到飞秒级, 等于光的波打了一个滚儿, 只有几个波长。正在追求用几个波长的光脉冲对物质, 特别是象核这样的物质进行研究。从这里我们可以看到激光对推进认识世界所起的作用。

既然激光可以做到千瓦以至兆瓦, 自然就想到武器的问题、加工的问题。现在知道, 激光作为有距离的杀伤武器, 起码一个脉冲要百万焦耳以上。在科学上说, 这是一个工程。大家致力于研究实现强光激光的途径。实际上它的很多用处在于工业方面。如激光用于热处理。最典型的是激光用在汽车发动机汽缸内表面的热处理。只要用激光使汽缸表面形成一个硬化的网子, 就可以延长它的寿命一倍以上。正因为国民经济上能增强材料寿命, 使物质改性, 有这种需求, 需要形成激光工业。

激光医学，如治疗视网膜脱落，过去是很麻烦的事，用激光焊接就很方便。利用不同波长激光与物质相互作用的选择性，也可以起治疗作用。激光手术也是很有前途的。

全息术给我们一个很大的启示。普通照相只利用光的强度，能看见图像的轮廓和强度的区别。全息术不光是记录光的强度，而且能把光束的波前记录下来。正是由于波前再现才能获得立体图像。这方面加上许多新的工业和技术，特别是同光电技术的发展结合，在光学上形成了一门光学信息处理的新学科。今天实际上在信息处理上有许多问题借助光学的原理。举例说，在微波技术，广泛用于遥感的侧视(或旁视)雷达，完全是利用光学的通光孔径同分辨率的关系。在无线电里要实现高分辨率，天线孔径将大到不可想象。但现在采取另一种方式，把空间的信息用时序来代替，实际上用的是光学原理。

以上大概说了一下激光发展的现状和前景。

今天开这个纪念会特别有意义。激光出现原则上说有半个世纪。我们常常谈光学有前景，特别是在迎接新世纪的时候看光学的前景，认为它的发展前景和趋势可以和 20 世纪下半叶信息技术和电子技术发展的那种繁荣景象相比。这恐怕是基于两个论点。一是给我们很大启示的光纤通信。光纤通信现在还是用经典光学原理，但是一步一步深入，就要使激光技术和光纤技术结合起来。比如当前在波分复用上，就同激光技术的有效应用紧密地联系。正因为如此，我们今天纪念激光问世，除了庆祝 40 年来在科学研究和国民经济上所取得的胜利、辉煌成就，意义还在于要看到它的前景。今天对激光对整个国民经济的发展，对科学技术的发展，有时用“方兴未艾”几个字来形容。我看这还不够。“方兴未艾”就是说已经搞得差不多了，还有工作可做。我说应当说：“还有巨大的生命力”。应当这样说。举一个例子，象激光聚变，这个工作还没有迈进门呢。要迈进门还有很大距离。象激光应用到工业上面，人家已经普遍用了，我们这里还有很大距离，而且人家还在进展。比如焊接，飞机上的铝合金材料过去只能铆接，现在人家能作激光焊接了，我们还不行。这说明中国激光科技工作者在产业化这个问题上观念上还有距离。今天从我国来说，同国际上比起来，更薄弱的还是激光技术的产业化。正如光召同志所说的，今后的努力方向之一是产业化，这是需要非常注意的问题。

另一个论点是在科学上谈到激光技术的生命力。拿 X 光作比方。X 光的发现是十九世纪末代，到现在已经一个世纪了。现在普通人人都知道 X 光可以透视。学者们知道，X 光是我们认识物质微观结构最主要的工具。由此研究出各种先进的功能材料，已在经济上起到量大面广的作用。现在对各种材料、晶体、大分子、生物分子的认识大都是以 X 光为工具弄清楚的。到现在，还有些问题非用 X 光不可。X 光已 100 年了，还有它的生命力。今天激光出来是个什么情形呢？刚才说了短脉冲激

光,还有高光谱分辨率的激光,这给我们在研究物质结构上一个强大的探针。这个探针的重大意义更在于它是时间分辨率非常高的探针,使我们有条件来研究微观物质、微观世界里面的运动规律。X光给我们认识微观物质的结构,是对物质的静态的认识。今天有了一个工具,可以从动态方面来研究它。从静态的认识到动态的认识,这是在认识世界方面的一个重大革命和飞跃。所以,激光为我们研究动态微观世界提供了一个有力的武器。它的前途决不会比X光的延续时间短。象这样的问题,可以说一个世纪也研究不完。这是可以看到的前景。

今天我国倡导科教兴国、可持续发展的战略。象激光这样的现代技术将发挥极其重要的作用。这十几年来,我国已将激光列入高技术计划,今后这项工作,不但要列入863计划,也还要列入973计划。激光给我们预备了很好的前景,使我们有机会来从事创新工作。特别是年轻一代,要看到这方面的前景,努力创新,大有可为,为我国社会现代化工作。

附带说一句。科技工作者常常碰到这样的问题:假使你学问太窄了,就那么几个课题,有时还考虑值得做还是不值得做,会碰到找题目难。但是,象激光这样宽阔的领域就会出现另外的情况,题目太多了,不知道该做什么好。这给我们科技工作者一个锻炼的很好机会,不止是做题目,更重要的是选题目。一定要选那种题目,就是科学上也好,建设上也好,确实能起大作用的,特别是要找那些我国急需又薄弱的工作。这个观念很重要,因为尽管我们现在处在一个经济全球化和知识全球化的时代,但在今天国际竞争激烈的情况下,我们还处在别人卡我们、压我们、制裁我们的情况之下。我们工作上不是有题目就做,要象江总书记指示的那样,“有所为,有所不为”。有所为,就是选那个真是有益的工作来做。今天世界上不可能,特别是高新技术不可能样样都是自己来干,但关键的必须自我开发创新。所以,进行科研也好,产业也好,要认真考虑选择。在象激光这种有前途的领域中,既是机会,又是挑战,正好发挥我们,特别是年轻一代的智慧和作用。我在这里代表年纪大一点的人希望年轻人大大地发挥创造力,有所作为,为我们祖国强盛作出辉煌的贡献!