

ICS 31.120

CCS L 50

团 体 标 准

T/CVIA xxx-2024

T/DTIA xxx-2024

增强现实 (AR) 显示光学性能测量方法

Augmented Reality (AR) Display Optical Property Measurement
Methods

(征求意见稿)

2024-xx-xx 发布

2024-xx-xx 实施

中国电子视像行业协会
国家新型显示技术创新中心

联合发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 标准测量条件	2
5.1 大气条件	2
5.2 供电条件	2
5.3 暗室条件	2
5.4 DUT 稳定时间	2
6 测量系统	2
6.1 标准坐标系	2
6.2 光测量设备	3
6.3 测试平台要求	4
6.4 面光源	5
6.5 设置条件	5
7 测量方法	5
7.1 视场角	5
7.2 眼盒	6
7.3 像素角密度	7
7.4 亮度	8
7.5 亮度不均匀性	9
7.6 对比度	9
7.7 棋盘格对比度	9
7.8 色彩不均匀性	10
7.9 光谱透过率	10
7.10 透射雾度	11
7.11 对比度调制	12
7.12 杂散光	12
附录 A（规范性）测试图像示例	14

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件发布机构不承担识别专利的责任。

本文件根据产品的特点及实际情况，参考有关标准而制定，作为企业组织生产和质量监督检验的依据。

本文件由中国电子视像行业协会和国家新型显示技术创新中心共同提出并归口，由国家新型显示技术创新联盟知识产权与标准委员会组织制定。

本文件起草单位：东南大学、新型显示与视觉感知石城实验室、南京平行视界技术有限公司、杭州远方显示测量技术有限公司、南京工业职业技术大学、南京信息工程大学、湖北星纪魅族集团有限公司、深圳光峰科技股份有限公司、舜宇光学（浙江）研究院有限公司、武汉精测电子集团股份有限公司、柯尼卡美能达（中国）投资有限公司、浙江生一光学感知科技有限公司、安徽润景信息科技有限公司。

本文件主要起草人：张宇宁、何乃龙、翁一士、张跃渊、宋立、戴思懿、沈忠文、潘江涌、吴梅、魏伟、叶森宇、陈达、欧阳春、陈佳男、何峰、张丽。

本文件为首次发布。

增强现实 (AR) 显示光学性能测量方法

1 范围

本文件规定了增强现实 (AR) 显示的光学性能测量术语和定义、测量条件和设备、测量方法等内容。

本文件适用于光学透视式的增强现实 (AR) 镜片、光学模组和整机眼镜的设计、生产和测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 38247-2019 信息技术 增强现实 术语

GB/T 38258-2019 信息技术 虚拟现实应用软件基本要求和测试方法

GB/T 38259-2019 信息技术 虚拟现实头戴式显示设备通用规范

IEC 63145-20-10 Eyewear display – Part 20-10: Fundamental measurement methods – Optical properties

IEC 63145-22-10 Eyewear display – Part 22-10: Specific measurement methods for AR type – Optical properties

3 术语和定义

GB/T 38247-2019 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

眼盒 eye-box

用户无需移动头部或进行任何其他调整（眼睛的自然旋转除外）就可以看到整个虚拟图像时，眼睛所在的三维空间。

【参考：IEC 63145-20-10，有修改】

3.2

眼点 eye point

当使用近眼显示设备时，眼点通常设计在达到最佳性能时的眼睛入瞳位置，该位置一般作为测量的初始位置。

3.3

出瞳距离 eye relief

瞳孔到 AR 设备中最近的光学显示器件之间的距离。

3.4

视场角 field of view

人眼与所观察虚拟图像边缘的连线的夹角。包括对角、水平、垂直方向视场角。

【参考：IEC 63145-20-10，有修改】

3.5

光学透视显示亮度 optical see-through display luminance

光学透视 AR 显示虚拟图像的平均亮度。

3.6

像素角密度 pixel per degree

每空间单位角度内的像素个数。

【参考：IEC 63145-20-10，有修改】

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AR：增强现实（Augmented Reality）

DUT：被测设备（Device Under Test）

LMD：光测量装置（Light Measuring Device）

CCD：电荷耦合器件探测器（Charge-Coupled Device）

FOV：视场角（Field Of View）

MTF：调制传递函数（Modulation Transfer Function）

5 标准测量条件

5.1 大气条件

除非另有规定，所有 DUT 的测量大气条件均应满足下列要求：

——环境温度：22℃ ~ 28℃；

——相对湿度：25% ~ 85%（无凝结）；

——气压：86kpa ~ 106kpa。

5.2 供电条件

除非另有规定，所有整机设备的供电条件均应满足下列要求：

——电源电压：180V ~ 240V；

——电源频率：50Hz ~ 60Hz；

——为了稳定 DUT 的性能，驱动被测设备的电源应根据 DUT 的规格进行调整。

5.3 暗室条件

光学测试应在暗室进行，室内环境的光照度应小于或等于 0.1lx。测试室内背景反

射到测量空间的亮度贡献应小于被测设备输出最小亮度的 1/20。如果条件不满足，则需要进行背景减法，并在报告中注明。

5.4 DUT 稳定时间

器件的瞬态温度行为影响被测器件的光学性能，测试前 DUT 在加电状态下应在测试环境中静置 15 分钟，确保 DUT 的亮度输出达到稳定状态，如果亮度输出的变化不在 $\pm 3\%$ 范围内，则应注明亮度的变化率。

6 测量系统

6.1 标准坐标系

采用三维笛卡尔坐标系 (x, y, z) 表示被测对象的眼盒、眼点、被测设备的出瞳距离、光测量装置的入瞳等位置关系。被测设备的生产厂家或供应商应指定眼点位置或出瞳距离。标准坐标系应符合 IEC 63145-22-10 中的要求。

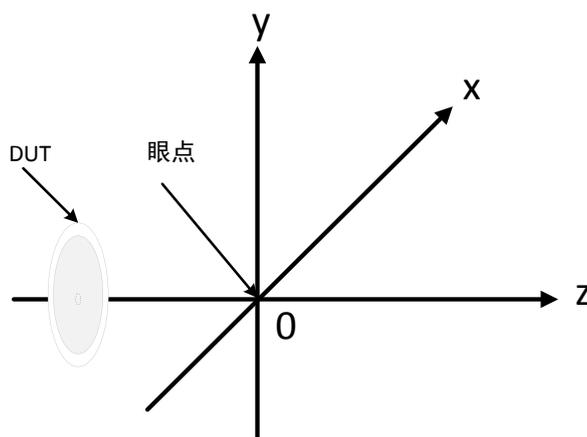


图1 标准坐标系示意图

6.2 光测量设备

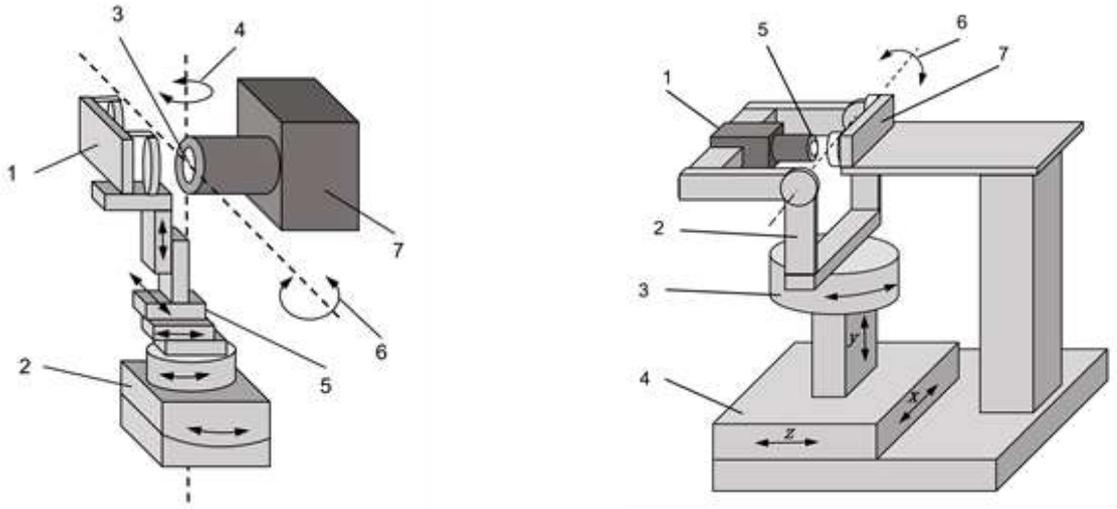
LMD 的光学镜头结构应类同于人眼的入瞳结构。LMD 的入口瞳孔（孔径）的位置由制造商或供应商提供，一般为入瞳前置。LMD 的光入口直径尺寸应设置在 3~5 mm 之间，且应小于 DUT 的出瞳直径。用于测量光学特性（例如亮度和颜色）的 LMD 必须使用适当的光度或光谱标准进行校准。

当使用光谱仪型 LMD，波长范围应至少为 380 ~ 780 nm，光谱带宽应不大于 5 nm，波长精度应不大于 0.5 nm。

当使用二维成像式 LMD（二维传感器如 CCD 或 CMOS），应确认二维成像 LMD 的有效测量视场角，应确认二维成像 LMD 的周边图像不存在渐晕现象。二维成像 LMD 的分辨率应符合 IEC63145-20-10 中的要求。

6.3.1 概述

DUT 应安装在一个稳定的平台上，以确保图像的稳定。应采用五维系统测试平台。该平台由一个双轴测角仪和一个正交的三轴平移平台构成，如图 2 中的 (a) 和 (b) 所示，并符合 6.1 节中规定的坐标系。



标引说明:

- 1 ——DUT
- 2 ——双轴测角仪
- 3 ——DUT 的眼点
- 4 ——方位角
- 5 ——正交三轴平移平台
- 6 ——仰角
- 7 ——LMD

(a)

标引说明:

- 1 ——LMD
- 2 ——双轴测角仪
- 3 ——方位角
- 4 ——正交三轴平移平台
- 5 ——DUT 的眼点
- 6 ——仰角
- 7 ——DUT

(b)

(a) LMD 安装设置示例; (b) DUT 安装设置示例

图2 LMD 和 DUT 安装设置示例

注 1: 当 LMD 安装在双轴测角仪上时, 仰角台安装在方位角台上。

注 2: 部分 DUT 会根据其方向改变虚拟图像。

6.3.2 双轴旋转台

双轴旋转台应能够测量球坐标系中的方位角 (水平) 和仰角 (垂直)。角度旋转精度应不大于 0.1° 。旋转台可以在 LMD 的入口瞳孔中心或入口瞳孔后 10 毫米处旋转。

6.3.3 三维平移平台

正交的三轴平移平台应装配在可以覆盖测量距离的范围内, 如眼盒的尺寸, 并在必要时覆盖双目 DUT 的瞳孔间距离。平移精度应不大于 0.05 mm 。三维平移平台也决定了测试的仰角和方位角的调节精度。

6.4 面光源

面光源尺寸应大于 DUT 光学元件尺寸，且出光口均匀性应不低于 98%，1h 内短期稳定性应小于 0.5%，出光面色温应为 $2856 \pm 30\text{K}$ ，最高可调亮度应不低于 2000 cd/m^2 。面光源主要用于辅助本文件中光谱透光率和透射雾度的参数测量。

6.5 设置条件

LMD 被放置在一个五轴的位移旋转台上（双轴旋转台和三轴位移平台），如图 2（a）所示。

LMD 的入瞳应与制造商或供应商提供的 DUT 眼点设置相同的位置。DUT 的眼点应与双轴旋转台的原点相一致，且 DUT 的光轴应与三轴位移平台的 z 轴对齐，如图 2（b）所示。

注：例如机械手臂等可行的其他测试装置同样适用于本测试。

7 测量方法

7.1 视场角

视场角的测试应按照以下步骤进行：

- a) 调整 DUT，使 LMD 的入瞳置于 DUT 的眼点位置；
- b) 全屏显示全白测试图像（图 A.1）；
- c) 调整双轴测角仪旋转中心处 LMD 的入瞳，将 LMD 的光轴对准虚像中心，然后测量中心亮度；
- d) 旋转 LMD 的方位角，从中心向左或向右端水平（保持仰角， $\alpha=0$ ）到亮度降低到标准阈值，例如到中心点亮度值的 50%，记录两端水平角度 Ψ_L 和 Ψ_R 。水平视场角 A_h 计算方法按(1)式；

$$A_h = \Psi_L + \Psi_R \quad (1)$$

- e) 旋转 LMD 的俯仰角，从中心垂直向上或向下旋转（保持方位角， $\Psi=0$ ），直到亮度读数降低到标准阈值，例如到中心点值的 50%，记录两端垂直角度 α_T 和 α_B 。水平视场角 A_v 计算方法按(2)式；

$$A_v = \alpha_T + \alpha_B \quad (2)$$

- f) 将 LMD 方位角和俯仰角从中心向对角线方向的左上角，右下角，右上角或左下侧，比如 45° 倾斜角度（对角线的角度与待测画面的长宽比相关），直到亮度降低到标准阈值，例如在中心点处的值的 50%。记录每个方向角的水平角度（ Ψ_{TL} , α_{TL} ）和（ Ψ_{BR} , α_{BR} ），以及垂直角度（ Ψ_{TR} , α_{TR} ）和（ Ψ_{BL} , α_{BL} ）。水平视场角 A_d 计算方法按(3)式。

$$A_d = \sqrt{\psi_{TL}^2 + \alpha_{TL}^2} + \sqrt{\psi_{BR}^2 + \alpha_{BR}^2} \quad (3)$$

注 1：在对角线方向的情况下，标准阈值可以为 25%。

注 2：当瞄准眼点的数据从上述八个倾斜角度收集时，通常可用于生成视场图，以确定附件 A 中所示的各种视场，如单目视场、总视场和重叠双目视场。

注 3：视场角的测量其他要求应符合 IEC63145-20-10 中的要求。

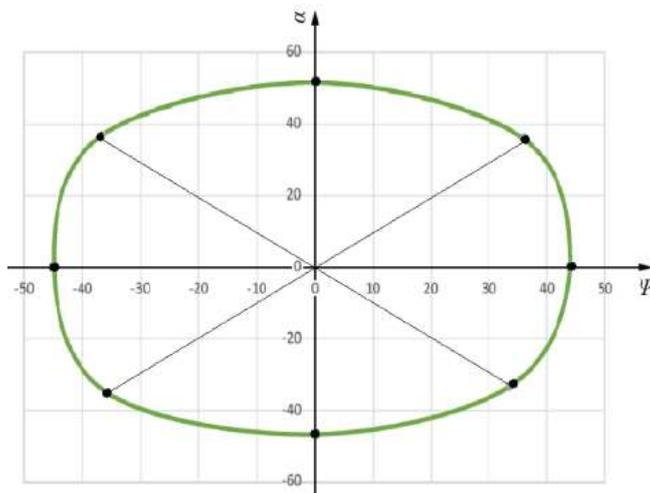


图 3 视场角示意图

7.2 眼盒

眼盒的分布测试应按照以下步骤进行：

a) 将成像 LMD 的入瞳与 DUT 的眼点与运动阶段原点位置 ($x = 0, y = 0, z = 0, \alpha = 0, \Psi = 0$) 匹配；

b) 在 DUT 上显示全白测试图像 (图 A.1)；

c) 在三轴位移平台的 x 轴方向 (保持 y 轴位置不变) 上移动 LMD 的入瞳到眼盒的边缘位置，记录此时边缘位置的坐标 $(x_1, 0, 0)$, $(x_2, 0, 0)$ 。眼盒边缘的位置判断条件应符合 IEC63145-20-10 中的要求；

d) 在三轴位移平台的 y 轴方向 (保持 x 轴位置不变) 上移动 LMD 的入瞳到眼盒的边缘位置，记录此时边缘位置的坐标 $(y_1, 0, 0)$, $(y_2, 0, 0)$ 。眼盒边缘的位置判断条件应符合 IEC63145-20-10 中的要求；

e) 通过前后移动三轴位移平台的 z 轴位置改变视距，重复步骤 b)~步骤 d)，得到眼盒的三维分布，如图 4 所示。

注：眼盒的测量要求应符合 IEC63145-20-10 中的要求。

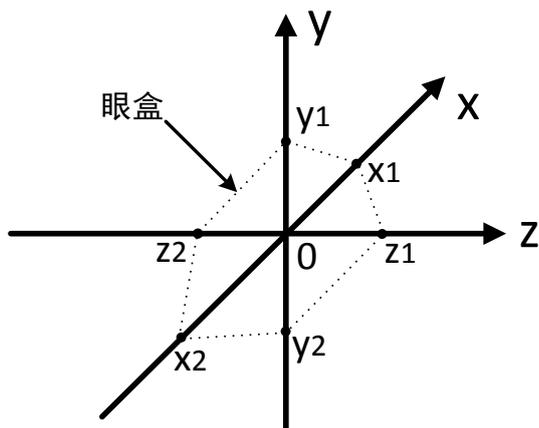


图4 眼盒三维分布示意图

7.3 像素角密度

像素角密度的测试仅适用像素分布均匀的 DUT，并按照以下步骤进行：

- a) 定位 DUT；
- b) 显示全白测试图像（图 A.1）；
- c) 调整 LMD，使其与 DUT 眼点处的入瞳相匹配，并在指定的虚像距离处对焦；
- d) 使用虚拟图像中心的 LMD 捕获像素图像，如图 5 所示；
- e) 对测量区域内的像素数进行计数；
- f) 像素角密度计算方法按(4)式。

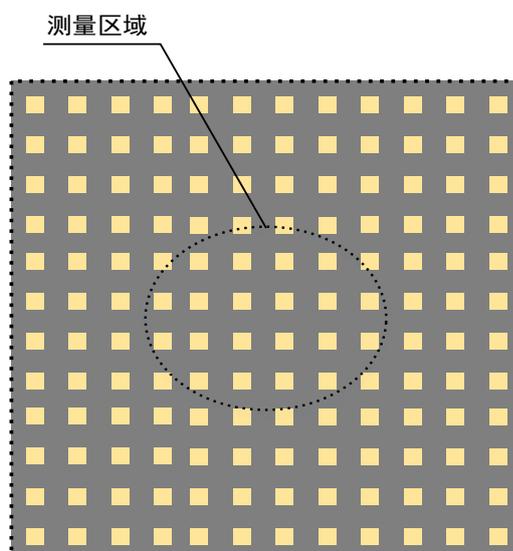


图5 像素角密度测量示例

$$D_L = \frac{\pi}{180} \sqrt{\frac{N}{\Omega}} \quad (4)$$

式中：

D_L ——像素角密度，单位：像素每度(ppd)；

N ——测量区域内的像素数；

Ω ——测量区域的立体角，单位：sr。

备选方法：当白色圆形图案中像素个数固定时，利用像素个数和观测锥的实心角度计算像素角密度。

注：在像素正交排列规则的情况下，像素的角密度由公式(5)确定：

$$D_L = \frac{n}{\theta} \tag{5}$$

式中：

θ ——测量角度；

n ——测量角度 θ 内的像素个数。

7.4 亮度

该特性的测试应按照以下步骤进行：

- a) DUT 显示全白测试图像（图 A.1）；
- b) 调整 LMD 的入瞳位置至 DUT 的眼点，且位于双轴旋转台的交叉点上，将 LMD 的光轴对准虚拟图像的中心；
- c) 在 P_0 的位置测量中心亮度 L_{p0} ，如图 5 所示；
- d) 平均亮度 L_{av} 的计算方法按(6)式。

$$L_{av} = (L_{p0} + L_{p1} + \dots + L_{p8}) / 9 \tag{6}$$

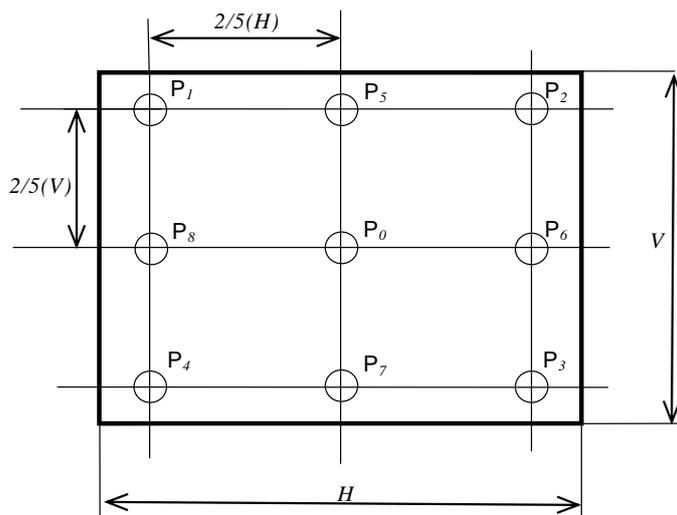


图6 亮度测量的测试位置

7.5 亮度不均匀性

亮度不均匀性的测试应按照以下步骤进行：

- a) DUT 显示测量图案（图 A.1）；
- b) 调整 LMD 的入瞳位置至 DUT 的眼点，且位于双轴旋转台的交叉点上，将 LMD 的光轴对准虚拟图像的中心；
- c) 直接拍摄 DUT 显示的测量图案或旋转 LMD，得到如图 5 所示测试位置 P_1 的亮度 L_i ，单眼测量的亮度不均匀性 NU 计算方法按(7)式。

$$NU = \frac{L_{Max} - L_{min}}{L_{Max}} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

L_{Max} —— L_i 中的最大值， $i = 0 \sim n$ ；

L_{Min} —— L_i 中的最小值， $i = 0 \sim n$ 。

7.6 对比度

对比度的测试应按照以下步骤进行：

- a) 调整 LMD 的入瞳位置至 DUT 的眼点；
 - b) 在全屏幕白色模式和全屏幕黑色模式下分别测量中心位置 P_0 的亮度（图 A.1、A.2）。
- 对比度 CR 计算方法按(8)式。

$$CR = \frac{L_W}{L_B} \quad (8)$$

式中：

L_W ——测量全屏幕白色模式的亮度，单位： cd/m^2 。

L_B ——测量全屏幕黑色模式的亮度，单位： cd/m^2 。

7.7 棋盘格对比度

棋盘格对比度的测试应按照以下步骤进行：

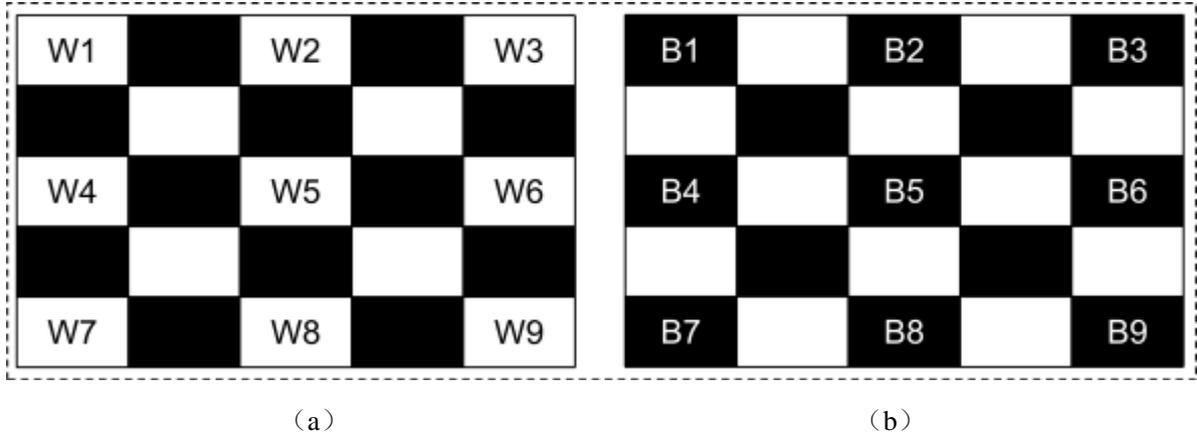
- a) 调整 LMD 的入瞳位置至 DUT 的眼点，且位于双轴旋转台的交叉点上，将 LMD 的光轴对准虚拟图像的中心；
- b) DUT 显示白棋盘格图，如图 7（a）所示；
- c) 测量 W1-W9 九个点的图像亮度值，得到对应 W1-W9 的亮度值 $L_{W1} \sim L_{W9}$ ；
- d) DUT 显示黑棋盘格图，如图 7（b）所示；
- e) 测量 B1-B9 九个点的图像灰阶值，得到对应 B1-B9 的亮度值 $L_{B1} \sim L_{B9}$ ；
- f) 计算棋盘格对比度 D，如式(9)所示：

$$D = L_W / L_B \quad (9)$$

式中：

$$L_W = (L_{W1} + L_{W2} + \dots + L_{W9}) / 9 \quad (10)$$

$$L_B = (L_{B1} + L_{B2} + \dots + L_{B9}) / 9 \quad (11)$$



(a) 白棋盘格图； (b) 黑棋盘格图

图7 DUT 对比度参数计算处理图

7.8 色彩不均匀性

色彩不均匀性的测试应按照以下步骤进行：

- 使用与 7.4 相同的步骤来测量位置 P_i 的色度坐标 (x_i, y_i) 。
- 利用公式(12)计算色彩不均匀性 (u_i, v_i) 。

$$\Delta u'v' = \max(\sqrt{(u'_i - u'_j)^2 + (v'_i - v'_j)^2}) \quad (12)$$

式中：

$i, j = 0 \sim 8$ 。

7.9 光谱透过率

光谱透过率的测试应按照以下步骤进行：

- 按照图 7 位置，布置测量结构，将 DUT 置于光谱式 LMD 与均匀的面光源之间；
- 调整光谱式 LMD 位置，使 LMD 的入瞳位置至 DUT 的眼点；
- 开启均匀的面光源，预热至可稳定输出亮度；
- 使用光谱式 LMD 测量获取均匀的面光源通过 DUT 的光谱辐亮度分布 $L_{v,0}(\lambda)$ ；
- 移开 DUT，使用光谱 LMD 测量获取均匀的面光源通的光谱辐亮度分布 $L_{v,ill}(\lambda)$ ；
- 光谱透光率 L_{00} 的计算方法按(13)式。

$$T_{0/0} = k \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{L_{v,0}(\lambda)}{L_{v,ill}(\lambda)} \cdot V(\lambda) \cdot D_{65}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (13)$$

式中：

$$k = \frac{100}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} V(\lambda) \cdot D_{65}(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (14)$$

注：光谱透光率的测量和参数要求应符合 IEC63145-22-10 中的要求。

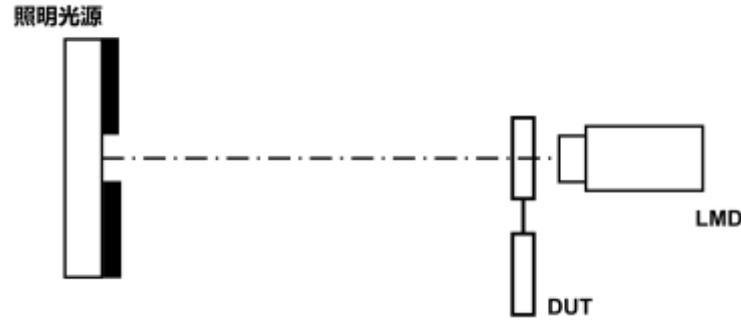


图8 测量布置图

7.10 透射雾度

透射雾度的测试应按照以下步骤进行：

- 按照图 8 放置 DUT、LMD、照明光源以及其他相关硬件；
- 将照明光源的位置放置在 DUT 的前方；
- 将 LMD 置于 DUT 的 Z_{LMD} 处，即会产生直径为 d_{mf} 的测量区域；
- 使得 LMD 对焦后即可进行测量；
- 测量点位的位置为 P_0 ；
- 透射雾度 H 的计算方法按(15)式，对于光通量的测量利用图 9 所示的积分球进行测量。

$$H = \left[\frac{T_4}{T_2} - \frac{T_3}{T_1} \right] \times 100\% \quad (15)$$

式中：

- T_1 ——入射光通量；
- T_2 ——透过光通量；
- T_3 ——仪器散射光通量；
- T_4 ——散射光通量。

注：透射雾度的测量和计算具体方法请参考 IEC63145-22-10。

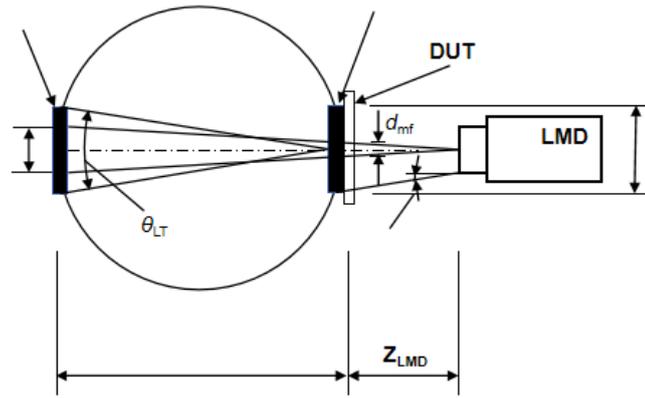


图9 测量布置图

7.11 对比度调制

对比度调制是在 DUT 关闭时测量通过 DUT 的对比度调制。如果测量值小于 1，则 DUT 降低了观看者对物体的可见性。它的测试应按照以下步骤进行：

- 关闭 DUT，利用面光源显示测量图案（图 A.3）；
- 得到参考对象的最大亮度 L_M 和最小亮度 L_m ；
- 对测试图的不同空间频率或条纹方向重复步骤 b)；
- 如适用，对另一只眼重复上述步骤；
- 计算方法按(16)式；

注：对比度调制的测量与计算要求应符合 IEC63145-22-10 中的要求。

$$C_{CM} = \frac{L_M - L_m}{L_M + L_m} \quad (16)$$

7.12 杂散光

7.12.1 概述

该测量方法的目的是在半球形照明下，在 DUT 关闭的情况下，测量 DUT 的正面杂散光。除了 LMD 方向（不止是垂直于 DUT 并与 DUT 的光轴对齐）。光源是漫射的，LMD 是定向的。如果这个测量结果很高，则意味着被测件趋于模糊，并且用户将从被测件的正面观察到更多的杂散光。

7.12.2 测量步骤

该特性的测试应按照以下步骤进行：

- AR 显示如图 10 所示的矩形点阵图；
- 测试设备移动到眼盒中心位置；
- 分别计算两点本身亮度 L_v 和亮点区域外上下左右四个区域的亮度 L_i ($i = 1 \sim 4$)，取平均值 L_s ，

计算方法按(17)式。

$$L_s = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}{4} \quad (17)$$

d) 计算杂散光相对强度，计算方法按(18)式。

$$Stray = \frac{L_s}{L_v} \quad (18)$$



图10 AR 显示的点阵图

注：杂散光的测量其他要求应符合 IEC63145-22-10 中的要求。

附录 A

(规范性)

测试图像示例

A.1 亮度及其均匀性、对比度等参数测试图像



图 A.1 标准白测试图像

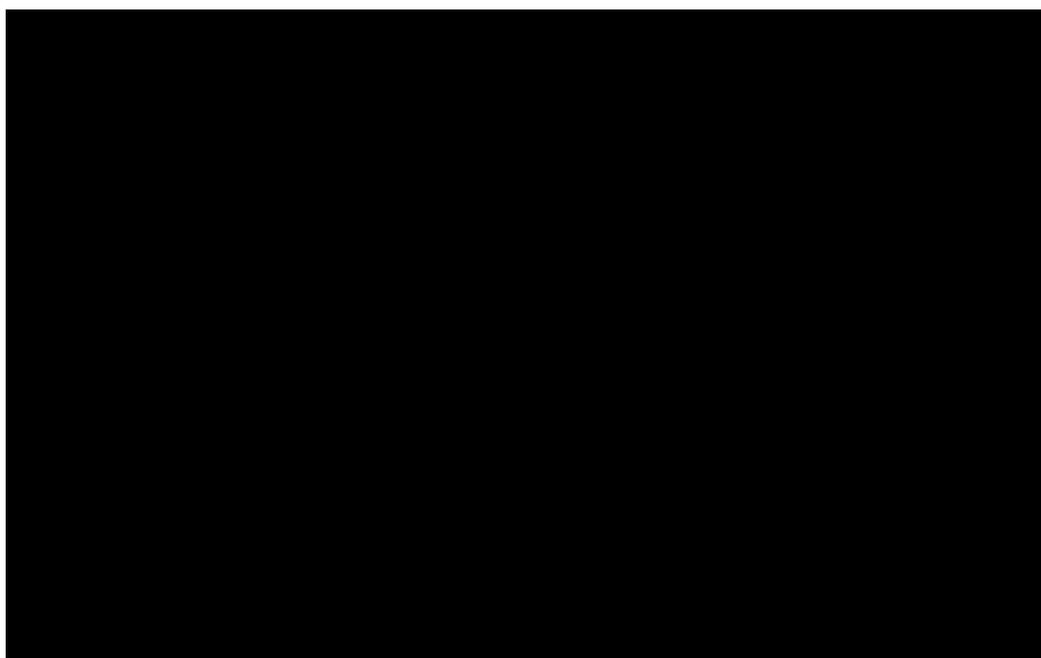


图 A.2 标准黑测试图

A.2 棋盘格对比度参数测试图像

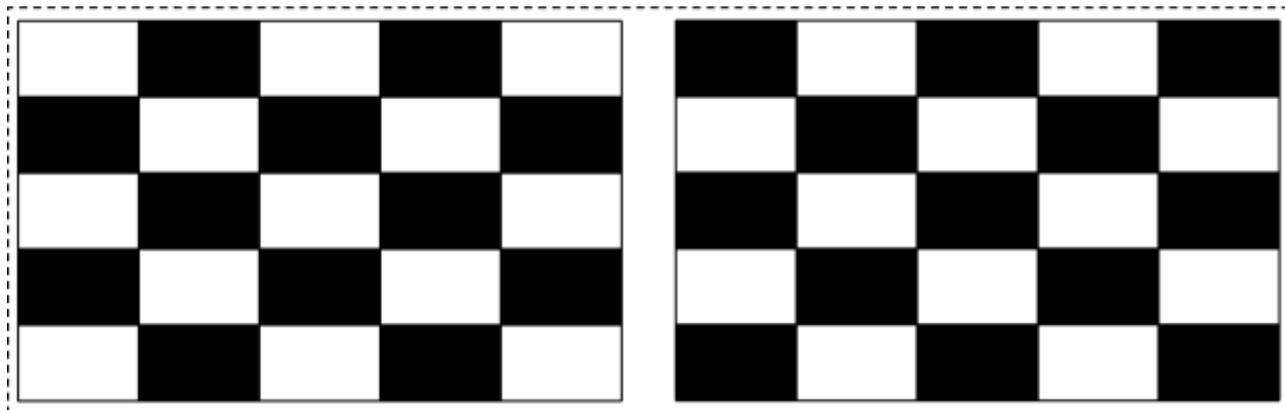


图 A.3 5×5 中心亮（暗）棋盘格

A.3 调制传递函数参数测试图像

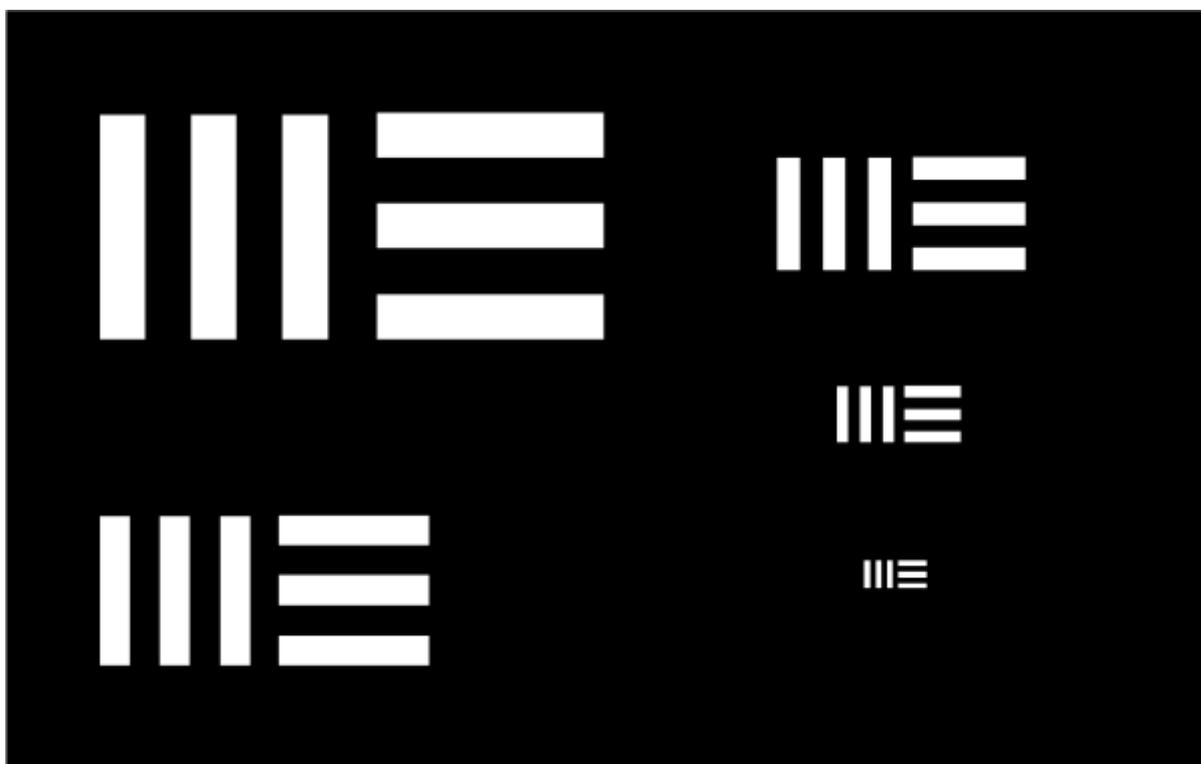


图 A.4 不同线对下的明暗条纹图