

几个国家的光学工业概况

仪器仪表国外工业资料之十

第一机械工业部第四局技术情报室編

一九六三年七月·北京

目 录

引言.....	1
一、发展过程.....	2
1 第一次世界大战以前.....	2
2 第一次世界大战到第二次世界大战.....	4
3 第二次大战以后.....	6
二、生产.....	7
三、国际贸易.....	13
四、企业.....	16
五、科学研究.....	18

引 言

早在古代，人类就已经使用了反射鏡，透鏡等最简单的光学元件。大約由十六世紀末开始，相继出現望遠鏡、顯微鏡、简单的測量儀器、分光計等用几个光学元件組成光学系統的儀器。經過三百多年，光学儀器發展成品种丰富的一类儀器了。一般說來，現代光学儀器大致上包括望遠鏡与天文光学儀器、大地測量与大地測量儀器、顯微鏡、物理光学儀器、計量光学儀器与光学測試儀器，以及技术照相机等。第二次世界大战后，光学儀器制造技术发展得特別快，相继出現了許多新原理的产品。在儀器結構，元件材料的使用和加工工艺等方面都起了很大变化。例如由于光电元件的有效应用，形成了一类光电式光学儀器。它是精密机械，光学与电子学技术高度結合的产物。又如电子顯微鏡，除了电子光学与几何光学的相似性之外，从許多方面看，倒不如說是电子儀器更为恰当。的确，現代光学儀器在不少方面已經突破了原来光学机械的概念，人們越来越趋向于用“精密机械——光学——电子学”这个名詞来概括今天的光学儀器制造技术了。此外，近代物理学的最新成就在光学儀器中也有很多反映。其中突出的例子是光量子放大器。根据量子力学的受激輻射原理，它能将光流放大，并且不論在单色性、准直性、偏振性、会聚性等方面，都較原有光学儀器优越得多，使用前途极广闊。总的說來，現代光学儀器已經迈进一个新阶段。

十九世紀以前的光学儀器主要应用在天文、物理、生物等科学研究，以及航海和战争中。二十世紀中两次世界大战使軍用光学儀器得到迅速发展。同时，高速发展的工业生产也要求采用精密的光学設備，因而使光学儀器的应用日益广泛。現代光学儀器已經成为国民經济，科学研究，和国防建設中不可缺少的重要設備。

本文試图說明几个先进工业国家（苏联，民主德国，西德，美国，日本和英国）的光学工业的发展过程和現狀。叙述按下面五部分进行：

- 一、发展过程；
- 二、生产；
- 三、国际貿易；
- 四、企业；
- 五、科学研究。

一、发 展 过 程

1 第一次世界大战前

最早的光学仪器望远镜最初出现在十七世紀初的荷兰和意大利等国家。紧接着，許多基于望远镜原理的天文光学仪器，大地测量仪器，航海仪器和軍用仪器都相继出现。現代光学显微镜是較后才制成的。至于分光鏡則在十九世紀初期出现。当时天文，物理等科学研究工作的需要，曾促使不少科学家或仪器設計家大力改进光学仪器，制成一些在当时来说质量相当良好的仪器，对光学仪器制造技术的进步起了很大的促进作用。已經十分发达的航海事业和經常发生的战争对光学仪器的需要是使光学仪器生产扩大的主要推动力。但是在那个时候，不論是科学研究或航海和战争对光学仪器的需要量毕竟不是很大的。在早期的工业生产中，又并不需要像光学仪器这样的精密設備。因此生产技术已发展到相当水平的光学仪器制造业在这些最早的資本主义国家中，长期停留在个体生产的作坊经营状态。直到十九世紀下半期才陸續出现近代資本主义工厂式经营的光学仪器生产企业，使光学仪器生产进入近代工业生产阶段。若由十七世紀开始計算，英国、德国等西欧国家的光学仪器制造业已经历了三百年。而美国是十九世紀才开始制造光学仪器的，到此时也有一百多年了。

十九世紀初，瑞士人桂南德 (Guinander) 和德国人烏特芝內德 (Utzschneider) 合作，在德国建立起先进的光学玻璃生产技术，生产出品质优良，体积相当大的光学玻璃块。这一成就給德国早期光学仪器制造的发展提供了极优越的条件。一些著名的光学专家和光学仪器制造家的紧密合作，对德国光学仪器生产水平的提高起了很大作用。如耶拿大学教授阿貝建立了光学显微镜的成像理論。他的研究工作与卡

尔·蔡司公司的光学仪器生产的发展关系非常密切。十九世紀中期正是德国工业革命时期，这时候出现了大批光学企业，規模一般都較大。到1895年，德国“精密机械与光学工业”职工总数已达17,941人，职工50人以上的企业已有43个，拥有的职工占本行业职工总数的25.6%。到1907年，这一行业职工总数已增至37,518人，职工50人以上的企业增至121个，拥有的职工占本行业职工总数的57.6%。光学仪器工业是这一行业中的主要部分，最著名的产品有显微镜，测量仪器和天文望远镜等。如此龐大的光学工业当时在全世界是非常突出的。德国光学工业发展特别快的主要原因，是它服务于軍国主义者瘋狂的备战政策。后者把发展光学工业作为备战的重要部分。例如德国皇帝便曾把光学玻璃看成为三大战略物資之一，与火药，鋼鉄并列。因此軍用光学仪器生产在光学工业中迅速上升。且就当时德国两家最大的光学公司蔡司和哥茨 (Goetz) 来考察。蔡司公司的国内外軍事訂貨在总銷售額中占的比重到第一次世界大战前夕已上升到70%左右 (見表 I.1)。此外，在1900年至1914年間，該公司的資金由370万馬克猛增到1,950万馬克。职工人数在1911

表 I.1 第一次世界大战前夕蔡司公司軍事訂貨的增长状况

年 度	国内外軍事訂貨在总銷售額中占的比重 (%)
1899/1900	17
1901/1902	26
1904/1905	64
1909/1910	63
1911/1912	67
1912/1913	76
1913/1914	67

来源: Carl Zeiss Jena: Einstund Jetzt 柏林 Rütten & Loening 1962年版。

年已达 3,007 人,差不多等于 1890 年的 7 倍, 1907 年的 2 倍。而哥茨公司简直就是軍事訂貨的产儿。它在 1890 年建厂时只有 25 名职工。在軍事訂貨和軍事部門的直接資助下,規模迅速扩大。到 1911 年已有职工 2,500 名,到 1914 年战争爆发时上升到 3,000 名,产品几乎全部是軍用品。

英国的光学仪器制造技术在十九世紀上半期尚不及德国等欧洲大陆国家。只是在下半期从欧洲大陆引入先进的光学玻璃制造技术之后,才給它的光学仪器,尤其是大孔径天文望远镜的制造打开了新的局面。1855 年著名的光学仪器制造家庫克 (Thomas Cooke) 在英国开设了第一家工厂式經營的光学企业,生产望远镜和测量仪器。庫克在 1869 年制成了当时世界上孔径最大的 25 吋折射望远镜。如今英国的大型天文光学仪器生产者格魯布·帕逊 (Grubb Parson) 公司的創立者格魯布也在六十年代初建立了巨型望远镜工厂。到十九世紀末,現在英国最重要的光学仪器公司都已相继成立了,例如,黑尔格 (Hilger), 华滋 (Watts), 格魯布·帕逊, 泰勒 (Tayler), 庫克 (Cooke), 別克 (Beck), 巴克 (Baker), 斯惠夫特 (Swift), 瓦特逊 (Watson) 等。这些公司中,有的在更早的年代便已成立 (已知英国奥吐威 (Ottoway) 公司号称成立于 1640 年),但当初只是一些小作坊,不能算是工厂。历史长久,規模小,这是英国光学仪器工厂的特点。黑尔格公司在二十世紀头十多年先后生产出几种光谱仪器,例如可見光波长分光計 (1904 年), 恒偏角波长分光計 (1908 年), 紫外中型石英摄譜仪 (1909 年) 和大型石英摄譜仪 (1912 年), 以及紅外分光計 (1913 年)。在这方面当时英国是走在德、美等国前面的。

在美国,直到十九世紀初,仍只有若干眼镜店。此外,只有个别天文学家制造过一些小天文望远镜。到十九世紀下半期,天文学研究的成就才使望远镜之类的仪器制造兴盛起来。出現了一些著名的天文光学仪器制造者。

制成了不少大型天文望远镜,例如 36 吋折射望远镜 (1882—1888 年), 40 吋折射望远镜 (1897 年), 60 吋反射望远镜 (1908 年) 等。此外, 100 吋反射望远镜也开始制造 (1917 年制成)。大型天文光学仪器的制造給美国大型精密光学仪器工业打下了基础,成为美国光学仪器制造的先锋。但在其它光学仪器方面却大大落后于西欧国家。例如,直到 1876 年才制成美国第一台变消色差显微镜,較德、法、英等国落后了二、三十年。它的大型天文光学仪器制造的发展也是不平衡的,所用的大块光学玻璃还需由英国等供給。不过,这时候照相机制造在美国首先兴盛起来。依斯特曼、柯达 (Eastman Kodak) 公司于 1889 年成立, 1892 年开始生产手提照相机。这类消費品的壟断生产使柯达公司发展很快。在光学仪器制造技术方面,值得称道的是光栅刻制方面的成就。这项精密产品的刻制技术是十九世紀八十年代罗兰 (Rowland) 在霍普金斯 (Hopkins) 大学首先創立的。他作成的光栅刻划机成功地刻制出精密的凹面光栅。光栅的刻制成功无疑給以后美国光栅光谱仪器的大量发展提供了先决条件。到十九世紀末,除了重要的天文光学仪器工厂如克拉克 (Clark), 布拉德希尔 (Bradshear), 和照相机工厂柯达之外,还成立了如今著名的鮑許隆 (Bausch & Lomb) 公司,美国光学公司的前身斯宾塞 (Spencer) 公司等等。不过,这些公司当时的規模都不大,产品质量不佳,数量不多,还未到发展阶段。例如斯宾塞和鮑許隆公司当初都只是眼镜店,直到二十世紀初才开始扩大到各种光学仪器的生产。此外成立于 1851 年的康宁 (Corning) 玻璃公司到九十年代才开始生产光学玻璃。在軍用光学仪器方面,陸軍部拥有两个規模不大的生产基地: 法兰克福兵工厂 (Frankford Arsenal) 和在巴沙登納 (Pasadena) 的光学車間,产量不大。

帝俄的光学工业是极端落后的,直到日俄战争失败后 (1905 年),才在奥布霍夫斯基 (Обуховский) 工厂設立第一个光学車間。在此

之前仅有一些小企业都属于德法资本家。

日本直到十九世纪尚无光学工业，需用的光学仪器（主要是軍用的）均来自国外。二十世纪初，日本从德国进口了一些光学机械，开始进行修配工作。1919年建立藤开透镜制作所（现在改名为日本光学工业株式会社）等小型工厂，主要是制造眼镜，透镜，简单光学仪器和軍用望远镜。到1904年，日本光学工厂总共才只有24个，职工总数677名。

总的看来，直到二十世纪初，德国光学仪器制造业一直是世界上最强大的。它不但在本国发展得很快，还把势力伸向国外，在瑞士，英，法，美，帝俄等国都有投资或设有分厂。例如1907年，蔡司公司与美国鲍许隆公司签订合同，向后者投资达250万馬克。这个数字到1911年又增至300万馬克，相当于鲍许隆公司当年全部资金的1/4~1/3。

2 从第一次大战至第二次大战

第一次世界大战期间，各帝国主义国家如德国，美国，英国的光学仪器工业全力投入軍事生产中。軍事訂貨和軍事部門的直接資助不論在資金，人力，技术方面都滋养了整个光学仪器工业，使这古老的工业部門得到首次大发展。对侵略战争早有謀划的德国軍国主义政府在战时更在光学企业中設立战争处，派駐軍代表监督生产。蔡司公司在1914至1918年間接受的軍事訂貨都占总銷售額的90%左右，每年純利潤由1914/1915年度的750万馬克增至1917/1918年度的1,076万馬克(参看表I.2)。其它著名的光学公司如哥茨，萊茨(Leitz)，阿司卡尼亚(Askania)等也扩大了。其中阿司卡尼亚的职工人数由60多人增至千人。本来并不充实的美国光学工业在战争中亦得到大力扩充，全力投入軍事生产。除了扩大前述陆軍的两个軍用光学仪器生产基地之外，还使所有民用光学企业轉向軍事生产，广泛生产各种軍用光学仪器（并且以后繼續下来）。另外还使一些

非光学公司如威斯汀豪斯(Westinghouse)电气公司等也生产軍用光学仪器。总的来说，这次大战使美国光学工业摆脱了战前的落后状态。

表 I.2 第一次世界大战期间德国蔡司公司的生产

年 度	总銷售額	純利潤	軍事訂貨在总銷售額中的比重
	1000馬克		%
1914/1915	38,016	7,505	83
1915/1916	42,875	12,229	90
1916/1917	62,176	10,076	90
1917/1918	107,532	10,756	93

来源: Carl Zeiss Jena-Einstund Jetzt 柏林 Rütten & Loening 1962年版。

战后，光学仪器制造繼續得到全面发展。在两次大战之間的二十年間，各国光学工业的发展是很大的。

德国在战后繼續依靠其在光学工业上的物质和技术潜力，以高度精密的光学仪器扩大在世界市場上的影响。至于軍用光学仪器，战敗国德国在战后初期是被严禁生产的。但是，随着軍国主义的复活，这一限制就不再有效了。这期间在德国光学仪器技术上有較全面的发展，許多方面往往足以代表当时世界最先进水平。例如1932年間首先制成电子显微镜，于1939年成批生产；在1920年初次制成1"精度的經緯仪，1922年投入生产。在航空測繪仪器設備方面也继承了战时的进步，制成不少新产品。此外，物理光学仪器，計量光学仪器，以及照相设备等也得到較好的发展。在三十年代中，德国生产的光学产品有50%出口，其出口值又占了世界各国光学产品出口总值的一半。

战后英国的格魯布·帕逊公司在制造大型天文望远镜方面很活跃，在世界各地装制成不少大孔徑仪器，包括1935年和1938年装制成的两台74吋反射望远镜。在其它方面虽亦有大至相应的进步，但并无特出成就。在电子显微镜研究制造方面落后于德国。美特洛波利坦一維

克斯 (Metropolitan-Vicks) 公司在1935年装制成一台电子显微镜。但这仪器质量不佳, 未能成批生产。接着, 它在这方面的研究发展工作便为第二次世界大战的爆发中断了。

美国的光学仪器制造业在第一次世界大战后趋于成熟。大型天文望远镜的制造得到进一步发展。自从1917年装制成100吋反射望远镜之后, 又着手制造200吋反射望远镜, 后者全部工程都在美国进行。康宁公司这时已经能供应优质的镜头用巨型玻璃块 (这一仪器在第二次大战后才完成)。此外, 还装制了不少孔径较小的天文望远镜。一些本来落后的光学仪器部门这时候也赶上先进国家的水平。由三十年代起, 光谱仪的制造在美国开始活跃。出现了以生产光谱仪器为主的一些公司, 例如制造发射光谱仪器的应用研究室 (A. R. L)、贝尔联合公司 (Baird Ass.)、雅列尔·阿许 (Jarrell Ash) 公司; 制造吸收光谱仪器的佩金-埃尔美 (Perkin-Elmer) 公司和贝克曼 (Beckman) 公司等。光学显微镜也形成了较完整的系列。在1935年制出电子显微镜。只是测绘仪器和光学计量仪器方面的进步不大, 仍处于落后状态。照相与放映设备的生产继续扩大, 出现了许多新的照相机工厂。柯达公司在1932年连同分布在世界各国的分公司共有职工74,000人。除了消费用的普通照相机以外, 各种科学研究, 工业用的特种照相机也有发展。

日本在第一次世界大战期间建立了不少光学仪器工厂。1919年战争结束后, 光学工厂数已增至72个, 职工4,117人。在三十年代十年间, 配合工业发展和侵略战争的需要, 又建立了一些民用光学仪器工厂和专门为海陆军制造军用光学装备的工厂。不过这个时期的日本光学仪器工业生产处于起伏变化中, 发展缓慢。到1930年, 只有58个光学仪器厂, 1,825名职工, 反而大大低于1919年的水平。在制造技术上, 也是落后的, 主要是仿制欧洲国家比较简单的仪器。三十年代开始, 随着日本帝国主义侵华步伐的加紧, 其光学仪器的生产有迅速增

长。到1937年“七七事变”时, 光学工厂已达178个, 职工增至7,837人, 产值也增至1930年的三倍。到1941年, 日本光学工厂增至300个, 职工达12,939人, 产值为1937年的4.7倍。

苏联的光学仪器工业在十月革命后才得到真正的发展。在革命后第二年(1918年), 便成立了列宁格勒国立光学研究所 (ГОИ), 它一直是苏联光学机械制造的研究发展中心。不久又扩建了列宁格勒光学玻璃厂, 建立起光学玻璃的熔炼工业。到国民经济恢复时期的末年 (1928年), 已经摆脱了对进口光学玻璃的依赖 (到1935年已能生产25种光学玻璃)。如今规模最大的列宁格勒国立光学机械厂 (ГОМЗ) 在十月革命成功时已经建立 (它的前身在1914年有工人300名)。1923至1924年又兴建了两座测量仪器工厂: “大地测量” (Геодезия) 和 “地球物理” (Геофизика) 工厂, 奠定了这类仪器的生产基础。这两家工厂在1929年制成10″读数精度的经纬仪, 解决了国民经济建设中需要量大的普通测量仪器的生产问题。1932至1934年又建立 “航测仪器” (Аэрогеоприбор) 工厂, 生产精密测量仪器。在1930年以后十年间, 苏联已基本解决了精密测量仪器的生产问题, 满足了国内需要。在三十年代后半期先后制成了读数精度5″和2″的大地测量和天文测量用的经纬仪, 开始准备光学经纬仪的生产。苏联在1918年已能自行设计和生产生物显微镜的成套设备, 到1932年, 基本上形成显微镜的技术队伍, 成批地试制了强光显微镜。1936年更建立大型企业成批生产显微镜, 年产几千台。在第二次大战前, 苏联生产的显微镜品种中已有4种消色差物镜显微镜, 和偏光, 金相显微镜等。在第一个五年计划期间 (1929~1932) 制成了Фотокор型照相机, 这是当时苏联光学机械制造业的大事, 光谱分析方法在苏联是1930年开始系统研究的。列宁格勒 ГОИ 和莫斯科大学是两个中心。此外在1936年又成立了全苏光谱学协会。这些单位在使光谱分析在国民经济各部门中的推广应用中起了很大作用。为此相应

地制成了一些简单的光谱仪器,如看谱镜(1934年),看谱计(1936年)。1936年开始在工厂成批生产摄谱仪。其它如电弧,火花光源等光谱分析器材也能生产。在1938年,苏联工厂生产了五千件以上各式光谱分析器材。总的说来,第二次世界大战前苏联民用光学仪器制造工业的特点是大力发展国民经济各部门急需的设备。到1933年,苏联已有7家光学机械工厂,职工11,000人,后者较革命成功的1917年增加了十倍。诚然,从技术上来讲,这时候苏联的光学仪器制造还相当落后于西欧的先进国家,具体表现在产品质量不很高,一些技术较复杂,要求比较高的产品如光学经纬仪,电子显微镜及较完善的摄谱仪等都还未能生产。但是,在革命后短短的20年的时间里,光学仪器制造工业从无到有地得到全面发展,基本上满足了国民经济建设和国防事业上的需要,并且已经为以后的发展打下巩固的基础。

3 第二次大战以后

美国在第二次大战期间除了军用光学仪器生产得到很大改进和扩大之外,一般光学仪器生产,直接或间接的在战争的刺激下也得到相应的发展。例如,在战争年代美国的光谱仪器(光栅摄谱仪和分光光设计)已发展出多种样式,并成批生产;电子显微镜也作为产品生产。其它国家的光学工业除了在军用光学仪器方面大力发展以适应战争需要之外,民用光学仪器生产受到战争的影响,而呈一时的萎缩状态。

战后十多年来,在科学技术和工业生产取得迅速和巨大进步的背景下,各国光学仪器制造工业有了很大的变化,这种变化,一方面表现在光学仪器的品种和性能日渐丰富和优良,另一方面表现在各国光学工业生产能力的迅速发展。

由于在工业生产中得到广泛应用,战后光谱分析仪器的制造在各国都很受重视。在发射光谱分析仪器方面,照相记录式仪器在战后初期便趋于完善。在美国,光栅摄谱仪占大多数;

在英国,德国等欧洲国家则以棱镜摄谱仪为主,近年来对光栅仪器亦开始重视;在苏联,自1946年起,相继生产了大中型棱镜摄谱仪。苏联这些早期的产品在光学结构上类似英国,德国相应的产品。近年来亦试制和成批生产了不少光栅光谱仪。光电记录式的发射光谱仪器在战争年代最先在美国生产,战后首先在美国,英国迅速走向成熟,接着法国,意大利,日本等国也有产品。苏联近来在这方面正在大力赶上,也试制或生产出好几种型号这类仪器。在吸收光谱分析仪器方面,仪器的光学结构大都在战前已经定型,战后主要向操作自动化和使用多样化发展。前者表现在完美的全自动记录式仪器,后者以配备各种附件,以部件的单元组合方式来实现。吸收光谱仪器在苏联,民德,美国,英国,西德等国都有较好的产品。上述各式光谱仪器的使用范围已扩展到远红外和紫外区域。另一类物理光学仪器是基于物体的物理光学常数测定的光学测量仪器,如折射计,旋光计等。这些仪器由于使用了光电接收元件,已成为现代流体生产中自动调节,控制仪器的一类。英国黑尔格公司在这方面是颇有成就的。此外,光量子放大器自从1951年被发明以来,很受美国军事和工业部门的重视。美国贝尔电话实验室(Bell Telephone Lab.)在1960年制成固态光量子放大器,次年制成连续开动的气态光量子放大器,在1962年又制成连续开动的固态光量子放大器。如今美国不少光学公司已经出售光量子放大器设备或元件。这种仪器的研究,应用试验,和实际使用的可能性等问题的探讨,目前在美国进行得十分火热。据美国国防部统计,美国大约有400家公司从事这方面的活动,参予工作的工程师达2,000名,全力投入这一工作的约800名。1962年美国在这方面的投资达2,500~3,000万美元。光量子放大器在美国受到如此重大的注意,不但是因为它是一种可以大获利润的新发明,而且因为它在军事上的应用可能性很大。上述在1962年用于光量子放大器方面的投资中,军事机构的支

出便占了500万美元，并且很可能不久将增加一倍。此外，其他的国家如苏联，西德，英国等近年来也在这方面投入了一定的力量。虽然光量子放大器现在还处于研究发展阶段，但将来在光学仪器制造或其它工业技术中一定会得到极为有效的应用。例如，它可能作为一种品质极佳的光源（有极好的单色性，准直性等），或者作为一种能量高度会聚的幅射能源。

在显微镜方面，虽然现在已经有了红外，X射线，超声波以及质子、离子等特殊类型出现，但这些仪器还未最后完善，有的还刚刚开始发展，使用尚不广，用于可见区的光学显微镜，战后在原理上没有什么大的改变，制造者主要从简化操作，提高使用效率，扩大使用范围方面尽力改良仪器结构，以适应广泛的研究和生产用途。在美，英等国已经开始实行以零件的单元组合来适应多种用途的设计。值得一提的是英国巴克尔公司的Patholette显微镜，它的特点是用杠杆调焦机构代替原来的齿轮齿条机构。电子显微镜的制造现在在苏联，美国，西德，日本，荷兰，英国已达到很高水平。目前透射式电子显微镜方面，出现了超高压和低压电子显微镜两个发展新方向，前者的穿透能力和分辨率都较一般高压仪器更大，后者有较高的成像反衬度。其它如反射式，发射式，镜式电子显微镜也在发展，已有个别产品出现，例如英国剑桥（Cambridge）仪器公司的电子测头X射线显微分析仪，便是反射式显微镜和

X射线显微分析仪的结合物。

大地测量仪器战后没有很多改进，主要仪器在战前已定型，新产品有自动安平水准仪。新兴的物理测距仪如光波测距仪，微波测距仪，雷达测距仪等，在苏联，美国，瑞典等国的发展最快。航空摄影测量绘图仪器的发展是迅速的。目前各国正致力于提高仪器分辨率和增大摄影角度。为了提高制图速度，相应的自动化航测照片数据处理设备也得到很大的改良，这些设备可以配备电子计算机和电磁记录装置。此外，还在积极研究使空中摄影与地面数据处理同时进行的自动装置。苏联，美国，西德，瑞士的航测仪器最为先进。

计量光学仪器战后在结构原理上也没有什么变化，而是向大型，精密，万能，自动化的方向发展。另一方面，计量光学仪器也是现代精密机床的精密测量和控制部件。光学，机械学，电子学技术三者的结合是现代计量光学仪器的特点。这里应特别提到采用光电自动控制的仪器和干涉测量仪器。属于前一类的是有光电测读显微镜和光电比较仪等，在苏联，民德，西德，瑞士，英国都已有产品。属于后一类的有各种表面光洁度，角度，平面性，直线性检查和长度测量用的干涉仪器。长度干涉仪的精度远远超过原有的测量显微镜或光电显微镜。这类仪器以瑞士最为著名，其它如苏联，民德，西德，英国等也有产品。

二、生 产

在各国的统计资料中，光学产品的分类方法往往颇不一致。为了以下叙述简明，并使整理出的统计数字的含义尽可能一致起见，这里预先根据我们的惯例，把“光学产品”分为下面七项：（1）望远镜和天文光学仪器，（2）显微镜和工业用放大镜，（3）物理光学仪器，（4）测绘仪器，（5）计量光学仪器，（6）照相与放映设备，（7）光学元件和材料。但

其中第（6）项“照相与放映设备”按其使用性质来说和其它产品不同。在资本主义各国，它的产值在光学产品总产值中占很大比重。因此，为明确起见，往往又使“照明与放映设备”自成一大类，而其它6项产品合起来统称“光学仪器”。这样，“光学产品”便包括“光学仪器”和“照相与放映设备”两大类，而“光学工业”亦包括“光学仪器制造工业”

和“照相与放映设备制造业”两部分。此外，一些国家还把眼科仪器、用具也归进光学产品，而照相与放映设备又和照相软片，照相板，印相纸，照相洗印设备，以至照相化学药剂等非光学机械用品或设备一起构成一个统计项目。眼科仪器、用具及后一类非光学机械的照相用品或设备这两类产品占的比重常常很大。为准确起见，将尽量把它们排除在统计项目之外，例外的地方，将加以说明。

第二次大战后，几个资本主义国家光学工业历年来的产值列于表Ⅱ.1。它们大致反映了这些国家光学工业生产的变化状况。至于各类光学产品的生产状况，下面另外分别列表说明。

美国的光学工业在第二次大战中的发展很快，1947年与战前的1939年相比，总产值增长4倍，企业由31家增至115家，职工人数由3,016人增至8,478人。在1947至1953年间光学工业产值又增长了一倍左右，其中光学仪器企业部分增长更快，达两倍半，到1953年产值已达1.5亿美元。但是紧接着在1954年便回降21%，只有1.18亿美元。仍然是资本主义世界中光学工业最大的国家。表Ⅱ.1中美国一栏的数字摘自两个不同年代的调查报告，1954年前后不能衔接，这可能是企业分类或产品分类改变所致。不过这些数字可以反映出美国自1954年以后光学仪器生产便没有显著增长。按1958年美国工业普查，该年光学仪器产值在一亿美元左右，较1954年增长24%，四年间平均每年增长6%，较显著下降的1954年以前四年中每年平均增长率（37%）低得多。照相与放映设备的产值在1954~1958年四年间有27%的增长，1958年产值达十二亿美元，不过这里有60%左右是非光学机械的照相用品或设备。

英国光学工业生产增长很慢，1960年光学仪器产品交货额只较1957年增长20%，为684万英镑，三年间平均增长率不及每年7%。至于照相与放映设备，1958年的销售额较1954年增长15%。

西德光学工业在第二次世界大战后遭到严重破坏，产品产值只及战前1939年的30%，但是和西德的整个工业一样，光学工业也很快恢复并发展起来，单是在1954年至1960年间就增长了122%，平均增长率为每年15%，是资本主义世界中光学工业增长最快的国家之一。

日本战后光学工业的生产增长比西德还要快。1958年的光学工业总产值已近1947年的28倍，达年产值45亿日元。不过，自1954年开始，增长速度已显著下降，虽然仍旧是比较高的。若以1954年为界，日本光学工业总产值的平均增长率由1954年以前六年的每年54%下降到1954年以后四年的22%，相应地其中照相与放映设备每年75%下降到25%，光学仪器则由48%下降到21%。从这里还可以看到另一个事实：历年来日本光学工业生产的高速增长，主要是由照相与放映设备生产的增长造成的。

表Ⅱ.2将上述四个资本主义国家的光学工业产值列在一起，并已折算成美元，以资比较。由这些数字看出，美国占了这四国光学工业总产值60%，西德占20%，日本接近西德，占14.5%，英国只占5%。

苏联在战后的第一个五年计划中，便大力恢复和发展光学仪器制造业，规定1950年的光学机械和电气测量仪器生产要较1940年增长7倍。如果说战前苏联主要着重发展国民经济各部门大量需用的普通光学仪器，产品质量水平尚不太高，在战后初期主要是恢复和发展这类产品的話，在近十年来，苏联光学工业像其它事业一样的便大踏步向世界最先进水平迈进了。现在苏联已经建立起一个体系完整的光学仪器制造业。1958年苏联光学工业总产值达51.2亿卢布（旧卢布，下同），占世界光学工业总产值第一位。民主德国的光学工业有良好的基础，战后克服了战争的创伤，逐年的生产都是稳定上升的，至1960年稍有下降，1961年的产值为4亿马克左右（见表Ⅱ.3），1959年以前的9年间共增长了156%，平均每年增长

表 II.1 几个资本主义国家第二次大战后的光学工业产值

年份	美 国			西 德		日 本		英 国	
	光学仪器 (千美元)	照相与放映 设备 (千美元)	全部光学企业 增长 指数	光学仪器 (千西德马克)	照相与放映 设备 (千西德马克)	全部光学企业 增长 指数	光学仪器 (千日元)	照相与放映 设备 (千日元)	全部光学企业 增长 指数
1939	8,690	133,052	100				47,600		
1945							35,998		
1946							123,345		
1947	45,480	457,497	355				472,416		
1948							694,867	919,576	1,614,443
1949	43,482	432,857	336				1,683,571	1,082,467	2,766,038
1950	64,386	499,315	399				2,015,519	2,017,873	4,033,392
1951	94,843	587,344	483				3,173,801	3,498,453	6,672,254
1952	122,695	731,504	603	68,800	365,700	434,500	3,873,606	7,754,479	11,628,185
1953	150,230	886,774	731	82,900	387,300	470,200	5,002,994	11,539,618	16,542,612
1954	{ 117,649 (83,339)	{ 867,597 (960,200)	695	80,391	395,410	475,801	5,782,192	14,975,598	20,757,690
1955	(87,002)			98,780	519,014	617,794	4,492,356	17,202,364	21,694,720
1956	(94,692)			112,435	567,172	679,607	6,381,717	22,162,907	28,544,624
1957	(111,343)			143,730	595,021	738,751	7,995,269	32,589,530	40,584,799
1958	(102,966)	(1,223,000)	(935)	143,603	571,035	715,238	9,456,848	35,670,177	45,127,025
1959				149,084	615,907	764,991			
1960				178,630	698,881	877,511			
1961				206,100	728,900	935,000			

来 源	备 注
无括号者: 美国“1954 Census of Manufactures”; 有括号者: 美国“1958 Census of Manufactures”。 其中“照相与放映设备”包括约占60%的非光学 机械的照相用品或设备; “光学仪器”不包括测 繪仪器。	有括号者(是銷售額): The report on the Census of Production for 1958; 无括号者(是交貨額): Monthly digest of Statistics, 1961-62。

参考: 1 美元約相当于 4 西德馬克, 360 日元, 0.357 英鎊。

表 II.2 美国, 西德, 日本, 英国光学工业产值比较

(单位: 百万美元)

	1954年	1958年	1958年较1954年的增长 %
美国	407*	517*	27
西德	116	179	54
日本	58	125	117
英国	36	43	20

* 由照相与放映设备的光学机械产品部分 (见表 I.5), 光学仪器 (见表 I.1), 及测绘仪器 (见表 I.4) 三者的产值之和构成。

表 II.3 民主德国历年光学工业产值

年代	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
产值 (千马克)	180,000	221,000	255,000	280,000	309,000	345,922	354,970	390,280	429,080	460,030	407,400	410,518
增长指数	100.0	122.5	141.7	155.3	171.7	195.7	197.9	218.7	238.4	255.5	226.2	228.0

11%, 仍然保持着世界上一个优良光学工业国家的传统地位。

光学工业在各国仪器仪表行业中一般都占很重要的地位。这一点在战前的德国和现在的民主德国及西德表现得特别突出。1960年西德光学工业产值与精密机械 (包括计量光学仪器和各种非光学机械的工业和科学仪器仪表) 产值之比为 4:3, 前几年更是 4:2.5。在民主德国, 光学工业不论从职工人数或产值来说都差不多占整个精密机械与光学工业的 1/3。在英国, 光学仪器与其它工业及科学仪器产值之比大约是 1:6。在美国, 1958 年的光学企业净产值与科学仪器, 机械测量仪器企业净产值之和之比为 1:1.4。光学产品在日本的仪器产品中也是较大的一项。苏联 1958 年的光学产品产值与热工仪表的产值差不多。

下面按国家分别说明各国各类光学产品的生产发展情况。

表 II.4 和表 II.5 列出美国各类光学产品的产值。表 II.5 所列照相与放映设备产品的总产值为 1.86 亿 (1947 年), 3.06 亿 (1954 年), 3.91 亿 (1958 年) 美元, 与该年光学仪器 (包括测绘仪器) 产值之比为 2.6:1 (1947 年), 3:1

(1954 年), 3.1:1 (1958 年)。其中静物照相机产值历来就大于所有光学仪器的总产值, 到 1958 年达 1.9 亿美元。美国以物理光学仪器著称, 它在产值方面也占较重要的地位。表 II.4 所列的“光学测量仪器”主要就是物理光学仪器, 它在 1958 年的产值近 2,800 万美元, 是产值最大的一类光学仪器。此外测绘仪器在 1958 年亦达 2,400 万美元, 但此数尚不及 1947 年的水平。其它光学仪器或元件的产值也下降了。

表 II.4 美国各类光学仪器产值

(单位: 千美元)

	1947年	1954年	1958年
照相与放映镜头, 棱镜 (单独出售的)	21,087	31,178	16,116
野外望远镜, 天文和地上望远镜	4,293	9,741	4,974
测绘仪器	27,095	17,907	23,553
显微镜		6,854	
光学测量仪器		20,719	27,540
显微投影仪, 显微照相设备	29,754	977	45,096
其它未归类的光学仪器, 透镜和零件		52,334	

来源: 1947, 1954 年: 美国 “1954 Census of Manufactures”, 1958 年: Inst. & Cont. Sys 1961.6.

英国各种光学产品的銷售額列于表 II.6。只有“光学航海、航空和炮火控制仪器”一項的銷售額历年来有显著增长: 1954年为1951年的四倍, 1958年又較 1954 年增长51%。这么一

表 II.5 美国各类照相与放映设备产值
(单位: 千美元)

	1947年	1954年	1958年
靜物照相设备	86,718	170,986	190,518
照相复制和显微复制设备	9,302	27,003	42,729
8毫米和16毫米电影设备	79,460	83,561	132,116
35毫米电影设备	10,642	24,594	25,164

来源: 美国“1954 Census of Manufactures”和“1958 Census of Manufactures”。

来, 七年間这项产品一跃而为英国最大宗的光学仪器产品。显微镜和大地测量仪器也有增长, 占比重較大。表 II.1说明英国照相与放映设备的产值与光学仪器差不多, 这在各资本主义国家中是比重最小的了。

表 II.6 英国各类光学产品的銷售額
(单位: 千英鎊)

	1951年	1954年	1958年
镜头及光学元件(单独出售的)	894	1,481	1,532
望远镜	398	502	396
显微镜, 望远镜零件(透镜与光学元件除外)	128	143	178
陆地光学测量仪器及设备	487	714	728
光学航海, 航空和炮火控制仪器	261	873	1,322
分光計, 分光鏡, 摄譜仪			348
工业計量光学仪器和设备	331	367	474
显微镜	665	631	840
照相机(电影照相机除外)	2,037	2,087	1,665
电影机	2,161*	2,795	2,011

来源: 1. 英国 The Report on the Production for 1954;

2. The Report on the Production for 1958;

3. D. A. Spencer: Progress in Photography 1955~1958 p. 106

* 是1952年的数字。

西德和日本的光学工业以国外为主要市場, 因此各类产品的生产大受世界市場的銷售情况影响。这便导致战后照相机, 电影机, 望远镜(主要是双目鏡)这一类消耗性光学用品生产在这两个国家得到片面的大发展, 在整个光学工业生产中占了绝对重要的地位。但是从另一方面看来, 战后初期由于这些战败国的工业受到很大破坏, 使工业生产对光学仪器的需要量很小, 因而促使光学工业向消費者市場, 尤其是国外消費者市場找寻出路。不过以后随着这些国家的机械, 化学等工业的恢复和发展, 工业用光学仪器, 如計量光学仪器和物理光学仪器等也得到相当发展。

表 II.1西德一栏的数字说明, 1957年以前西德照相与放映设备产值占整个光学工业产值5/6, 1957年以后占4/5。表 II.7列出西德各种光学产品的产值和产量。近年来西德照相机产量下降了, 但产值却上升了。这是由于它大力发展制造高級精密照相机(包括工业照相机),

表 II.7 西德各类光学产品的产值和产量

	1955年	1960年
显微镜和工业放大鏡(千西德馬克)	28,369	48,363
其中显微镜(件)	19,060	38,107
望远镜和天文光学仪器(千西德馬克)	24,227	49,115
光学测量仪器(千西德馬克)	27,732	56,037
其中: 物理光学仪器(件)	5,850	6,642
(千西德馬克)	5,500	19,728
經緯仪(件)	1,753	1,502
(千西德馬克)	1,900	2,642
水准仪(件)	8,224	10,068
(千西德馬克)	4,400	8,036
工业和普通照相机(千西德馬克)	251,527	287,586
其中: 工业照相机(件)	5,489	8,194
普通照相机(件)	3,241,000	2,731,000
电影机械(千西德馬克)	54,064	125,974

来源: 1. Die Industrie D. B. R. 1962。

2. 西德統計年鉴。

尤其是小照片自动照相机的緣故，后者作了目前西德照相机产量的40%。电影机也有往窄片方向发展的趋向，普通照相机和电影机的产量下降了。显微镜是德国的傳統产品。1960年生产了38,000多台，为1955年的二倍，增产的大部分是高級显微镜。在世界市場上，西德是以高級精密显微镜来与日本大量的普通显微镜对抗的。表中的光学测量仪器包括大地测量仪器和物理光学仪器等。西德經緯仪产量近年来没有什么变化，主要在高精密仪器方面有較大增长，但自1958年以后又下降，这是受瑞士和日本产品排挤的結果。至于物理光学仪器，

由于西德化学和鋼鉄工业发展的需要，产量有較大的增长，1960年近7,000台，产值約为1955年的3.5倍。表II.7沒有列出計量光学仪器，它在西德被归类到“精密机械”产品中。

表II.8列出日本各类光学产品的产值和产量。照相机，电影机，望远镜这些日用光学用品是日本光学产品中增长最快和产值最大的。1960年生产了近186万架照相机，为1945年的142倍，1950年的9.7倍，1955年的1.8倍。1960年的总产值近180亿日元，是日本产值最大的一项光学产品。表II.1的数字說明1958年日本照相与电影設備产值与光学仪器产值之比

表II.8 日本各类光学产品的产值和产量

	1945年前最高 年产量及年份	1945年	1950年	1955年	1959年	1960年
照相机 (百万日元)			1,019	10,097	17,262	17,961
(件)	218,659 (1940年)	13,082	192,548	1,065,359	1,844,072	1,859,010
电影机 (件)	4,200 (1938年)	220	1,085	2,755	4,434	
幻灯机 (件)			6,591	13,225	75,150	
望远镜 (百万日元)			561	1,418	3,175	3,138
(件)			210,436	395,172	1,635,103	1,405,951
光学显微镜和放大鏡 (百万日元)				452	1,381	2,196
(件)	71,238 (1935年)	5,290	34,590	29,690	423,834	603,440
电子显微镜 (百万日元)				67	322	639
(件)				36	70	132
計量光学仪器 (百万日元)				502	540	766
(件)			7,620	6,377	9,420	12,450
测量仪器 (百万日元)					773	944
(件)	7,450 (1940年)	6,230	6,542	10,011	22,396	27,317
物理光学仪器 (百万日元)					831	1,404
(件)					11,671	9,642
光学玻璃 (百万日元)			128	726		
(公斤)	234,000 (1944年)	144,000	86,037	507,938	1,582,636	

来源：日本“1960年統計年鉴”；“工业統計”，1962。

为3.8:1, 与西德差不多。望远镜(包括单筒望远镜, 双目镜和观测镜等)在1960年前十年間产值增长了5.6倍, 产量增长了6.7倍, 1960年产值达31亿日元, 产量近141万架。1958年的望远镜产值占該年光学仪器总产值的31%。不过日本望远镜多是消费品, 算在仪器类是不大恰当的。日本显微镜和放大鏡是在1960年开始高速增长的, 由1955年不到3万件跳到該年的9万多件, 此后年年都有較大增长, 到1960年止达60万件, 看来放大鏡的增长量比显微镜多得多。至于光学玻璃在1959年产量在第二次世界大战时期和战后的变化較小, 到1959年这项产品的产量还不及1944年战前最高年产量的5倍。此外計量光学仪器也没有什么进展, 1959年产量只較1950年增加30%。

在苏联, 把普通照相与放映设备划到光学仪器产品之外。由1932年开始生产照相机(見

表9), 但大量生产則是在1950年以后开始的, 到1960年已达176万架, 苏联照相机絕大部分供应国内消費, 出口分額很小。此外, 其他光学仪器的生产数字, 尚未見到正式公布。

各国光学企业数和职工人数由于統計范围不一致, 难以比較。現仅列出以下数字供参考: 1954年美国光学仪器企业大小共205个, 职工近12,700多名; 照相与放映设备(包括非光学机械的照相设备和用品)企业共449个, 职工約60000名。1959年西德大小光学企业共300个, 职工121,300名。1958年日本5人以上的光学仪器企业501个, 职工12,500名; 5人以上的照相与放映设备企业606个, 职工32,500名。1958年英国25人以上的光学仪器企业36个, 职工5,600名; 25人以上的照相与放映设备企业19个, 职工3,400名。此外民主德国有光学企业70个, 职工32,000名。

表II.9 苏联历年照相机产量和出口量

(单位: 千件)

年 代	1932	1937	1940	1950	1953	1955	1956	1957	1958	1959	1960
产 量	30	353	355	260	499	1,023	1,195	1,322	1,427.3	1,615	1,764
出口量	0	6*	6*			26.5	44.7	61.6	58.5	47.1	76.3

* 单位是吨

来源: Очерк истории промышленности СССР за 1917~1940 гг;

Народное хозяйство СССР за 1953 году;

Народное хозяйство СССР за 1959 году;

Народное хозяйство СССР за 1960 году.

三、国际貿易

第二次世界大战期間借軍事生产扩大了的各资本主义国家的光学工业, 在战争结束后, 除了还繼續一部分軍用光学仪器生产之外, 都把大部分力量轉到产品发展上面来。对战敗初期軍事生产受到禁止的德国、日本来说, 情况更是这样。这些国家迅速恢复和发展起来的光学工业必须大力向国外找寻市場。因为它们国

土較小, 工业又受到战争的严重破坏, 容納不下本国生产的全部光学产品。所以国外始終是日本, 西德光学产品的主要銷售市場, 并且日益重要。英国产品一般沒有多大竞争能力, 但出口比重也相当大, 国外市場也較重要。美国生产的光学仪器数量最多, 它也是最大的光学仪器輸出国。不过国内龐大的工业和消費者仍然是

主要市場。1960年美国的这项出口占资本主义世界光学总出口值的36%，西德占27%，再其次是日本，英国，瑞士。这些国家的光学工业实力虽然有大有小，但光学产品各有所长，因而在一些地区，如美国（主要是日本，西德之間）和西欧（主要是西德，法国，英国，瑞士之間）

展开了激烈的竞争，构成了它們之間不可調和的經濟矛盾的一部分。这个矛盾的发展无疑对它們的光学工业生产有直接影响。

苏联領土辽阔，工业宏大，并且光学工业是有计划按比例地发展起来的，因此不必向国外寻找銷路，出口比重是很小的。

表Ⅲ.1 美国光学仪器的出口和进口值

(单位: 百万美元)

年 代	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
出 口				8.9	8.8	10.7	12.4	10.8	11.2	14.0	15.7
进 口	6.1	7.8	7.2	7.5	9.1	10.4	12.7	14.9	18.0	19.3	20.5

来源: Inst. & Cont. Syst., 1962, 3.

美国 1961 年出口光学仪器約 1,600 万美元，进口約 2,000 万美元，历年数字見表Ⅲ.1。比較表Ⅲ.1与表Ⅱ.1相应的数字，可知美国光学仪器出口值占产值 1/10 左右，如果再加上 2,000 万美元以上的照相与放映设备的出口值的话，則每年出口的光学产品价值在四、五千万美元，进口值亦差不多为此数。照相机不論在出口或进口中都是最大宗的产品。此外重要的出口产品还有物理光学仪器，重要的进口产品还有望远镜，光学元件。出口对象主要是南北美洲，尤其以工业发达的加拿大为主。进口主要来自西德和日本。在 1959 年，来自日本的光学产品占该项产品总进口值 43%，超过西德而跃居第一位，該年西德只占 38%。近年来在美国市場上有 90% 以上的进口望远镜，80% 的显微镜是日本貨。但在照相机、測量仪器及光学元件方面，西德仍占首位。国际贸易状况說明了美国虽然拥有龐大的光学工业，但是一般地說对外国的高级精密，以至普通光学产品的需要量仍然很大。另一方面，依靠对不发达地区的侵略控制，又把自己生产的质量不算太好的光学产品大量傾銷，构成美帝国主义經濟侵略行为的一部分。

表Ⅲ.2說明英国光学产品近几年来出口值。使之与本文表Ⅱ.1相应的数字比較，可看

出英国光学仪器出口值在产值中占的比重在 30% 左右，照相与放映设备大約为 70%。主要的出口对象是英联邦国家，其次是西欧，后者已日益显得重要了。除了少数产品之外，一般地說英国光学产品在资本主义世界中已缺乏竞争能力。即使在本国市場，也是依靠高关稅率和严格的进口限額来維持的——英国对光学产品征收的进口稅率在西欧各国中是最高的。因此进口光学产品不多，但即使如此，西德照相机仍然是英国一項主要进口产品。

表Ⅲ.2 英国光学产品的出口值

(单位: 千英鎊)

年 代	1957	1958	1959	1960	1961
光学仪器	1,716	1,496	1,599	2,173	2,504
照相与放映设备		4,577	4,805	4,839	

来源: Monthly Digest of Statistics, 1961, 1962.

表Ⅲ.3 西德光学产品出口值在产值中占的百分数

年 代	1954	1955	1956	1957	1958	1959
光学仪器 (%)	52.7	51.6	52.4	52.0	57.1	57
照相与放映设备 (%)	60.0	56.1	54.7	57.9	55.9	59.8

来源: 各年西德統計年鑒。

表Ⅲ.3說明 1954~1960 年間西德光學產品的出口值在產值中所占的百分率。可以看出，光學儀器在52~57%之間，照相與放映設備在55~60%之間，都超過一半。各類產品出口值見表Ⅲ.4。自然，照相機，電影機械的出口值最大。各種顯微鏡和測量儀器的出口值也

不小。主要出口對象是美國，其次是西歐共同市場國家。

表Ⅲ.5說明日本歷年光學產品出口總值，在 1959 年達 220 億日元。使之與表Ⅲ.1 相應的數字比較，估計出口值占產值30~40%。

表Ⅲ.4 西德光學產品出口值和出口量

年 代	1955	1956	1957	1958
望遠鏡和天文光學儀器 (千西德馬克)	10,801	10,249	10,499	8,095
(件)	2,060	1,639	1,574	1,089
電子光學顯微鏡 (千西德馬克)	20,404	22,983		39,741
(件)	2,456	2,768		4,537
大地測量儀器 (千西德馬克)	6,557	8,593		
(件)	1,197	1,426		
航空攝影與地球物理儀器 (千西德馬克)				12,144
(件)				1,383
光學測試儀器 (千西德馬克)				3,945
(件)				8,012
物理光學儀器 (千西德馬克)	3,549	4,445		
(件)	5,546	6,514		
其它光學儀器 (千西德馬克)	532	637	550	915
(件)	2,756	3,909	3,462	6,139
工業與普通照相機 (千西德馬克)	162,030	166,459	177,436	148,829
(件)	2,042,204	2,026,073	1,964,157	1,739,460
電影機械 (千西德馬克)	44,179	59,319		27,919
(件)	11,908	15,466		12,583

來源：西德統計年鑑 1956~1960年。

表Ⅲ.5 日本光學產品出口值

(單位：百萬日元)

年 代	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
出 口 值	2,447	3,560	4,886	5,519	7,502	10,834	14,069	16,909	22,014

來源：日本“統計月報”，1960年。