**纳米激光器的技术简介**

1960年人类制作出了第一台激光器。 40多年过去了，激光器无论在其种类上或其性能上都呈现出缤纷异彩的发展。自第一台红宝石激光器的问世，继之气体激光器、各类固体激光器、半导体激光器、液体激光器、准分子激光器、Ｘ射线激光器、自由电子激光器、量子阱激光器、量子点激光器、孤子激光器等也先后被研制出来。激光科学与技术的突飞猛进发展，导致许多现代科学技术对激光的重要应用，同时也带动了多种新学科的发展并促进了诸多边缘学科的形成。

然而随着人类社会科技的进步，激光器本身的发展从未停息脚步。《Science》发表了美国California大学 Berkeley分校M. Huang 和 P. Yang等人的“室温紫外辐射的纳米激光器”声称是世界上最小的激光器。当时他们先是在蓝宝石基底上镀上1～3.5微米厚度的金，然后把它们放到铝的蒸发皿中，在氩气中将材料和基底加热到880~905摄氏度以产生Zn蒸气，产生的Zn蒸气传送到基底上，大约经过2~10分钟左右，截面为六角形的纳米线便可以生长到2～10微米。直径为20~150 nm的纳米线自然形成了一个激光腔。

在室温下截面为六角形的纳米线样品用Nd：YAG激光器的四次谐波的激光泵浦(波长为266nm，脉宽为3ns)，泵浦的激光光束以10度角入射聚焦在纳米线的对称轴上。这样一来，受激辐射发射的光便沿着ZnO纳米线中心袖的方向在纳米线的末端表平面上会聚。在发射光谱的变化过程中，随着功率的增加可以观察到激光产生的过程．当激励的能量超过ZnO纳米线的阈值时(其阈值约为40kW／cm2)，经测量，发射光谱出现了线宽为0.3微米的尖峰，这比低于阈值时的自发辐射产生的约15微米的峰值线宽要小得多。正是这些窄线宽和发射能量的快速增长便可断定纳米线发生了受激辐射．大家知道产生激光的三个要素是工作物质、泵浦源和谐振腔。在构建的纳米激光器中，前两者已具备，那么谐振腔则无需如一般激光器那样装配上半反和全反的反射镜，因为这一纳米线便是天然的激光器的谐振腔。

纳米线的一端是蓝宝石和ZnO纳米线之间的外延分界面，另一端是ZnO纳米线的端面。这就自然地形成了纳米激光器的激光谐振腔，因为蓝宝石以及 ZnO和空气的折射率分别是1.8, 2.45 和1。用Nd:YAG激光器的四次谐波的激光泵浦在ZnO纳米线上便获得了脉宽为0.3 nm，波长为385nm的激光。

这种氧化锌(ZnO)纳米激光器——世界上最小的激光器从那时起便问世了，这也是纳米技术诞生以来的第一项实际的应用。当然，这种纳米激光器还属是一个最初阶段，然而在工艺的简易程度，亮度以及尺寸方面，ZnO纳米激光器均可以和当时的GaN蓝色半导体激光器相媲美的。

如果不用Nd：YAG激光器的四次谐波的激光做泵浦源，而改用电流来激活纳米线，这样的纳米激光器岂不是更为理想吗？据《Nature》杂志<Duan, X., Huang, Y., Agarwal, R. & Lieber, C. M., Single nanowire electrically driven lasers. Nature, 421, 241 - 245,(2003)>报道，美国哈佛大学以Charles Lieber为首的科学家们成功地研制出不需外来激光泵浦的一种新型电驱动的纳米激光器，其是用外电流激励泵浦的。这种外电流激励泵浦的新型激光器实际上是以半导体硫化镉为原料制成的纳米线。将硫化镉纳米线安装在涂有硅材料的基底上，制成一个回路。接通电源后，便可观察到，在一定电压下，电流通过硅材料流向硫化镉纳米线，纳米线的另一端随即发出蓝绿色的光。随着电流强度增大，光的颜色变得单一，波长也相当短。在这种情况下硫化镉纳米线所发出的光便是激光。在随后的实验中，他们使用了不同的半导体材料，由此制成的激光器发出的激光颜色也各不相同，氮化镓纳米线发出蓝色到紫外的光，磷化铟纳米线发出红外光。Charles Lieber等人的研究小组用涂覆在硅基片上硫化镉纳米线而研制成功的纳米激光器，其中电接触是通过涂覆硫化镉纳米线表面的金属导体层来实现的，在加上一定电压时会有电流通过这种结构，而硫化镉纳米线末端开始发出波长约为490微米的蓝绿色激光。当电流达到一定值，发出的激光会变成几乎是单色光，单色光是感应式激光的可靠特征。其他的半导体材料，例如氮化镓和磷化铟，能产生更宽波段的激光，实际上这样构成的纳米激光器所发出的激光可覆盖从紫外线到红外线整个波段。

纳米激光器的微小尺寸可以使光子被限制在少数几个状态上，而低音廊效应则使光子受到约束，直到所产生的光波累积起足够多的能量后透过此结构。其结果是激光器达到极高的工作效率，而能量阈则很低。

纳米激光器实际上是一根弯曲成极薄的面包圈的形状的光子导线，实验发现，纳米激光器的大小和形状能够有效控制它发射出的光子的量子行为，从而影响激光器的工作。

研究还发现，纳米激光器工作时只需约100微安的电流。最近纳米激光器的研究人员把这种光子导线缩小到只有五分之一立方微米体积内。在这一尺度上，此结构的光子状态数少于10个，接近了无能量运行所要求的条件，但是光子的数目还没有减少到这样的极限上。最近，麻省理工学院的研究人员把被激发的钡原子一个一个地送入激光器中，每个原子发射一个有用的光子除了能提高效率以外，无能量阈纳米激光器的运行还可以得出速度极快的激光器。由于只需要极少的能量就可以发射激光，这类装置可以实现瞬时开关。已经有一些激光器能够以快于每秒钟200亿次的速度开关，适合用于光纤通信。由于纳米技术的迅速发展，这种无能量阈纳米激光器的实现将指日可待。

纳米线的化学弹性和其一维性使它们成为理想的超小型的激光光源，这种超小型的纳米激光器在一系列领域中有着非常广阔的应用前景。在化学和生物医学工程中例如生物传感器、显微术和激光外科以及也有可能把纳米激光器用于鉴别化学物质。同时纳米激光器在光计算，信息存储和纳米分析等领域也会得到广泛的应用。纳米激光器可以用于电路，可以自动地调控开关。若把激光器集成安装到芯片上便可提高计算机磁盘信息存储量以及未来的光子计算机的信息存储量，加速信息技术的集成化发展。