科技与社会

要有蓝光，于是就有了蓝光

□王克迪

“诺贝尔奖授予那些对全人类的福祉作出重大贡献的人。通过蓝色LED技术的应用，人类可以使用一种全新的手段产生白色光源。相比旧式的灯具，LED灯具有更加持久且高效的优点。”为此，赤崎勇、天野浩和中村修二获得2014年诺贝尔物理学奖。他们发明了蓝光二极管。

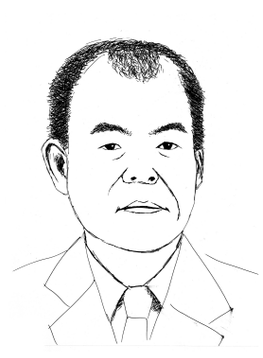
这是一个有关光源的话题，一个造福永续的技术革命的故事。光，事关生命的源起，事关文明的进化，事关我们每一天的饮食起居喜怒哀乐，事关我们的未来。



赤崎勇



天野浩



中村修二

人类能够自觉制造光源，大概可以追溯到发明用火。古语“洞若观火”，算是一语道破了火的照明意义。古人十分重视光源，《圣经》开篇就说，“要有光，于是就有了光”，中国古代传说燧人氏钻木取火，为了取火，也是为了取光。“火”颜色接近自然光也就是太阳光，所以火光的颜色不成问题，古人也从没注意到这里会有问题。千百年里，人类用光都与火分不开，燃烧木柴、纸张、油脂，有了火焰，有温暖的同时，也就有亮光照明。

把火与光分离开来，更准确地说，人们用光不再依赖于火焰，是人类文明一大进步。那是19世纪晚期的事情，爱迪生发明了白炽灯——其实白炽灯与火还是有点关系的，电流烧热了灯丝，激发出光，只是红热的灯丝被密封在一个玻璃泡里面而已。颜色依然不是问题，白炽灯光的颜色与火接近，有电就有了光明。而且，这种光源比直接用火焰照明更安全，更方便，更明亮，能源利用率更高。尽管如此，白炽灯把电能转化为光的效率还是很低的，大约只有10%左右。其余的电能哪里去了？变成了热量，散发掉了。白炽灯还有一个遗憾，就是不耐用，大约1000小时。

自从用电照明，人们就一直在执着解决3个主要问题：亮度、能耗，以及光源的耐用性。

二战结束后，人类又发明了荧光灯，俗称日光灯。用高电压先将灯管里面的水银蒸气电离，激发出紫外光，紫外光再激发涂抹在灯管内壁上的荧光粉，发出白光的可见光，这种发光方式比白炽灯效率提高大约3倍。最初的日光灯的颜色“发白”有些刺眼，1970年代人们改进了荧光粉，日光灯发光效率更高了，颜色也更接近自然光。理论上，日光灯比白炽灯更耐用一些，但实际上大致相当。

以上两种通过电力发光的照明方式，至今都是我们主要的采光方式。今天，全世界每年发出的电力，大约三分之一用于照明，提高发光效率是一件节约能源面向生态文明的长久大计，将造福全人类。

让我们回到光的颜色话题。300多年前，牛顿就发现，白光可以分解为赤橙黄绿青蓝紫多种颜色，反过来，这些颜色的光也可以合在一起变成太阳光一样的颜色。在那以后，特别是发明用电照明以后，人们在很多场合，例如舞台演出、街头广告，为了实现不同颜色的光照而费尽心机，同时，人们还追求更亮的光，更高效率的光源。

1961年，科学家发现，某种结构特殊的半导体二极管可以发出红外光，这种半导体结构称作LED（light-emitting diode），电流从一种导体流向另一种导体，在两种导体分界面上发光。20年后，这一发现制作出来的红外二极管应用在CD机上，我们至今还主要依靠这种机器聆听高保真音乐。我们每个家庭都有好多个遥控器，每一个都有这种红外二极管。1962年，美国人尼克·霍伦亚克（可惜他这次没有获奖）改进了红外二极管，它发出了可见的红光。这一技术立刻成就了几乎所有电器里都有的指示灯：红光很显眼，红色发光二极管很省电，还经久耐用，寿命长达10万小时。

其实，从一开始人们就发现不同结构不同配方的半导体可以发出各种颜色的光，包括蓝光。问题在于亮度太低，没有使用价值。以后的故事，就是制作各种颜色的发光二极管，尽量提高它的亮度，尽量提高发光效率。十年后，人们发明了绿光二极管，黄光二极管，许多仪器设备发出红色、黄色和绿色的光芒，但是，直到90年代初，30年过去了，人们却一直没办法制造出可以实用的蓝光二极管。

有趣之处在于，古人发明用火照明、近代发明电灯，人们从来不为光源的颜色发愁。可是到了半导体时代，光源只能发出单色光，或者红，或者黄，或者绿。为了得到白光，就必须像牛顿做过的那样，把红黄蓝三种颜色的光合成起来。红光、黄光有了（在没有黄光的年月里，人们还想到可以用绿光来替代黄光凑合），独缺蓝光。直到90年代初，科学界几乎已经绝望，以为不可能找到能够发出蓝色光的二极管。因为没有蓝光，就无法产生白光，半导体照明就是镜花水月，这似乎已经成了定论。

20世纪下半叶最重要的技术成就，就是半导体技术的飞速进步。它建立在固体物理学基础之上，更基础的理论就是大名鼎鼎的量子力学。理论计算为半导体技术展开了几乎无穷的可能，包括用半导体制作蓝光器件，但就是没办法告诉人们，如何去实现这些可能。

可以直接把电能转换为光的半导体有许多种，处在元素周期表中间部位的许多元素都或多或少有半导体特性。最早最著名的发光半导体叫砷化镓，它能发出美丽的红光。在无数种发光材料中有一种诱人的方案，就是氮化镓。可是人们一直不能把它制作成可用的结晶材料，而理论计算表明它可能发出蓝光！国际上无数人做过尝试，全部失败。最后，大家一致公认，氮化镓是没有希望的。

日本名城大学教授赤崎勇早在60年代末就开始研究蓝光二极管，找不到合适的发光材料，一直没有突破。80年代初，赤崎勇已经50多岁，带着学生天野浩重新启动这项研究。1986年，他们用高超的技巧成功制备以前被认为不可能的氮化镓晶体。1989年，他们在用扫描电镜观察晶体时无意发现，电流注入使得晶体的发光增强了。他们的这一发现，获得今年颁发的诺贝尔物理学奖。

一间小公司日亚化学的中村修二出场了。中村是低级研究员，没上过名校，只有硕士学历，职场上曾备受屈辱，研发工作一切都靠自己，从搭建仪器设备到焊管子吹玻璃。这练就了他坚韧不拔、苦心孤诣的品格，尤其适合从事这种有理论指引却没有路径可循的大海捞针式探索。小人物做大事，往往有点“认死理”，再就是他们没有心理和背景的负担。中村认定氮化镓有希望，他直接去向总裁申请支持。日亚的总裁竟然直接给了他500万元！于是中村先去佛罗里达大学进修一年，随后就专心研究蓝光二极管。80年代末90年代初，那是日本研发风头最劲的时代。

中村注意到赤崎勇和天野浩师徒的结果，他仔细研究了师徒二人的分析，觉得他们忽略了一个重要的细节：扫描电镜测量氮化镓的时候，实际上也对样品进行了加热，也许温度升高导致了氮化镓辐射蓝光的能力增强。沿着这一思路，中村逐渐改进晶体制备方式和工艺，让氮化镓发出的蓝光亮度越来越大，终于使蓝光二极管达到高亮度水平。到1993年，他正式报告了这一成果，为公司申请了专利，写成了他人生中第一篇英文论文发表。正是这篇处女作，为中村带来了诺贝尔物理学奖。

蓝光管的发明是一个巨大突破，把不可能变成了现实，红黄蓝三原色配齐了！笔者还记得当年在文献上读到这一进展时的震惊和激动。有了蓝光管，半导体发光照明就不再有任何障碍，人们终于可以利用半导体器件发光，把红黄蓝三色光合在一起变成白光了。如果说，红光二极管肇始半导体照明的新纪元，那么，正是由于蓝光管的出现，这一新纪元才真正到来。

从物理学理解，火焰照明，电灯照明，本质是一样的，都是利用热致发光原理，在高温条件下激发分子或原子运动产生出光。二者的区别仅在于，火焰利用化学反应产生高温，而电灯利用电流产生热量的物理效应产生高温。半导体发光就完全不同了，它是运用半导体材料的特殊结构，特殊物理效应，直接把电能转化成光。这个转化过程几乎不产生热量，因而发光效率很高，远非热致发光可以企及。此外，它产生的光颜色纯净，并且经久耐用。

物理学还解释，为什么红光容易实现，蓝光就那么难？因为红光波长较长，蕴含能量较少，容易激发出来，半导体结构容易实现；而蓝光波长较短，自身蕴含能量较大，激发出来的难度要大得多。所以，发光二极管的发明顺序，几乎就是按照赤橙黄绿青蓝紫的顺序由易到难一个个实现的。

今天，由于中村等三人的关键性发明，以及近20年来一大批科技人员的努力，半导体二极管已经能发出波长更短的紫光和紫外光。我们今天使用的白光二极管，并不是直接把3种颜色的二极管封装在一起发出白光，而是利用蓝光、紫光或紫外光二极管发光，再激发荧光物质发出白光——原理上又回到荧光灯了，只是新型光源亮度要高得多，效率也高得多。目前，二极管的发光亮度已经达到荧光灯的5倍以上，电能利用效率达到90%。

技术进步飞速，市场力量无限。1990年代中期，米粒大小的蓝光二极管，能发出炫目的蓝光，在中关村市场一枚要十几元，现在只要几分钱，与红、绿二极管一样。与此同时，由于中村的专利，日亚化学发展成半导体巨头，赚得盆满钵满。

现在，走在路上，随处可以见到交通信号灯几乎全部采用发光二极管，红色、黄色和绿色；在市场上，我们已经可以买到十分廉价的家用LED灯，它的色温可以随心所欲地调节；高亮度的LED手电筒已是白菜价。如果您细心，在路过中关村和天安门广场时，会看到正午强烈阳光照射下，大型电子显示屏鲜艳灵动的画面，那就是LED显示屏。不久的将来，LED显示屏就会替代现在常用的液晶屏成为手机和电脑的显示器（顺便提醒，您今天在市场上看到的LED电视，其实还是液晶显示屏，只是它的背光用LED灯替代了荧光灯）。科学家们已经走得更远，正在研究有机材质发光二极管（OLED），它将制作成超薄可以任意弯曲甚至折叠的显示器，未来的照明和移动通讯计算设备，即将迎来一次更大的变化甚至革命。

诺贝尔基金会指出，当赤崎勇、天野浩和中村修二通过半导体产生出蓝色光源时，“照明技术革命的大门打开了。白炽灯照亮了整个20世纪，而21世纪将是LED灯的时代”。蓝光二极管的发明，表面看起来只是半导体材料制作技术和工艺上的进步，实质却是火的故事的延续，有关光的革命。

科学和技术，就是这样实实在在地推动人类文明发展进步的。

显微技术领域科学家化学奖折桂

□王　弢

2014年诺贝尔化学奖10月8日在瑞典揭晓，美国科学家埃里克·贝齐格、威廉·莫纳和德国科学家斯特凡·赫尔因为在超分辨率荧光显微技术领域取得的成就而获奖。

埃里克·贝齐格，1960年出生于美国密歇根州，1988年获得美国康奈尔大学博士学位，美国神经科学家、发明家、应用物理学家。他从康奈尔大学毕业后在贝尔实验室工作。其主要贡献是研发了用于分子生物学、神经科学的光学成像工具。现在美国弗吉尼亚州霍华德·休斯医学研究所工作。

斯特凡·赫尔，1962年生于罗马尼亚阿拉德，于1981年进入德国海德堡大学学习，并于1990年获得海德堡大学物理学博士学位。现为德国籍，是马克斯·普朗克生物物理化学研究所所长之一。

威廉·莫纳，1953年生于美国加利福尼亚州的普莱森顿，1982年获得康奈尔大学物理学博士学位。现为美国斯坦福大学哈利·S·莫什讲座教授，是单分子光谱和荧光光谱领域的著名专家。

在显微技术领域，一般的光学显微技术存在一条理论上的极限：光学显微成像技术不可能获得比所用光的半波长更高的分辨率，即0.2微米。1873年德国显微镜学家恩斯特·阿贝通过计算公式演示了显微镜测量的分辨率在光的波长中如何受限。在很长一段时间里，光学显微镜都被这样的物理局限性“束缚”。在上世纪大部分时间里，科学家们都相信，光学显微镜无法观测到整体尺寸小于0.2微米的物体。然而埃里克·贝齐格、威廉·莫纳和斯特凡·赫尔利用荧光分子巧妙地绕开了这一极限，实现了出人意料的更高分辨率，将光学显微镜带入了纳米维度。

2000年，斯特凡·赫尔利用两道激光束，一束用来激发荧光分子使其发光，另一束则将大尺度物体的发光消除，只留下纳米尺度的发光区域。显微镜通过对样本一纳米一纳米的扫描，获得了超过阿贝极限的清晰图像。这一发明称为受激发射损耗（STED）显微技术。



莫纳



赫尔



贝齐格

埃里克·贝齐格、威廉·莫纳通过打开和关闭单个分子的荧光，对同一区域多次成像，每次只让几个零散的分子发出荧光。通过对这些图像进行叠加处理，从而能够获得一幅纳米级的高清图像。埃里克·贝齐格在2006年首次将这一技术投入实际应用当中。

按照诺贝尔化学奖评审委员会的说法，三位科学家的成果将显微技术带入“纳米”领域，让人类能够“实时”观察活细胞内的分子运动规律，为疾病研究和药物研发带来革命性变化。

“在帕金森氏症、阿尔茨海默氏症或亨廷顿氏症发作时，科学家可以跟踪与之有关的蛋白质变化；受精卵分裂并发育成胚胎的过程中，他们也可以观察这些单个蛋白质”，诺贝尔化学奖评审委员会说，三人的研究成果为微生物研究带来了几乎无限的可能，“理论上讲，如今没有什么物质结构小得无法研究”。今天，纳米纤维技术已经在全球被广泛使用，并且不断为人类做出新的贡献。

定位、导航，大脑是这样做到的

2014年诺贝尔奖生理学或医学奖颁给了三位在这方面有重要突破的科学家，他们是英国伦敦大学学院的约翰·奥基夫（John O'Keefe，1939-）、挪威的梅-布里特·莫泽（May-Britt Moser，1963-）和爱德华·莫泽（Edvard Moser，1962-）。他们的工作揭示了大脑在定位和导航方面的重大秘密，引领着神经生理学界发现了大脑中自带的定位导航系统。

□付　立

大脑是人体最重要的也是最神秘的器官，感知位置和导航的能力是大脑最基本的功能之一，可大脑究竟是如何做到这一点的，长期以来一直是科学家试图搞清楚的问题。2014年诺贝尔奖生理学或医学奖颁给了三位在这方面有重要突破的科学家，他们是英国伦敦大学学院的约翰·奥基夫（John O'Keefe，1939-）、挪威的梅-布里特·莫泽（May-Britt Moser，1963-）和爱德华·莫泽（Edvard Moser，1962-）。他们的工作揭示了大脑在定位和导航方面的重大秘密，引领着神经生理学界发现了大脑中自带的定位导航系统。

这世上有些事情看似很简单，细想一下却可能很是深奥，比如我们回家，我们的大脑究竟是如何做到让我们顺利地回家的？因为要想走回家，有许多需要处理的事项：需要知道此刻自身所在的位置，需要知道家在哪里，需要确定往哪儿走，何时拐弯，何时停下……在这个过程中，大脑是如何感知身处何地的？大脑是如何选定从一个地点到另一个地点路线的？大脑又是如何将这些信息储存起来以便用于下次引路的？给人们留下了许多谜团，一旦破解了这些谜团，也就弄清了大脑定位和导航的机制了。



梅-布里特·莫泽和爱德华·莫泽夫妇已经合作了30年



约翰·奥基夫

破解第一个谜团的人是奥基夫，他发现大脑中有一种“位置细胞”能够在经过某些地方时指出所在位置。那是1970年，奥基夫和他的团队在做一个实验。他们把电极记录器安置在小鼠大脑的海马体区域，然后让小鼠在一个陌生的环境里自由行动。结果发现小鼠的海马体区域有一种特殊的神经细胞会对它所在的位置产生选择性兴奋，比如当小鼠靠近一个轮子，或是到达门前的位置时才会被激活。这种特殊的神经细胞就是“位置细胞”，它以选择性激活的方式赋予那些特定的位置以特殊的标识，让大脑能够记住身体曾经到过的那些地方，于是在小鼠的脑中形成了一幅关于周边环境的“地图”。

“位置细胞”的发现提示了一个充满希望的研究方向，引领科学家们去寻找其他类型的与导航相关的神经细胞。几年之后果然发现了“头部方向细胞”，这是一种能够识别头部朝向的神经细胞，它通过选择性兴奋来标识方向。比如：当头部朝向东方的时候，一组细胞会兴奋；而头部转向西方时，则是另一组细胞兴奋。“头部方向细胞”就以这样的方式为身体指示前进的方向。

而对于导航能力极为关键的“网格细胞”，其发现就要归功于至今已经相濡以沫28年的莫泽夫妇了。2005年，莫泽夫妇在实验时发现，在小鼠通过某一些特定位置点的时候与海马体相邻的内嗅皮层区域的神经细胞也会发生激活，而且这些位置点构成了一个呈六边形的网格形状，很像中国跳棋的棋盘。可是小鼠活动的地方并没有六边形存在，因此这一形状只是小鼠大脑的产物。它叠加在环境背景之上，只要小鼠经过这一六边形上的某一点时，其对应的神经细胞就会被激活。这些被激活的细胞就是网格细胞，它们建立起一种空间表象，起到了建立坐标系的作用，记录下所有在移动中产生的位置信息，记录下身体行进通过的路径。这样一来，尽管小鼠在陌生的环境中来回穿行，随意走动，但网格细胞可以随时调取提供所记录的信息，确保它不会找不到回家的路。

奥基夫发现的“位置细胞”与莫泽夫妇发现的“网格细胞”一起构成了小鼠大脑中的定位导航系统，这种系统就像大脑内置的“GPS”能够完成复杂的定位和导航任务。后来，科学家们已经在包括人类在内的很多哺乳动物身上发现了同样的由“位置细胞”和“网格细胞”构成的定位导航系统，也就是说，我们能够顺利找到回家的路同样需要依赖我们大脑中的这套系统。只有借助于这个定位导航系统，我们才能够正确地了解自己所处的环境，才能够恰当处理自己与周围物体的关系，才能够在复杂的环境中识别、记忆并辨别方向，才能够具有良好的空间能力。

另外，在研究大脑的定位、导航机制的同时，也揭示了大脑认知过程中的其他一些奥秘。就在研究“网格细胞”的时候，莫泽夫妇发现这些“网格细胞”形式丰富，形成的图形有着大小的差异，有着方位的不同。尽管如此，它们却具有复杂而稳定的结构模式：产生大小与方位相同图形的细胞聚集在一起构成了一个独立单元，各个单元沿着内嗅皮层上下方向分布，较大的位于下部，相邻单元产生图形的大小相差1.4倍，遵循着一个严格的数学公式。这些结构的存在似乎在提醒人们注意大脑细胞是作为一个整体来执行高级认知功能的，对于记忆与位置环境之间的关系需要进行更为深入的研究，从而开辟了人类研究记忆、思考等认知过程的新途径。

我们的大脑有着太多的未知，因此人们对于这一领域的后续研究及其应用充满期待。比如，由于“网格细胞”所在的内嗅皮层也正是阿尔茨海默综合征患者最先发生损害的部位之一，而病的最初的症状也正是记忆丧失与无法辨识外界环境。所以人们希望通过对“网格细胞”深入研究，理解人类大脑空间记忆的中枢机制，找出记忆的丧失现象的原因，找到预防和治疗阿尔茨海默综合征这类脑部疾病的办法。我们相信在不远的将来，科学家们对于大脑的研究成果就会直接造福于人类社会。