

文章编号: 1005-5630(2014)05-0465-06

光学薄膜技术标准发展综述

高 鹏, 阴晓俊, 赵帅锋, 王瑞生, 殷 波, 费书国

(沈阳仪表科学研究院有限公司, 辽宁 沈阳 110043)

摘要: 为了说明光学薄膜行业相关标准的发展概况, 对光学薄膜技术领域相关国家标准和行业标准进行了总结, 主要归纳为5个主题方向: 膜层功能、面形偏差、表面疵病、环境适应性及产品应用等。介绍了各个主题方向包含的主要标准及发展历程, 重点介绍了膜层功能主题方向的标准从1977年以来的4个阶段性发展历程。针对各个主题方向, 分析了各个主题方向的国家标准及行业标准的适用性, 并提出了光学薄膜领域国家标准及行业标准发展的5项建议: 更新相关标准, 系列化归纳标准, 统一规范标准引用, 对复杂标准增加解释说明, 根据产业发展需求制定相关新标准。

关键词: 光学薄膜; 标准化水平; 国家标准; 行业标准

中图分类号: F 203 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1005-5630.2014.05.019

Overview of the development of the standards of optical coating technology

GAO Peng, YIN Xiaojun, ZHAO Shuai Feng, WANG Ruisheng, YIN Bo, FEI Shuguo

(Shenyang Academy of Instrumentation Science Co. Ltd., Shenyang 110043, China)

Abstract: In order to illustrate the general situation of optical coating standards, national standards and occupation standards about optical coating are summarized. These can be grouped into five subjects including optical coating functions, surface form deviations, surface imperfections, environmental durability and application of optical coating. The main standards as well as their developments of each subject are introduced accordingly, and the four-stage developments of the standards of optical coating functions since 1977 are described especially. For each subject, the applicability of national standards and occupation standards is analyzed, and five proposals about national standards and occupation standards development in optical coating industry are put forward finally. These proposals include updating related standards, serialization standards induction, unifying standard reference, providing explanation for complex standards and constituting new standards according to the demands of the industry.

Key words: optical coating; level of standardization; national standard; occupation standard

引 言

光学薄膜的应用始于20世纪30年代^[1], 至今已形成一门独立的技术, 广泛应用在天文、军事、医学、科学检测、光显示和光通讯等行业中。光学薄膜能改善系统性能(如: 分束、滤光等), 是满足设计目标的

收稿日期: 2014-02-20

作者简介: 高 鹏(1978-), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事光学薄膜方面的研究。E-mail: gaopeng@hb-optical.com

必要手段,对光学仪器的质量起着重要或决定性的作用。

近三十年来,随着我国光学与光电子产业的迅猛发展,光学薄膜技术在镀制设备、膜系设计、特性测试和应用开发等方面取得了广泛的成果,形成了相当的产业规模,产品正在走向国际化。随着光学薄膜技术产业化的扩大,其生产的社会化程度逐渐提高、技术要求日趋复杂,因此对标准化的要求也越来越高。

所谓标准化,是为了在一定范围内获得最佳秩序,对现实问题或潜在问题制定共同使用和重复使用的条款的活动^[2]。标准化活动最终会形成标准,其定义为:为了在一定范围内获得最佳秩序,经协商一致制定并由公认机构批准,共同使用的和重复使用的一种规范性文件^[2]。完善的标准化体系对促进产品在技术上的相互协调配合、优化产业结构、增强产品的市场竞争力等方面具有不可估量的作用,是国民经济和社会发展的重要技术支撑。

我国的标准化工作开展于上世纪 50 年代,目前标准的范围已覆盖 60 多个行业,且标准的数量每年呈稳定增长趋势^[3]。本文立足于光学薄膜行业,分析行业相关 5 个领域标准的发展情况,并结合光学薄膜技术标准的发展现状,对行业相关标准的进一步发展提出了几点建议。

1 光学薄膜技术相关领域

光学薄膜技术涉及多个技术领域,总结光学薄膜相关国家标准和行业标准时,主要关注了以下 5 个主题方向。

(1)膜层功能。光学薄膜可实现诸如反射、增透、滤光、分束等不同功能,以满足多样化的设计要求。不同膜层功能需要用不同的技术指标去描述和评判。

(2)面形偏差。实际光学表面与理想光学表面必然存在一定的偏差,这称为面形偏差。在光学薄膜领域,面形偏差一方面由基片加工水平决定,另一方面也会受到膜层应力的影响而降低或加剧。

(3)表面疵病。镀膜表面会存在一定的缺陷,如麻点、擦痕等,统称为表面疵病。表面疵病程度会影响光学系统的性能,进而制约着光学薄膜的用途。

(4)环境适应性。光学薄膜必然工作于一定的环境条件(如:温度、湿度等),而在该条件下薄膜能否长久稳定工作,体现了光学薄膜环境适应性的强弱。环境适应性是评判光学薄膜的一项重要因素,需要用一定的环境试验来检验。

(5)产品应用。光学薄膜最终会形成产品(光学元件),安装在仪器中以满足一定的使用要求。一种应用类型的光学薄膜产品中可能涉及多个功能的膜层。

上述光学薄膜技术相关领域,各有相关的标准对生产活动进行规范和指导。下文将逐一论述相应标准的发展情况。

2 标准发展概况

2.1 膜层功能类标准的发展

膜层功能类标准的发展,大致可分为以下 4 个时间段。

(1)1977 年—1987 年。

这一时期,可称为膜层功能类标准的“起步阶段”。

当时,国内光学薄膜行业的发展刚刚起步,涉及到的膜层功能不多,国家在 1977 年相应颁布了 GB 1315—77、GB 1316—77、GB 1317—77、GB 1320—77、GB 1321—77、GB 1325—77、GB 1326—77、GB 1327—77、GB 1328—77 和 1330—77 等 10 个标准,内容涵盖反射膜、增透膜、分束膜及窄带滤光膜等方面。这些标准满足当时的行业需求。

(2)1988 年—1995 年

这一时期,可称为膜层功能类标准的“快速发展阶段”。

随着光学薄膜行业技术水平的提升,膜层的功能逐渐趋于多样化,1977 年颁布的标准越来越无法满

足使用需求。在这种情况下,国家在1988年—1989年间,对膜层功能类标准进行了一次系统整理,将相同类型的标准合并,并颁布新的膜层功能标准。经过整理的标准见表1。

表1 截至1989年的膜层功能类标准

Tab. 1 The standards of Optical coating functions by the end of 1989

序号	标准号	名称
1	GB 1315-77	光学零件薄膜的分类、符号及标注
2	GB 1321-77	光学零件上真空镀膜后阳极氧化加固的外反光膜
3	GB 1327-77	光学零件上水解法镀二氧化钛、二氧化硅三层分光膜(R:T=1:1)
4	GB 1316-88	光学零件镀膜 减反射膜
5	GB 1318-88	光学零件镀膜 水解法镀双层减反射膜
6	GB 1320-88	光学零件镀膜 外反射膜
7	GB 1322-88	光学零件镀膜 内反射膜
8	GB 1330-88	光学零件镀膜 窄带干涉滤光膜
9	GB 10218-88	光学零件镀膜 截止滤光膜
10	GB 1329-89	光学零件镀膜 中性滤光膜
11	GB 10989-89	光学零件镀膜 分束膜

可以看出,到1989年,除GB 1315-77、GB 1321-77和GB 1327-77这3个标准外,其余1977版标准已全部更新。

从1991年开始,光学薄膜行业逐渐归为机械行业的一个分支,相关标准也开始以机械行业标准(JB)的形式出现。截至1995年,膜层功能类标准全部转化为机械行业标准,如表2所示。

表2 截至1995年的膜层功能类标准

Tab. 2 The standards of optical coating functions by the end of 1995

序号	标准号	名称	与旧标准的关系
1	JB/T 6179-92	光学零件镀膜 分类、符号及标注	替代GB 1315-77(表1中序号1),重新制定,技术水平提升
2	JB/T 8227-1995	光学零件上真空镀膜后阳极氧化加固的外反光膜	替代GB 1321-77(表1中序号2),直接转化,技术内容不变
3	JB/T 8228-1995	光学零件上水解法镀二氧化钛、二氧化硅三层分光膜(R:T=1:1)	替代GB 1327-77(表1中序号3),直接转化,技术内容不变
4	JB/T 8226.*-1995	光学零件镀膜(系列)	共8个部分,相应替代GB 1316-88等8个标准(表1中序号4~11),直接转化,技术内容不变
5	JB/T 5474-91	光学零件镀膜 偏振膜	—
6	JB/T 5588-91	光学零件镀膜 导电膜	—
7	JB/T 5589-91	光学零件镀膜 高反射膜	—

膜层功能类标准自1988年起,经过7年的发展,不但提升了技术水平,扩展了技术领域,而且将零散的标准合成了一个系列标准,标准号大幅减少,初步形成了膜层功能领域的标准体系。

(3) 1996年—2009年

这一时期,可称为膜层功能类标准的“发展停滞阶段”。

膜层功能类标准在1995年之后的14年间,发展陷入停滞。仅有的几次调整如下。

1999年,JB/T 8226.*-1995(表2中序号4)进行了编辑性修订,技术内容不变。

2004年,JB/T 8227-1995(表2中序号2)和JB/T 8228-1995(表2中序号3)废止,退出历史舞台。

2006年,国家发改委发布了第46号公告,提出将“445项国家标准调整为行业标准”。在这份公告中,将已废止的国标GB 1315-77(表1中序号1)直接转化为同名行业标准JB/T 10569-2006,相应废止

了 JB/T 6179—92(表 2 中序号 1)。

膜层功能类标准在这一时期的发展停滞,造成了标准技术水平的落后,无法满足行业的发展需求。

(4)2010 年—现在

这一时期,可称为膜层功能类标准的“发展复苏阶段”。

2010 年,由“沈阳仪表科学研究所”制定的《光学和光学仪器 光学薄膜》系列标准的第 1 部分 GB/T 26332.1—2010 颁布,为沉寂已久的光学薄膜标准领域注入新的活力。该标准等同采用国际标准 ISO 9211 系列,共 4 个部分,后 3 部分已于 2013 年报批,不久将颁布实施。

在这之后,又有一些新的膜层功能类标准颁布,标准的发展呈现出复苏趋势。到目前为止,现行的膜层功能类标准如表 3 所示。

表 3 现行膜层功能类标准

Tab. 3 The standards of valid optical coating functions by now

序号	标准号	名称
1	JB/T 5474—91	光学零件镀膜 偏振膜
2	JB/T 5588—91	光学零件镀膜 导电膜
3	JB/T 5589—91	光学零件镀膜 高反射膜
4	JB/T 8226. * —1999	光学零件镀膜(系列)
5	JB/T 10569—2006(=GB 1315—77)	光学零件薄膜的分类、符号及标注
6	GB/T 26332.1—2010	光学和光学仪器 光学薄膜 第 1 部分:定义
7	GB/T 26598—2011	光学仪器用透明导电薄膜规范
8	GB/T 26828—2011	多光谱减反射膜规范

2.2 面形偏差类标准的发展

国内面形偏差类标准只有 GB/T 2831,其最早颁布于 1981 年,即 GB 2831—81《光学零件的面形偏差检验方法(光圈识别)》。该标准适用于以等厚光波干涉原理检验球面(包括平面)光学零部件的面形偏差,其提出的用“光圈”描述面形偏差的方法,在国内获得普遍应用。

2009 年,该标准参照国际标准 ISO 10110—5:2007 进行了修订,即 GB/T 2831—2009《光学零件的面形偏差》。修订后的标准保留了“光圈”的描述方式,同时引入了国际上描述面形偏差的术语,如“PV 值”、“rms 值”等,初步实现了与国际标准的接轨。

2.3 表面疵病类标准的发展

国内表面疵病类标准,只有 GB/T 1185,共有以下 3 个版本。

(1)GB 1185—74《光学零件表面疵病》

该标准颁布于 1974 年(以下称“74 版标准”),是参照当时苏联标准 ГСОТ 11141《光学零件表面光洁度等级检测方法》而制定的^[4-5]。“74 版标准”把表面疵病分为 10 个等级,在国内获得普遍应用。

(2)GB 1185—89《光学零件表面疵病》

“74 版标准”在 1989 年进行了修订(以下称“89 版标准”),修订时参照了当时德国提出的 ISO 10110—7 国际标准草案^[5],完全抛弃了之前的等级概念,采用表面疵病允许个数 G 和表面疵病大小级数 J 来表征表面疵病。

(3)GB/T 1185—2006《光学零件表面疵病》

“89 版标准”在 2006 年再次进行了修订(以下称“06 版标准”),此次修订是根据 ISO 10110—7:1996 和 ISO 14997:2003 这两个国际标准重新起草的。“06 版标准”延续了“89 版标准”的表面疵病表征方式,增加了表面疵病未注公差、可视度要求等技术内容,标准显得更加细腻。

目前,“06 版标准”修订时参照的两个国际标准已更新为 ISO 10110—7:2008 和 ISO 14997:2011,“06 版标准”也将面临再次修订。

2.4 环境适应性类标准的发展

应用在光学薄膜行业中的环境适应性类标准,现行的有以下3个。

(1)GB/T 2423. *《电工电子产品环境试验方法》

GB/T 2423. * 是一个系列标准,最早颁布于1981年,目前还在持续更新中。标准中描述的环境试验方法,是为电工电子产品而设定,并非针对于光学薄膜,但其中的“低温”、“高温”、“恒定湿热”、“交变湿热”、“盐雾”等试验方法从1988年开始广泛被光学薄膜行业借用。

(2)GB/T 12085. *《光学和光学仪器 环境试验方法》

GB/T 12085. * 是一个系列标准,最早制定于1989年,在2010—2011年进行了修订,内容与ISO 9022系列基本一致。标准中描述的环境试验方法是针对光学仪器而设定,其中的“低温”、“高温”、“湿热”、“盐雾”等试验方法适用于光学薄膜,相关试验方法在光学薄膜国际标准ISO 9211系列中有所引用。

(3)GB/T 26331—2010《光学薄膜元件环境适应性试验方法》

GB/T 26331—2010 是专门针对光学薄膜的环境试验方法标准,在制定中参考了ISO 9211、ISO 9022等相关内容,对环境试验方法进行了归纳整理,适合光学薄膜行业使用。

另外,前文提到已报批的GB/T 26332系列标准,后两部分也是关于光学薄膜环境试验方面的内容,分别等同采用ISO 9211—3:2008和ISO 9211—4:2012。试验方法与“GB/T 12085. *”和“GB/T 26331—2010”相关内容一致,彼此相容。

2.5 产品应用类标准的发展

光学薄膜产品应用类标准,最早出现的是两个专业标准ZBY 327—85《显微镜光谱滤光片 基本规格》和ZBN42 001—87《35 mm电影放映机反光镜技术条件》。在这之后,随着光学薄膜技术水平的提升,产品应用类标准也在不断变更和扩充。截至2013年,光学薄膜产品应用类标准的变化情况如表4所示。

表4 光学薄膜产品应用类标准的变化情况

Tab. 4 The changes of the standards of applications of optical coating

序号	标准号	名称	状态	标准替代关系
1	ZB Y 327—85	显微镜光谱滤光片 基本规格	废止	被JB/T 9334—1999替代
	JB/T 9334—1999	显微镜光谱滤光片 基本规格	废止	启用GB/T 26601—2011
	GB/T 26601—2011	显微镜 光谱滤光片	现行	—
2	ZB N42 001—87	35 mm电影放映机反光镜技术条件	废止	被JB/T 7467—94替代
	JB/T 7467—94	35 mm和70 mm电影放映机反光镜技术条件	废止	被JB/T 7467—2008替代
	JB/T 7467—2008	35 mm和70 mm电影放映机反光镜技术条件	现行	—
3	JB/T 5590—91	光谱仪器用滤光片	现行	—
4	GB/T 26328—2010	生物化学分析仪器用干涉滤光片	现行	—
5	JB/T 11532—2013	线性渐变中性密度滤光片	现行	—

3 光学薄膜技术标准发展建议

经过几十年的发展,我国的标准化工作取得了相当的成效,标准的数量和质量都不断提升,并开始逐步与国际接轨,这从上文对光学薄膜领域标准发展情况的分析中可窥见一斑。今后,建议从以下几个方面来完善光学薄膜技术标准。

(1)对落后标准的更新。表3中前5个标准以及JB/T 5590—91(表4中序号3)均为现行标准,但核心内容为1991年之前所制定,技术水平较低,需要修订;另外GB/T 1185—2006对应的ISO标准已更新,该标准也需要修订。

(2)标准系列化发展。膜层功能类方面,JB/T 5474—91、JB/T 5588—91、JB/T 5589—91和

JB/T 8226. * 都是“光学零件镀膜”相关标准,内容有一定的相关性,却被分散在多个标准中,检索和应用都不方便,建议进行修订时将它们归为一个系列标准,减少标准号的分布。

(3)标准引用统一。光学薄膜环境适应性方面,可引用的标准包括 GB/T 2423. *、GB/T 12085. *、GB/T 26331—2010。由于 GB/T 2423. * 被光学薄膜行业引用较早(从 1988 年开始),目前人们还是习惯引用该标准,但与之相比,GB/T 12085. * 以及其后的标准更适合光学薄膜,并与国际通用方法一致。为了行业中标准引用的统一,建议 GB/T 2423. * 逐渐淡出光学薄膜行业。

(4)为复杂标准提供必要的说明文件。面形偏差标准 GB/T 2831—2009 和表面疵病标准 GB/T 1185—2006 的实施一直都不顺畅,这与标准的内容相对复杂、人们对其理解不深入有一定关系。对于内容复杂的标准,建议以后在发布标准的同时,提供配套的技术辅助文件来说明标准的内容,增强人们对标准的理解。同时,国家应鼓励专家学者发表标准方面的论文和著作,这有利于标准的顺利实施和推广普及。

(5)根据行业需求,发布新标准。通过表 4 可以看到,现有光学薄膜产品应用类标准仅涉及显微镜、光谱仪、生化分析仪及电影放映机等方面。随着光学薄膜技术的发展,其应用领域在不断扩展,如手机的显示触摸屏、3D 立体影像、天文观测等方面都有光学薄膜的身影。因此,在光学薄膜应用领域,应随着产品的逐渐发展成熟而酌情颁布新的标准。

4 结 论

随着光学薄膜技术水平的提升,行业上对标准化的要求也不断提高。为了使光学薄膜行业相关人士了解本行业的标准状况,本文针对光学薄膜技术相关的 5 个领域,论述了相应标准的发展概况,并结合现状对光学薄膜技术标准的发展提出了几点建议。相信我国光学薄膜技术标准会越来越完善,我国的标准水平也会不断踏上新的台阶。

参考文献:

[1] 叶 帆,顾 兵,黄晓琴. 薄膜材料折射率色散的进展与展望[J]. 光学仪器,2010,32(4):90-94.

[2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 20000. 1—2002 标准化工作指南(第 1 部分):标准化和相关活动的通用词汇[S]. 北京:中国标准出版社,2002.

[3] 莫 洁. 我国标准化工作建设现状分析及对策研究[J]. 生产力研究,2012(7):166-169.

[4] 果宝智. 光学表面光洁度评述[J]. 激光与红外,1991,21(4):29-34.

[5] 刘庆明,盛益鹏. GB/T 1185《光学零件表面疵病》与俄、美相关标准对比分析[J]. 国防技术基础,2007(8)6-10,18.

=====

(上接第 464 页)

[3] 王运永,朱宗宏,R. 迪萨沃. 引力波天文学[J]. 现代物理知识,2013,25(4):25-34.

[4] 赵 文. 宇宙中暗能量、残余引力波和微波背景辐射极化的一些研究[D]. 合肥:中国科技大学,2006.

[5] 刘雪敏. 测量引力波的新方法光孤子存储环—共振棒引力波[D]. 武汉:华中科技大学,2004.

[6] 程景全,杨德华. 引力波和引力波望远镜的发展[J]. 天文学进展,2005,23(3):195-204.

[7] 罗子人,白 珊,边 星,等. 空间激光干涉引力波探测[J]. 力学进展,2013,43(4):415-447.

[8] 赵艳彬,王孝东,孙克新. LISA 引力波探测器与关键技术分析[C]//中国宇航学会深空探测技术专业委员会第七届学术年会论文集,2010.

[9] LISA. Laser interferometer space antenna: A corners tone mission for the of gravitational waves[R]. European Space Agency System and Technology Study Report,2000.

[10] 王运永,朱兴江,刘 见,等. 激光干涉仪引力波探测器[J]. 天文学进展,2014,32(3):1-35.