

科研动态

重大突破

学术交流

奖励荣誉

首页 > 科研动态 > 重大突破

重大突破

南京天光所提出光学反射空间角谱方法

文章来源: 南京天文光学技术研究所 | 作者: | 发布时间: 2024-02-26 | 【打印】

光在物质表面的反射包含有丰富的特征信息,人们通过它来感知颜色(时间频率),感知材质(空间频率)。在遥感、计算机图形学、材料分析等科研领域,光的反射也一直是研究的核心内容。

近来,南京天光所郑奕研究员及科研团队提出了半球谐波模态光照模型,在空间角频率域内求解渲染方程,得到了反射的角度频率谱,进展如下:

(1) 区别于传统“双向反射分布函数BRDF”依赖特定角度的描述方式,反射角谱使用入射模态到出射模态的能量传递比例,来表征材料在反射过程中对光线的空间频率调制。优点是将反射特性的描述由BRDF四维函数(图1b)转成具有明确物理含义的、触手可及的二维反射角谱(图1d)。

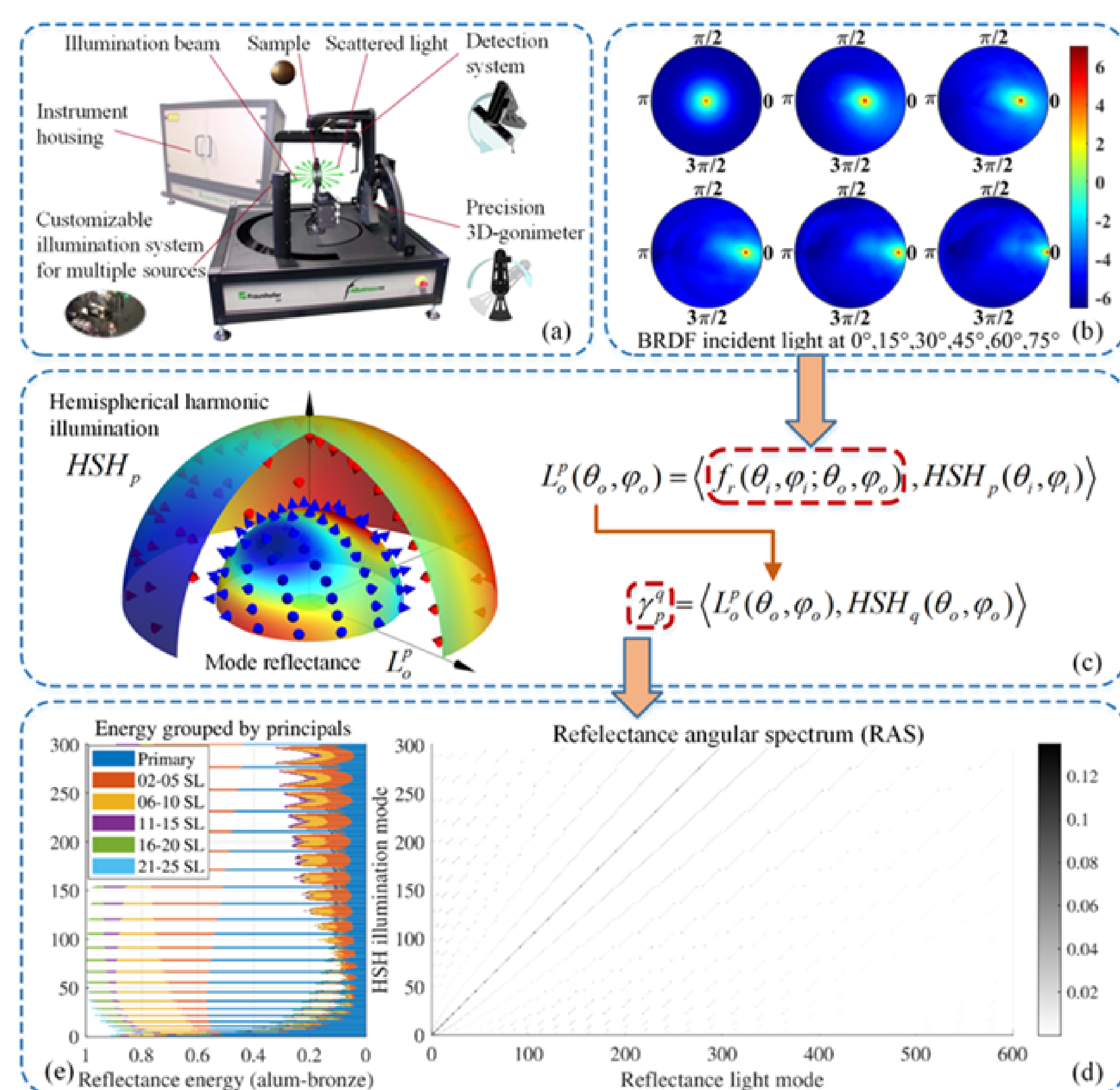


图1 材料的反射空间角度谱; (a) 空间角度反射测量仪; (b) 测得的双向反射分布函数BRDF; (c) 半球谐波模态光照、渲染方程及强度系数; (d) 反射角谱RAS(二维); (e) 模态反射能量分布MRED(一维)

(2) 反射角谱清晰地分开了镜面反射、各向同性散射和各向异性散射,以反射角谱为核心的频率域计算方法(图2),为在空间角频率域处理反射提供了基础;由于正交半球谐波函数的采用,各向同性材料反射角谱具有高度的稀疏特性,极高比例地压缩反射测量数据。

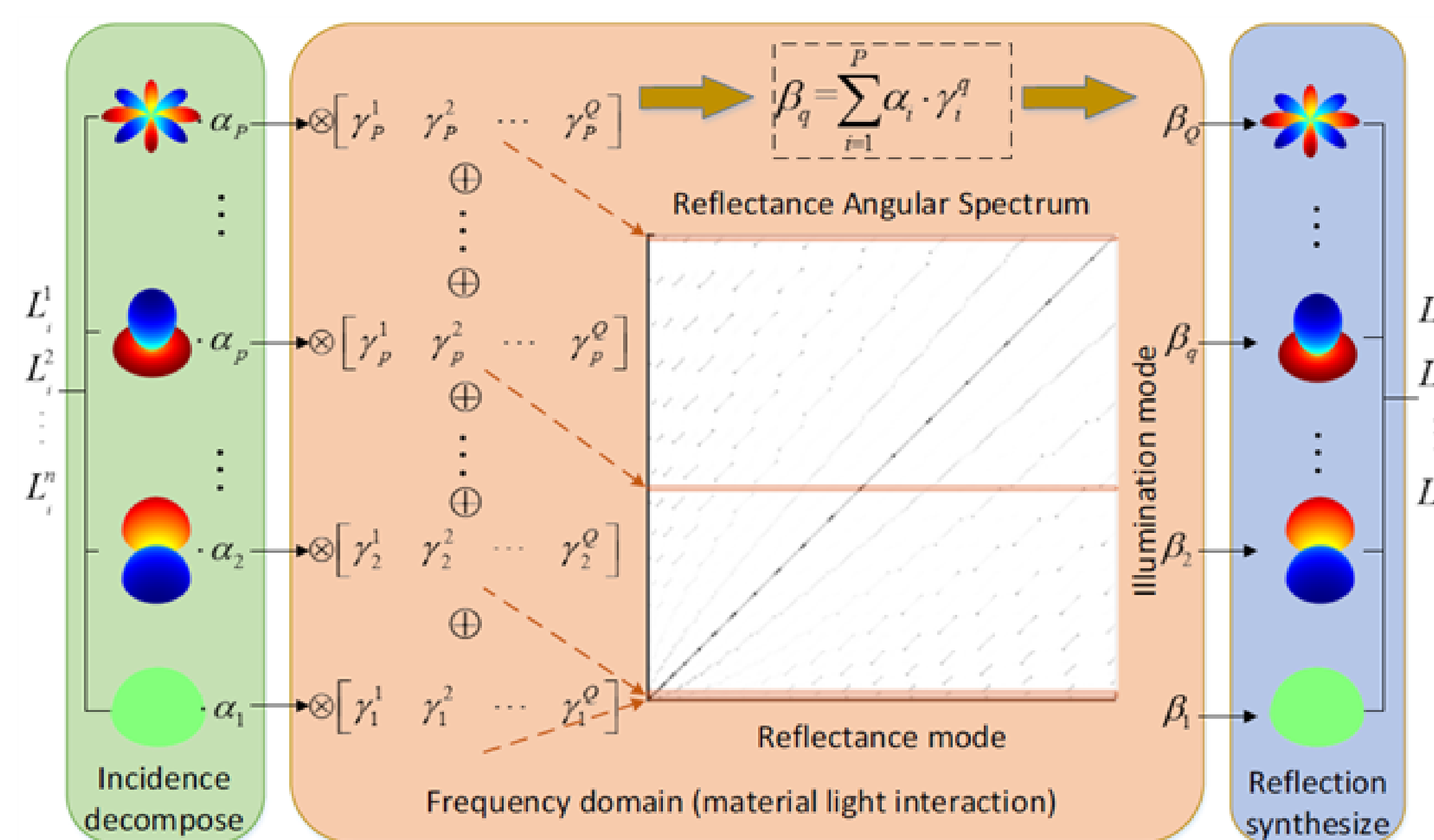


图2 基于反射角谱的三层反射分布计算框架

(3) 研究还提出将反射角谱按输入模态塌缩为一维谱线,称为模态反射能量分布MRED(图1e)。用MRED对材料的高空间角分辨率反射数据进行了分析(MERL数据库中100种各向同性材料,UTIA数据库中的3种各向异性材料的测试数据)。结果表明漫反射材料具有高频响应截止特性(图3e),光泽性材料具选择性增强特性(图3c)、高亮反射材料有全频响应特性(图3a),其它材料在MRED曲线上呈现明显的过渡特性(图3b,图3d,图3f),这为材料反射特性分类提供了客观的、量化的工具。

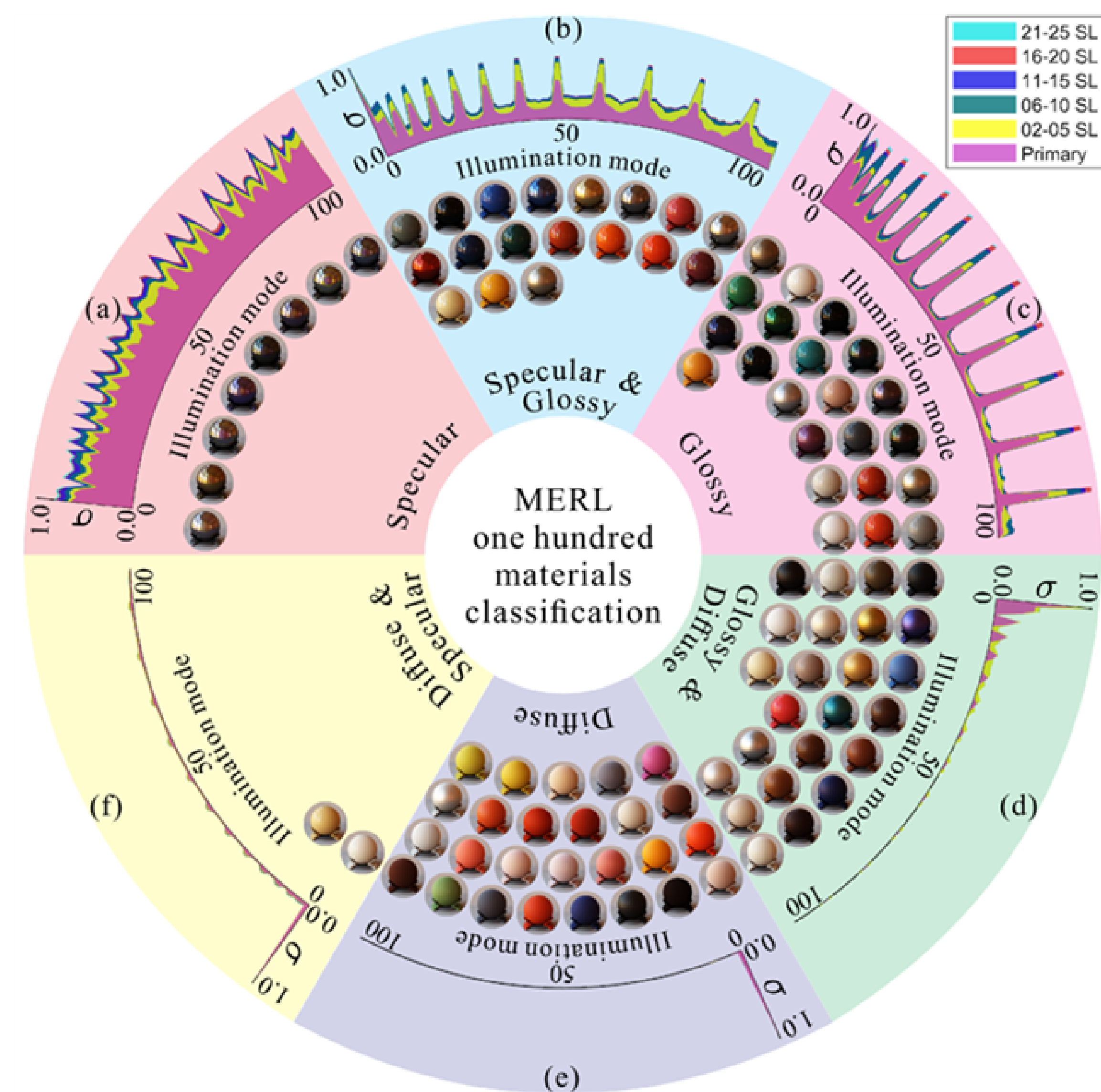


图3 用模态反射能量分布MRED分类MERL数据库的100种材料

该研究成果在物质表面的光反射模型,实时渲染计算,材质表面评估等方面具有重要的科学意义和应用价值,同时也是球冠正交函数在前沿基础研究中取得的一项重要发现。研究以“Hemispherical harmonic illumination and reflectance angular spectrum”(半球谐波光照与反射角谱)为题已发表在国际光学期刊《光学快报》(Optics Express, 2024, Vol. 32, No. 5)上。

研究获得国家重点研发项目(2022YFA1603000),国家自然科学基金(11973008, U1731134)的资助。中国科学院大学研究生林琳、丁昌鹏,南京天光所侯永辉研究员和李晓飞工程师是共同作者,研究得益于与加州大学圣地亚哥分校讲席教授Ravi Ramamoorthi的讨论。

文章链接: <https://doi.org/10.1364/OE.505443>