

激光打印、激光制版和激光刻字

龚焕明 徐惠仁 施亚玲

(上海市激光技术研究所)

随着激光和光学技术的发展,激光打印、激光制版和激光刻字等技术越来越多地得到了应用。在这些应用领域中,激光印刷是最活跃的方面。1985年,国外的激光打印机销售总额是18.3亿美元,比1984年增长61%,预计1986年的销售量可达48.3亿美元,比1985年增长164%^[1]。

本文将介绍用于激光打印、激光制版和激光刻字的元器件,激光打印、制版和刻字的工作原理与展望。

一、用于激光打印、制版和刻字的元器件

1. 激光源

(1) 气体激光器

气体激光器是激光印刷中用得较多的激光源,它有相当可靠的性能,对很多的印刷制版材料有着合适的波长和足够的曝光功率。

(a) 氦-氖(He-Ne)激光器: 其波长为6328 Å,是一种使用得相当多的激光器。它的结构简单,操作方便,价格低,可靠性高,输出功率为几个mW到几十mW,小功率激光器的寿命为10⁴h。

对激光打印机来说,He-Ne激光器的波长正合适,但其主要缺点是输出功率较小(1mW/5—15cm),它的波长对许多印刷材料(包括某些静电复印的光导体)不灵敏。即使如此,不少激光打印机还是使用He-Ne激光器。

(b) 氦-镉(He-Cd)激光器: 其波长为4416 Å。它的优点是单位长度发射的功率比He-Ne激光器高二倍,并且其波长对较多的光接收体是灵敏的,缺点是噪音较大,寿命不如He-Ne激光器高。

(c) 氩离子(Ar⁺)激光器: Ar⁺激光器发射几个波长的光,从紫外到蓝绿光,输出功率从几十mW到15W。由于其功率大,能使许多相当不灵敏的制版材料(例如光致抗蚀剂)也能曝光。Ar⁺激光器的寿命达数千小时。

(d) 二氧化碳(CO₂)激光器: 波长为10.6 μm,输出功率为几W到几kW,寿命几千小时到上万小时。其特点是输出功率高,可以脉冲式工作,调制频率达50kHz。它主要用于激光刻字和制版。

(2) 掺钕钇铝石榴石(Nd³⁺:YAG)激光器

这种激光器的波长为1.06 μm,输出功率为几W到几百W,脉冲调制后,峰值功率可达几十kW。1.06 μm的波长对某些制版材料是灵敏的,并且金属类物质对1.06 μm的光比对CO₂激光的反射要低得多。这类激光器可用于激光刻字和激光制版。

(3) 半导体激光器

该激光器的波长为7500—9000 Å,输出功率为几mW至几十mW。在激光印刷中,由于半导体激光器体积小,价格低,近年来有取代He-Ne激光器的趋势,如同晶体管取代电子管一样。它的特点是本身可作电流调制,无需外加光调制,调制速率高,从几MHz到几十MHz。寿命达几万小时。

2. 光调制器

在激光印刷中,半导体激光器是自身进行光调制的,而其他激光器则需外加光调制器来控制激光束的通或断。最常用的是声光调制器,其工作原理是利用声波和光波在介质中相互作用产生光的衍射。调制速度为10ns,常用的声光调制器有重铅玻璃、钼酸铅和氧化碲等。

另外还有电光调制器, 它的调制速度比声光调制器快。

3. 光偏转器

(1) 多面体转镜

在激光印刷中, 常常采用高速马达带动的多面体转镜作为光偏转器, 它在以等角速度进行线扫描或光栅扫描时具有许多优点: (a) 分辨点数多; (b) 偏转角大; (c) 光损耗小; (d) 光学畸变小; (e) 偏转角速度几乎不变。其缺点是: (a) 因为各面相对于偏转轴的倾斜程度、各个面的平整度、分割的精度以及旋转的不均匀性等都会引起扫描轨迹的不均匀, 从而使画面跳动, 引起画面质量下降, 因此多面体的制作、装配和动平衡, 要求有严格的公差; (b) 不能由外加脉冲触发, 即不能随机扫描; (c) 驱动马达的转速必须十分稳定。

多面体镜有角锥型和角柱型两种。角锥型的特点是扫描速度稳定, 在重视直线性的激光印刷中应考虑选择角锥型多面体镜。角柱型多面体由于其形状对称, 所以机械系统工作稳定, 分辨率好。

(2) 旋转全息偏转器

成本低廉的旋转全息图, 也可以用来做光偏转器。旋转由全息技术作成的等间隔直径衍射光栅, 即可实行圆弧扫描, 用光学系统对扫描线的弯曲部分进行修正后即可实现直线扫描。

(3) 声光偏转器

其原理同声光调制器。其偏转角由声频控制, 声频依照光束方向的变化而改变。偏转光的强度由声波强度控制。市场上现在已有分辨点数为 1000, 存取时间为 $10 \mu\text{s}$, 扫描速率为 20 kHz 的声光偏转器出售。它的缺点是偏转角较小, 分辨点数少。

(4) 振镜

振镜的工作原理跟普通的电流表指针的偏转相类似。它的优点是可作随机扫描器, 亦可作线性扫描器。在激光刻字机中作随机扫描器, 在激光印刷中作为行扫描器。目前常用的动铁式振镜和动圈式振镜速度比较低, 为几百 Hz, 偏转角 $\pm 10^\circ$, 但谐振式振镜的偏转速度已达 15

kHz, 开始用在办公室使用的小型激光打字机上。

上述四种光偏转器中, 声光偏转器、多面体转镜和旋转全息偏转器属于高速偏转器, 振镜为低速偏转器。

二、激光打印

七十年代末, 市场上已有了使用激光的静电印刷机出售。目前, 这类激光印刷机有了很大发展。有很多公司(如 Xerox, IBM, Siemens, 佳能 CX 等)已生产出性能良好、功能更加完善的激光印刷机。一些和计算机主机相联的印刷机(打印机), 其打印速度超过每分钟 100 页。一般作为微机输出器件的激光打印机, 其打印速度为每分钟十页至数十页, 打印密度为 300 点/in, 更高的为 480 点/in, 印出的文字、图象(也可是彩色的)清晰、精细、质量很高^[2]。

1. 基本原理

激光印刷机是静电照相和激光两种技术综合的结果。

静电照相技术发明于 1937 年。其原理是带电荷的感光鼓表面的感光物质在光照成象处形成“潜”在的静电图象, 调色剂细粒在静电场作用下粘附在鼓面感光物质的表面上, 使静电潜象显影, 再利用高压静电作用使鼓面潜象转印到纸上, 然后将调色剂融化和加压, 图象就在纸面上固定下来(即定影)。

1960 年, 贝尔实验室发明第一台激光器后, 激光以其高强度的定向辐射和高密度的光束聚焦, 为打印机的高速运转以及获得清晰的图象提供了条件。目前, 一些打印机已应用半导体激光器。

2. 工作过程

以西门子公司生产的激光打印机为例(见图 1), 以小型 He-Ne 激光器或半导体激光器为光源, 由计算机送入一系列数字信号来控制多种超声频率, 使通过声光调制器的激光产生多股偏转光束, 以加快印刷速度。再用一路数字信号控制的超声波频率来调制激光的通与断, 声光调制器的调制速度一般达 10 ns 数量级

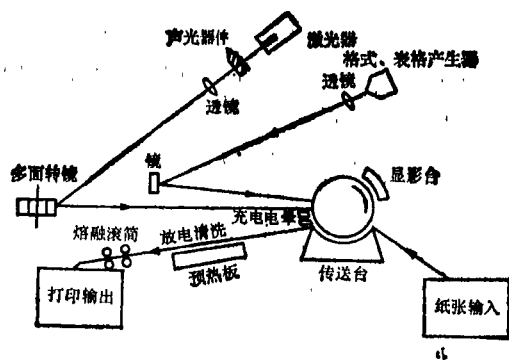


图1 激光打印机简图

(100 MHz)。扫描器一般采用六面或八面的多面旋转镜。当受声光偏转器调制的多股光束通过多面旋转镜扫描投影到感光鼓上时，由偏转器控制的表格覆盖器的一路光束也同时照射在感光鼓上，形成“潜象”，再经过显影和转印，最后定影在白纸上，从而完成了整个打印过程。

适应于 He-Ne 激光的感光材料有硫化镉 (CdS)、掺碲 (Te) 的硒 (Se) 和某些有机半导体物质。目前已有彩色激光绘印机供应市场。

三、激光制版

1. 基本原理

激光制版的原理是用低功率的激光器 (例如 10 mW 的 He-Ne 激光器) 执行原稿的读出功能,扫描单色原稿。在原稿附近放一接收器,随着 He-Ne 激光器的扫描,将形成的数字信号调制较高功率的激光 (如 10W 的 Ar⁺ 激光),在版材上扫描,使制版材料表面的金属薄层蒸发或感光材料曝光,以绘出图象,执行在版材上的书写功能。这样,从计算机校核产生的电子文字到版面设计都由一个系统迅速完成,报刊版面都能实现数字信号化并由计算机的中央处理机存储,通过计算机与激光-扫描系统的连接,完成印刷工作,大大节约了人力和时间。

2. 制版材料

(1) 分辨率。分辨率与制版质量的好坏关系十分密切。虽然印刷的清晰度与印刷方式有

关,但分辨线数越多,清晰度越高,在视觉上便可获得连续的色调感。激光束光斑直径、模式、能量分布和稳定性等都对分辨率有很大的影响,而且受制版材料的支配。通常以网版线数表示分辨率。一般使用的线数是,凸版: 55—133 线/in,胶版 65—175 线/in,照相凸版 133—175 线/in。

(2) 灵敏度。制版材料对激光波长和能量有相应的灵敏度。过去,人们把与电弧灯、氙灯、水银灯等光源的光谱能量分布相符合的感光材料用作制版材料。各种激光器有其特定波长。上述光源的波长区域不同,对所需的制版材料的要求亦不同^[3]。在使用 He-Ne 和 He-Cd 激光器时,因输出低,如以灵敏度高的银盐感光材料作底片,则能充分曝光,但作印刷版使用时却不能完全曝光,因此人们要使用输出大的紫外 Ar⁺ 激光,并希望获得适合紫外 Ar⁺ 激光的制版材料。目前,多数激光制版机都使用 15 W 的 Ar⁺ 激光作为写入光源。在整个输出中,紫外光占 1—2 W,波长 4880 Å 和 5145 Å 的可见光分别约为 5 W。欧洲市场上的 Kalle 版和美国市场上的 Azoplate 版对紫外的感光灵敏度为 8 mj/cm²,存储期为一年;美国 3 M 公司的供试验用的版灵敏度为 3 mj/cm²; Anocoil 试验版则为 1 mj/cm²。

3. 激光照相凸版制版机

照相凸版的制作,原来都是在圆筒上涂上感光材料,经曝光、腐蚀而形成凹版的。但存在工序多、时间长、成本高和有废液处理等问题。现采用激光制作,即用 He-Ne 激光扫描原稿产生的数字信号,由声光调制器调制 Ar⁺ 激光,使凸版表面无画象部分的铜层蒸发,再用 CO₂ 激光将无画象部分的硝酸纤维素类树脂蒸发,形成凸版。

图 2 是一台实用的激光制版机 (凸版用) 的光路示意图。

4. 激光电子照相排字机

采用激光以前的工艺是,由已数字信号化了文字图象的存储器把所需的文字读出并书写在阴极射线管上,再在银盐感光材料上绘出文

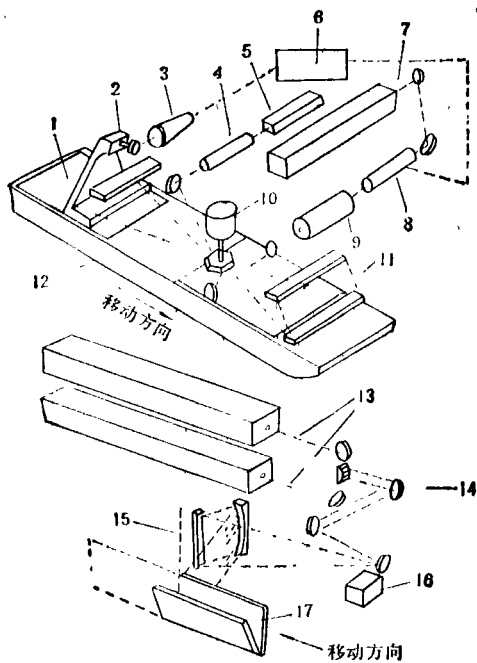


图2 激光制版机光路示意图

- 1.原稿; 2.光接收器; 3.光电变换器; 4.会聚透镜;
5. He-Ne 激光器; 6. 视频信息处理机; 7. Ar 激光
输出光线; 8. 调幅器; 9. 会聚透镜; 10. 旋转镜; 11.
划线部; 12. 扫描部分; 13. CO₂ 激光输出光线; 14.
擦去组件; 15. 擦去部; 16. 扫描器; 17. 插入金属板

字。而现在是用激光来代替阴极射线管。图3是激光照排机的光学示意图。2 mW 的单模 He-Ne 激光器发出的光束,经声光调制器衍射的 I 级光,由光扩束器进入声光偏转器。第一块柱面镜使光束压缩,在其焦点处,安放声光偏转器(Y 方向),这样光束通过声束的渡越时间小,可以提高偏转速度。第二块柱面镜将偏转后的光束复原。振镜使光束在 X 方向偏转,经过平场扫描透镜,在焦平面处的感光胶片上记

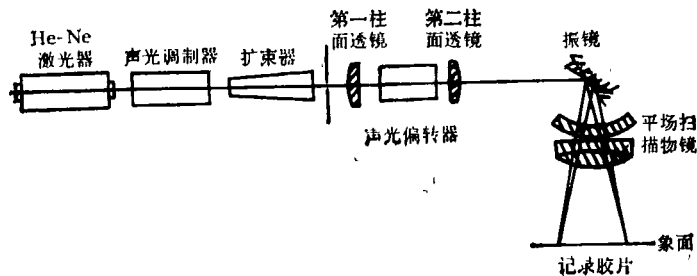


图3 激光照排机光学示意图

录下文字信息。一行文字扫完后,由步进电机带动胶片,使胶片移一行,继续上述过程。此系统分辨率达 24 线/mm,有效记录幅面为 150 mm;用正片输出时,输出速度为 100 字/s(对于 32 × 32 点阵)和 30 字/s(对于 96 × 96 点阵)。

四、激光刻字

近几年来,由微机控制的激光刻字技术得到了较广泛的应用。它可以取代传统的刻划工艺,为各种工具(如钻头、铣刀、硬质合金刀具、刀具等),量具(如游标卡尺、千分卡、光栅标度尺等),电子元件(如电阻、电容、晶体管、集成电路、印刷线路版等),包装药品和食品的容器,各种装饰品和日用器具以及其他各种产品刻写商标、型号、标度和图案等。

激光刻字系统以高功率聚焦的激光为光源,在微机控制下直接对工件进行刻绘。这种高精度、高速度、一次成型的非接触式新型刻绘工艺,打破了传统的刻绘方式,它不仅操作方便,无噪声,无污染,而且能够对一些平常不易刻绘的材料和难以刻绘的微小工件进行加工。因此,在用途众多的刻绘业中,激光刻字有着广阔的应用前景。

激光刻字有两种工作方法:一种为母版成象法,另一为光束偏转法。

1. 母版成象法

先将所需刻绘的内容刻制成母版。工作时,作为刻写光源的横向激励大气压 CO₂ 激光通过光学系统后照射在母版上。母版上的内容

再经过一光学系统成像到被刻的物件上,就能刻绘出与母版内容相同的字符和图案来。

被加工的物件通常为非金属材料,如玻璃、塑料、涂绘薄膜等,刻写速度为5—10次/s,一个激光脉冲的刻写面积在35 mm²以内。

2. 光束偏转法

所谓光束偏转刻字是指用微机控制偏转器来使光束按预定程序偏转和扫描,从而实现激光书写、刻绘的方法(见图4)。

先将需要刻绘的内容以软件形式输入计算机系统,刻绘时,刻绘光源(连续调Q的YAG激光或被调制的连续CO₂激光)通过光扩束器后射向第一个偏转器——X偏转器,X偏转器的偏转可使光束在X方向上扫描和定位,然后到达第二个偏转器——Y偏转器,Y偏转器则决定了刻绘光束在Y方向上的扫描和定位。最后由扫描透镜将光束聚焦到被刻物件上,烧蚀出一个个凹坑。当微机控制偏转器按预定程序进行扫描并相应控制调制器工作时,就能在工件上刻绘出所需的图案和文字来。

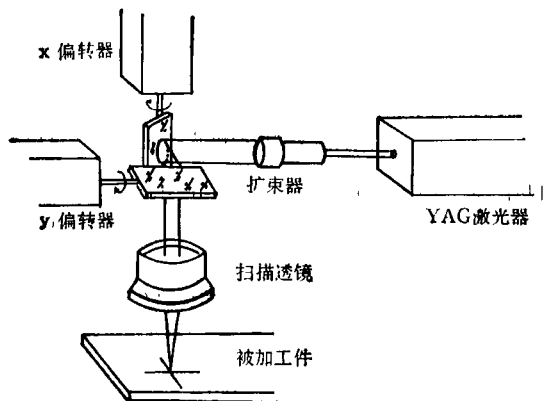


图4 光束偏转法刻字光路示意图。

光束偏转法刻字的特点如下:

(1) 微机控制偏转器,扫描形式可任意选择(随机扫描或顺序扫描),刻绘的图形,文字的大小、形状均可根据需要改变,并可用改动程序的方法很方便地部分或全部改变刻绘内容而无需重制母版,这对于需要随商标同时刻写出生产日期的产品来说是至关重要的。

(2) 刻写速度为10—15个字符/s。

(3) 刻写范围可达50 × 50 mm²—100 × 100 mm²。

适合于YAG激光刻字机加工的材料有金属和塑料等。

五、展 望

激光束的偏转是激光打印、制版和刻字的关键部件。采用机械偏转的机构显得过于复杂。IBM公司的K. E. Peterson研制了一种新的有意义的偏转系统^[4]。在硅片上先涂复一层二氧化硅的绝缘膜,然后再涂上一层金属接触层。把这些金属层刻成一些薄长条,在薄膜上刻出一些凹槽。金属接触层是能反光的,伸展到凹槽上的长条能随着所充的电荷上下移动,电荷被充在接触层和硅基层之间。激光束被聚焦到一个或几个长条上,在长条和硅基底之间的电压的作用下,长条产生静电弯曲,从而使激光束产生偏转。

对于机械式打印系统来说,点矩阵撞针法的印刷头是由一系列垂直方向间隔的针来实现字符的垂直写入的。用一套光纤透镜将光从半导体激光器阵列引出,进行多光束阵列扫描,同样可以得到垂直方向的偏转。

为了在中、高速激光印刷中也能用上半导体激光器,有必要在红外波段研制灵敏度高的感光体,如有机光导体、非晶硅等,并使半导体激光的输出为功率高的可见光。

随着紫外激光器的发展,也带来了紫外制版材料的问题。与现有激光器相比,涂布速度太慢。当把涂布速度调整到适应于激光器时,贮存寿命便会缩短到仅仅几小时,而且版子的耐印力也大大降低,除非使用价格特别昂贵的版子。但欧洲的Kalle版和美国3M公司的版子,其性能都有很大的提高。Kalle XN8S激光版子是一种预先涂布好的版子,具有极佳的原样复制能力,而且只需要降低到10 mW的功率就可曝光,印版耐印力在试验中达到15万张而无磨损的痕迹。美国3M公司的用作感光涂复的光聚合物激光高速涂料,在耐久性和曝光水

平方面似乎能与 Kalle XN8S 版子相匹配。

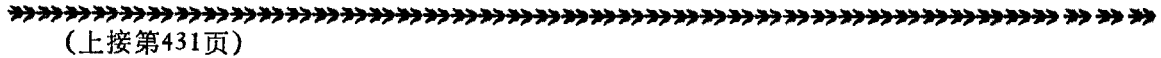
同激光印刷竞争的有发光二极管阵列、液晶阵列的光印刷。发光二极管有可能取代激光源。Agfa-Gevaert 公司在 p 400 型印刷机上用发光二极管取代了 He-Ne 激光源。该机使用 3456 个发光二极管, 获得了与激光扫描相似的结果。它的性能为: 扫描速度 18 页/min, 400 点/in^[5]。

但是同其他方式的印刷机相比, 激光印刷机具有高速、高清晰度和可在普通纸上印刷等

特点。目前正在朝更小型、低价格方向努力。它是计算机外围设备、办公室自动化的可靠而有效的工具。

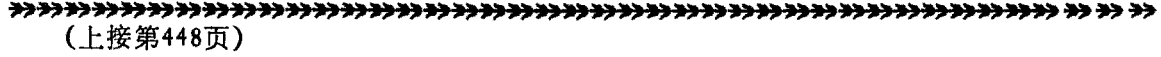
参 考 文 献

[1] L. Branst et al., *Lasers 87 Applications*, **5-1** (1986), 45.
 [2] W. White, *Laser Printing: The Fundamentals*, Carnegie Press Inc., (1983), 36.
 [3] 佐久间修, 村上充史, *化学工业*, **20-4**(1976), 287.
 [4] K. E. Peterson, *Opt. Spectra*, **15-7** (1981), 50.
 [5] J. Cavuoto, *Lasers 87 Applications*, **3-10** (1984), 69.



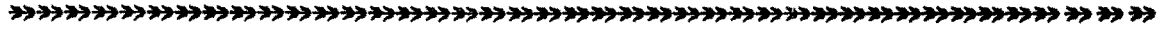
(上接第431页)
 291.
 [4] Harshaw Radiation Detectors, Harshaw/Filtral Partnership (1984).
 [5] M. Bormann et al., *Z. Naturforschung*, **14a** (1959), 681.
 [6] P. Harihar, *Nucl. Instr. and Meth.*, **127**(1975), 387.
 [7] J. Alarja et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **242** (1986), 352.
 [8] E. Costa et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **243** (1986), 572.
 [9] R. M. Lieder et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **220** (1984), 363.
 [10] R. L. Health et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **162** (1979), 431.
 [11] R. Hofstadter et al., *Nature*, **221** (1969), 228.

[12] M. Oreglia et al., *Phys. Rev. D*, **25** (1982), 2259.
 [13] G. Blonar et al., MPI-PAE/Exp E1. 94 (1981); M. Cavalli-Sforza et al., Proc. Int. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics, SLAC (1982), 216.
 [14] D. F. Anderson, Proceedings of the International Workshop on Bismuth Germanate, Princeton Univ., ed. C. Newman-Holmes (1982), 181.
 [15] D. F. Anderson et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **228** (1984), 33.
 [16] R. Hofstadter et al., *Rev. Sci. Instr.*, **35** (1964), 246.
 [17] D. E. Wagoner et al., *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-31** (1984), 53; B. Cox et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **219** (1984), 487.



(上接第448页)
 [15] E. Fermi, *Supplement to Nature*, **140-3555** (1937), 1052.
 [16] P. Kapitza, *Supplement to Nature*, **140-3555** (1937), 1054.
 [17] A. S. Eve, Rutherford: Being the Life and Letters of

the Rt Hon. Lord Putherford, Cambridge, (1939), 430—431.
 [18] A. S. Eve, Rutherford: Being the Life and Letters of the Rt Hon, Lord Rutherford, Cambridge, (1939), 431.



1987 年 第 8 期《物理》内容预告

为了完整地记录中国物理学会第四次全国会员代表大会的报告内容, 经研究决定将会上的全部报告出两期专刊, 分别于 1987 年第 8, 9 两期刊登。1987 年第 8 期内容如下:

在中国物理学会第四次全国会员代表大会上的工作报告(钱三强); 中国物理学会章程修改报告(洪朝生); 中国物理学会第四次全国会员代表大会总结(谢希德); 中国物理学会章程; 中国物理学会第四次全国会员代表大会关于学会章程及修改会章报告的决议(1987 年 3 月 1 日通过); 中国物理学会第四次全国会员代表大会关于第三届理事会工作报告的决议。(1987

年 3 月 2 日通过); 中国物理学会第四次全国会员代表大会关于增选钱三强、彭桓武为名誉理事的决议(1987 年 3 月 2 日通过); 中国物理学会第四次全国会员代表大会主席团名单; 中国物理学会第四届理事会名单; 高能物理的发展(叶铭汉); 冲击波物理学(经福谦); 国内液晶学科的近况(谢毓章); 相图工作的进展(张维敬); 现代宇宙学进展(方励之); 聚变裂变混合堆(李寿楠); 从鲁斯卡获 1986 年诺贝尔奖金物理学奖谈电子显微学(郭可信); 波谱学的进展(王义道); 近代发光学进展(徐叙瑛); 物性的光散射研究(中国物理学会光散射专业委员会)。