

苏州光学史初探

张橙华

(苏州大学)

我国古代劳动人民为人类文明作出了巨大贡献。虽然长期的封建社会束缚了我国的生产力和科学技术的发展,但我国地域广阔,各地的发展是不平衡的,如苏州地区文化发达、商业活跃,钟表、琢玉各种手工业的基础都较好,与西方的文化也有接触,在近代数百年间光学方面人才辈出,创造了比较优异的成就,光学工业成为地方特色,这在国内是很突出的。

我国古代光学史上著名的《梦溪笔谈》的作者沈括(1031—1095年)祖籍钱塘,但他随母许氏入吴县籍。沈对虹的起因、凹面镜成像和“透光镜”的原理均有认识,这已众所周知,本文不拟多谈。

光学史上从认识平面镜、凹面镜及透镜之后即进入研制光学仪器的阶段。第一个助视仪器是眼镜。眼镜的发明者在东方或者还是在西方,各说不一。西方一般认为眼镜的发明者在英国(R. 培根)或意大利,我国有人认为在中国^[1]。大不列颠百科全书则客观地宣称此问题尚有争议^[2]。不过我国古代文献中多数都说眼镜来自西域^[3]或南洋满刺加国^[4]。在明代,眼镜是非常珍贵的,如成化年间状元吴宽(苏州人)在得到友人送的眼镜后还写诗志谢^[5]。明代还有“单照”(单片眼镜),“以手持而用之”。“单照明时已有,旧传是西洋遗法”^[6]。苏州文人祝技山是近视眼,传说中他随身携带单照。

明末清初之际,耶苏会士来华传教,客观上也传来了一些西方的科技新成就。在光学方面,邓玉函的《远西奇器图说》(刊行于1627年)中有《望远镜说》,不过仅见诸目录而内容已失传;汤若望在《远镜说》(刊行于1626年)中介绍了透镜的成像作用、眼镜与刚发明不久的望远

镜的原理等。他们的著作与活动有相当的影响,如《远镜说》被收入《四库全书》,有不少文人看到过他们带来的望远镜等物^{[7][8]}。面对着与文化侵略夹杂在一起的先进知识,有识之士当取其精华弃其糟粕以发展本国的科学技术。当时苏州就有两位这样的杰出人物,他们是薄珏(1610~1640年)和孙云球(1629~1662年)。

据地方志记载,薄珏有深奥的学问,且能向别人解释,也善于动手实践(“皆以口代书,以手代口。”)。他曾制铜炮,射程三十里,并“设千里镜”观察目标,这个“设”字没讲清望远镜是否由薄本人所制。传记作者不知薄的知识源于何处(“莫知所授”),但从“海外亦重其名”可推测他与海外有直接或间接的交往^[9]。

孙云球,字文玉,祖籍吴江;父曾任漳州知府,母董氏很有学问。他幼年父亡家贫,曾两次参加科举未中,“遂澹于功名,意豁如也”,随母移居苏州虎邱,卖药为生。孙“精于测算、几何之法”,曾自造日晷以校准自鸣钟。当时有一位姓陈的学者“远袭诸泰西利玛窦、汤道未”在杭州开设私塾,他就前往求学。“镜法乃陈生所授。”孙还把意气相投的俞生、高生请到苏州一起探讨这些知识,“细加讲解,极致精详。”“文玉萃诸子之成”,并加以“几何求论之法”“尽洗纰缪,极力揣摩,使无微疵可议,扩为七十二种。”他“用水晶创为眼镜以佐人目力,有老少花、远近光之类,随目对镜,不爽毫发。闻者不惜出重价相购。”这说明他制作了各种镜片以适应不同的需要;而材料改用水晶,不象“外洋皆玻璃所制。”孙与他人一起登虎邱试用自制的望远镜,“远见城中楼台塔院,若接几席;天平、灵岩诸峰,峻嶒苍翠,万象毕见。孙笑曰:‘此未足以

尽吾奇也。’又出数十镜示之，如存目镜百倍光明，无微不瞩；万花镜能视一物化为数十，其余鸳鸯镜、半镜、夕阳镜、多面镜、幻容镜、察微镜、放光镜、夜明镜种种神明不可思议。”^[10]孙著有《眼镜法》与《镜史》“市场依法制造，遂盛行于世。”可惜孙的著作已失传，仅在《虎阜志》上见其序言与跋^[10]，并知其刊行时间为1681年。孙云球吸收、消化先进知识，以其理论知识及各种自制的光学仪器为苏州光学手工业奠定了基础。

到十八世纪，通过传教活动进行的文化交流逐渐停止，并且由于封建社会的阻碍，中、外在光学上的差距开始拉大。在国内主要仅是眼镜的普及，也有人制作放大镜与幻灯。乾隆、嘉庆年间，苏州还有一位褚三山，亦以善制眼镜著名^[9]。乾隆年间（1759年），描绘苏州风俗人情的《盛世滋生图》上就有佩戴眼镜的人（此图由中国历史博物馆收藏，作者为徐扬）。在苏州市郊的毕沅（1730—1797年）墓中发掘出眼镜一副，“是水晶片老光眼镜，木胎黑漆镜框。两边以丝涤系戴。从鼻梁处折叠，装有铰链，展用时以小搭扣固位。”^[11]毕沅的眼镜很可能是家乡产品，至少也是国产的，因镜片是水晶。这副眼镜现由南京博物院收藏，镜片孔径6cm，据本文作者粗测，焦距为1.2m。

到清代中后期，市郊的新郭发展为光学之乡^[9,12]，文献[12]介绍了镜片磨制工艺，镜片的深浅则由深到浅分成十二等，用子丑寅卯……等地支加以编号，凭目视分类^[13]。这种分类方法沿用到民国初年。孙云球住过的虎丘堪称光学之镇，据十九世纪前期出版的《桐桥倚棹录》卷11《影戏洋画》条^[14]记载，“其法皆传自西洋欧逻巴诸国，今虎邱人皆能为之。”“灯影之戏，则用高方纸木匣，背后有门，腹贮油灯，燃柱七八茎，其火焰适对正面之孔。其孔与匣突出寸许，作六角式，须用摄光镜重叠为之，乃通灵耳。匣之正面近孔处，有耳缝寸许长，左右交通。另以木板长六七寸许，宽寸许，匀作三圈，中嵌玻璃，反绘戏文，俟腹中火焰正明，以木板倒入耳缝之中，从左移右，从右移左，俟次更换，其所绘戏文，适与六角孔相印，将影摄入粉壁。匣愈远而

光愈大。惟室中须尽灭灯火，其影始得分明也。”（重叠的摄光镜可能是双分离透镜）除了用油灯作光源外，这与近代的插片式幻灯机几乎完全一样。“洋画，亦用纸木匣，尖头平底，中安升箩，底洋法界画宫殿故事画张，上置四方高盖（盖），内以摆锡镜，倒悬匣顶，外开圆孔，蒙以显微镜，一目窥之，能化小为大，障浅为深。”这是指用放大镜观察用透视法画的景物，立体感较强。“徐如万花筒、六角西洋镜、天目镜，皆其遗法”可见虎丘的地方手工业仿制了多种娱乐用几何光学器具。该书作者也简要介绍了孙云球的事迹，说明他对后世的影响。城中的专诸巷是眼镜店集中地，这种店多是店坊合一的，一部分镜片来自新郭，一部分镜片在城中磨制。包天笑回忆自己在1886年买眼镜的事^[15]：“穿珠巷在苏州阊门内，苏人又呼它为专诸巷，那里都是眼镜店。苏州人有句谜语道：‘穿珠巷配眼镜，各人的眼光不同’我那天就配了一副玳瑁边的眼镜。这时，外国货的眼镜，还未流行到中国来，我的这副眼镜，全是国货，而且全是手工制成的，不是玻璃，而是水晶，价值墨西哥洋银一圆。”全国各地的眼镜商都到这里来进货。眼镜行业的同业公所——裕明公所设在专诸巷内石塔弄。

在理论知识方面，西方科学于鸦片战争后又流入我国，如张福僖译有《光论》。同时，中国的科学家也有自己的著作，如郑复光的《镜镜冷痴》。这些书籍都只介绍几何光学，未涉及波动光学。1871年后，江南制造局翻译馆陆续刊行科技译著，内有《物理学》是日本人编译又经苏州人王季烈重编的教科书^[16]，相当于大学物理的水平。其中光学部分除几何光学外也介绍惠更斯波动说及干涉、衍射、偏振、双折射等物理光学内容。所用术语与现代稍有差别，如光波称为“光浪”，偏振光称为“分极光”等等。王季烈并非机械地重抄，而是加入自己的体会进行重编。如在解释白光下的厚片不能呈现干涉色彩时，一般都说是由于不同波长的光的干涉条纹互相重叠。而王根据自己设计的示意图作了比较透彻的讲解：“季烈按彩色所以只现于极薄片者，可作图以明之。如第一百八十九图（此图原本

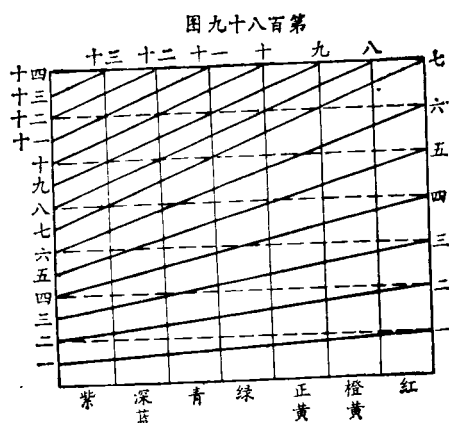


图 1
(按照《物理学》上插图重画)

无，特增之以解明其理），其纵线之长作为若干圆圈之半径，图内所绘为第十四紫圈、第七红圈之半径；其平行各横虚线为各圈上之一点，而各不等长之浪，当重叠掩盖于一点上，今特展为线，以显一点上有无数不等长之光浪也。”用这张图可以很方便地说明各色光干涉强度的极强与极弱的重叠，他还进一步推究各色光本身的相干性与波长差的关系。“今视此图，则知光浪之长短，不独此色与彼色异，即同一色，其浪之长短亦各不同，……而今生第一圈之处，一色内之各光浪长短之差因极微而不显，但积至多浪之后，则一色内所有浪之长短愈显，而一色内之明圈与暗圈亦渐混杂，而其光各处调匀，渐现白色矣。”亦即在一定光程差后不再呈现相干性。从此例可看出他对所编内容不仅已融会贯通，而且能有所发挥。王季烈还与英国人傅兰雅合作翻译了《通物电光》，这本书介绍了伦琴射线的产生与应用。他们根据伦琴射线由放电现象产生并能透过物体的特点，把伦琴射线译为“通物电光”，该书后附有鱼、人手等物的 X 光照片。它的出版时间为 1899 年（江南制造局），离伦琴的发现仅四年。王季烈（1873~1952 年）是清末著名女教育家谢长达的长子，于 1904 年考中进士，遂在学部任专门司郎中，京师译学馆监督^[17]，也担任过商务印书馆理科教科书编辑，他的译著及所编的教科书为近代物理在中国的传播作出了贡献。

清末苏州知识界的管尚忠(字佐鼎)设计了一具潜望镜，他“用折光之理，以大小镜数十，案其角度使屈折反映，最前者置户之楣，最后当其座隅。”当有来访者“在门关七重外”时，“佐鼎已对镜识其容。”^[18]他所用的反射镜必属上乘，不然经过几十次反射是难识面容的。

辛亥革命后，苏州的眼镜工业有所发展；但由于帝国主义的侵略及反动政府的腐败统治，它陷于分散、落后的状态。全市磨镜片工人有三百余人，每年约生产十八万副眼镜，材料是国产水晶或玻璃^[19]。所产眼镜销向全国，以至南洋，另有不少苏州籍商人及技师去上海从事眼镜业。不过上海眼镜业主要是进口玻璃毛坯加以抛光，所以仅有磨镜片工人 70 人^[20]，再需要水晶镜片时仍从苏州采购。

三十年代初，我国物理学界王守竞（苏州籍，王季烈之侄）与其他学者提倡磨玻璃以制造国产光学仪器。中央研究院物理研究所为了制造镜头到苏州招收陆友生、陆明生弟兄二位磨镜片工人。苏州籍科学家及技师对我国近代光学仪器的贡献不是偶然的，而与苏州的光学传统有关。

解放后，苏州的光学工业进入新的历史时期。眼镜业不断扩大、更新，苏州与上海、北京并列为全国眼镜业三大中心，新郭仍是磨镜片的重要基地。从眼镜工人中产生的新一代光学技师活跃在科研、生产第一线（甚至还支援了外地，如锦州光学仪器厂）。五十年代中，苏州医学院试制成显微镜；江苏师范学院仿造蔡司棱镜单色仪，生产教学用透镜组，为原东吴大学教授陆鸿钰在解放前夕从美国带回的 6.4m 凹面光栅配装帕邢装置（这是全国少数大型凹面光栅装置之一）。六十年代以后，苏州光学界的科技人员与工人发扬自力更生、奋发图强的精神，不断攻关闯坚，同时由于国家有关领导部门的重视，苏州的光学工业加快了前进步伐。如苏州晶体元件厂为中国第一台激光器提供了红宝石，苏州光学仪器厂（前身为苏州医学院附属工厂，该厂拥有中型电子计算机、光栅刻划机等设备）研制了潜望镜、高速摄影机；苏州第一光学

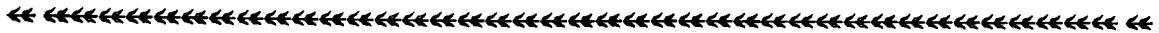
仪器厂(前身是江苏师范学院附属工厂)生产的经纬仪、苏州第四光学仪器厂生产的圆盘单色仪、医疗器械厂的眼科裂隙灯以及苏州照相机厂生产的虎丘牌照相机都在国内享有盛誉;教育部与中央电视大学都在苏州定点生产光学实验仪器。据1983年统计,苏州市及所属区、县有17个光学厂,4000多名职工。苏州大学(原江苏师范学院)培养了光学专业硕士,并研制成全息凹面光栅单色仪、光子计数器和小型喇曼光谱仪。在激光应用方面,苏州生产激光经纬仪、固体激光器,还开展了激光手术、激光针灸等治疗业务。在苏州的科研与生产单位中有光散射、光谱分析、红外与薄膜光学的科研项目。孕育于封建社会、在旧社会中缓慢发展起来的苏州光学行业,在社会主义社会中茁壮成长,呈现出繁花似锦的气象,这正是祖国科学技术发展史的一个缩影。

本文作者在做调查研究时得到了苏州博物馆、苏州市地方志办公室、苏州大学历史系、苏州大学中文系等单位的专家、教授的帮助,本文初稿又经光学界前辈钱临照、王大珩先生的热心审阅(王大珩先生亦为苏州籍)并提出宝贵意见,王守泰先生向作者介绍了王季烈

的生平,一并在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 聂崇侯,中华眼科杂志, No.4(1958),233.
- [2] Encyclopaedia Britannica (15th ed.) Micropaedia, Encyclopaedia Britannica, Inc., Vol.4, (1980),16.
- [3] (明)郎瑛,七修类稿,中华书局,(1959), 836.
- [4] (明)罗日葵,咸宾录,中华书局,(1983),158.
- [5] (明)吴宽,谢屠公送西域眼镜,鲍翁家藏集,卷23(1508), 1.
- [6] (清)石毓玉,道光苏州府志,卷18,物产,(1824),34.
- [7] (明)刘侗,帝京景物略,北京古籍出版社,(1980),153.
- [8] 丁福保,清诗话,上海古籍出版社,(1978),502.
- [9] 曹允源,吴县志,苏州文新公司,卷51,物产(二),(1933),17;卷75,列传艺术(二),(1933),4.
- [10] (清)陆肇城,虎阜志,卷6,物产,(1792),10.
- [11] 南波,苏州文物资料选编,苏州地区文化局,(1980)154.
- [12] 黄振发,光的世界, No.1(1983),23.
- [13] (清)李光庭,乡言解颐,中华书局,(1982),76.
- [14] (清)顾禄,桐桥倚棹录,上海古籍出版社,(1980),156.
- [15] 包天笑,钏影楼回忆录,香港大华出版社,(1971),43.
- [16] 饭盛挺造编,藤田丰八译,王季烈重编,物理学,江南制造局,(1900).
- [17] 王季烈,莫厘王氏家谱,卷11,(1937),37.
- [18] 金天翻,苏州五奇人传,苏州国学会,(1933),11.
- [19] 王培棠,江苏省乡土志,商务印书馆,(1938),37.
- [20] 朱羲农,中国实业志(江苏省),(1932),960.



(上接第366页)

约为20mW。由单T接头引出一半的功率进入混频器;另一部分功率由于传输损耗,因此等效入射到等离子体的功率只有1mW左右。估算其散射信号的信噪比 ≥ 2 。实测表明,当 $\bar{n}_e \geq 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 时,测量到信噪比与估算相符。但若 $\bar{n}_e < 10^{17} \text{cm}^{-3}$,散射信号的信噪比显著下降,甚至完全淹没在噪声中,该信号用锁相放大器都很难检测出来。在散射实验中,为了排除其它杂散信号,我们采用滤波器将散射信号频带之外的干扰信号滤掉。同时也采用了D/A数据采集系统与微机联机进行快速傅里叶变换,从而将散射信号变成功率-频率谱的数据处理。图3是散射角 $\theta_s = 10^\circ$ 的散射信号频谱。

三、讨 论

外差混频和零差混频两种类型的散射系统,均可用于诊断低温、高密度涨落等离子体低频波及其不稳定性。其中外差系统适合于大散射角、高频率(相对低

频波而言)的条件,零差系统适合于低频率的条件。这两个系统所用的正交场平衡混频器能够谐波混频^[4]。若用波长为4mm功率为瓦量级的发射源,再添置少量器件即可改成4mm散射系统。

作者对陈春光、杨思泽同志的指导,俞昌旋同志的帮助表示感谢。

参 考 文 献

- [1] V. Arunasalam and S. C. Brown, *Phys. Rev. A*, 140-2(1965), A471.
- [2] V. Arunasalam et al., *Phys Fluids*, 20-1 (1977), 95.
- [3] M. Okabayashi and V. Arunasalam, *Nucl. Fusion*, 17-3 (1977), 497.
- [4] C. M. Surko et al., *Phys. Rev. Lett.*, 29(1972), 81.
- [5] R. W. Tinnell, *Introductory Microwave Techniques*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., (1965), 60.
- [6] 崔滨生等,物理学报, 33(1984), 1540.