

硅衬底金黄光源在高速公路中的应用与节能

蔡允

山东双利电子工程有限公司

摘要：随着城市的快速发展和交通运输的不断增加，高速公路的建设和维护成了当前社会发展的重要任务。在高速公路的照明系统中，光源的选择和节能问题备受关注。目前，硅衬底金黄光源因其良好的色彩表现和较低的能耗逐渐成为高速公路照明系统的研究热点。本文旨在探讨硅衬底金黄光源在高速公路照明中的应用与节能问题。

关键词：硅衬底金黄光源；高速公路；应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.06.043

良好的照明是保障高速公路安全和舒适性的重要因素。然而，传统的照明系统存在能源浪费和环境污染等问题。因此，迫切需要一种高效节能的照明解决方案。硅衬底金黄光源作为一种新型的光源材料，具有高效、长寿命、可调节亮度和变色等特点。这使得它成为在高速公路照明系统中的理想选择。然而，目前对于硅衬底金黄光源在高速公路中的应用研究还比较有限，因此有必要深入研究其应用和节能效果。本文的主要目的是探讨硅衬底金黄光源在高速公路中的应用与节能效果。

一、硅衬底金黄光源的发光机理

硅衬底金黄光源的发光机理涉及硅材料的特殊结构和能带结构。硅材料是一种间接带隙半导体，其能带结构中存在着能量带隙，即导带和价带之间的能量差。导带中主要存在高能态的电子，而价带中则存在着低能态的空穴。当硅衬底金黄光源受到外界激励，比如电子的注入或光的激发时，硅材料中的电子可以被激发到导带中，此时原子核周围的正离子呈现正电荷，形成正净电荷；而空穴则被激发到价带中，形成负净电荷。这种电子-空穴对的形成被称为载流子注入。接着，注入到导带和价带中的电子和空穴开始发生复合过程。复合过程主要包括辐射复合和非辐射复合。在辐射复合过程中，电子与空穴之间发生复合并释放能量，这些能量以光子的形式被发射出来，形成可见光的发光功率；而在非辐射复合过程中，电子和空穴之间的能量转化为其他形式的能量，如热能。通过辐射复合过程，硅衬底金黄光源可以发射出可见光。这种可见光的发射范围和峰值波长与硅材料的能带结构有关，同时也受到硅材料的杂质状态和晶格结构的影响。通过调控硅材料的特殊结构和掺杂技术，可以实现硅衬底金黄光源的发光波长和光谱特性的调控。

二、高速公路照明光源的选择需要考虑的因素

1. 亮度和照度效果

亮度是指光源的强度和亮度水平。高速公路照明需

要确保足够的亮度，以提供良好的视觉效果和明确的道路标识。光源的亮度水平要足够高，以便行车者清晰地看到路面和周围环境，避免视线受阻和道路隐患。照度效果是指光源照射到目标表面上的光照强度的大小。高速公路照明需要在道路上提供适当的照度，以确保行车者能够清晰地看到道路标志、交通标识和其他重要物体。同时，适当的照度还能减少视觉疲劳和眩光，提高行车的安全性和舒适性^[1]。

2. 色温和色彩还原指数

首先，色温是指光源发出的光线所呈现出的颜色特性。在高速公路照明中，常用的色温范围为3000K至6000K之间，其中低于4000K的光源通常被称为“暖白光”，而高于4000K的光源则被称为“冷白光”。不同色温的光源所呈现出的颜色感观不同，会对驾驶员的视觉产生不同的影响。比如，在高速公路上，选择适当的色温可以提供较好的色彩对比度，帮助驾驶员更准确地识别道路标志、交通信号和其他车辆。较高的色温光源，如冷白光，具有较高的色彩清晰度和辨别能力，能够提供更清晰、明亮的照明效果，适用于一些需要高度辨识和关注细节的道路部位；而较低的色温光源，如暖白光，给人以温暖、舒适的感觉，适用于一些需要营造舒适驾驶环境的道路部位。其次，色彩还原指数是衡量光源对物体真实颜色还原能力的指标。色彩还原指数一般用Ra表示，取值范围为0至100，数值越高代表光源对物体颜色还原能力越好。在高速公路照明中，色彩还原指数较高的光源能够准确还原物体的真实颜色，使驾驶员能够更好地辨认道路和前方物体，提高行车的安全性。

3. 能效比和寿命

能效比是指光源在提供特定亮度和照度效果的同时所消耗的能量。选择高能效的光源可以降低能源消耗，减少对环境的负担，同时也能节省电力成本。在高速公路照明领域，能效比高的光源通常具有较低的能耗，比如LED光源，可以提供相同或更好的照明效果，但能源消耗却较低。寿命是光源的使用寿命和可靠性。高速公路照明需要长时间运行，因此选用具有长寿命和可靠性的光源是非常重要的。光源的寿命决定了更换和维护的频率，而可靠性则保证了光源在各种恶劣条件下的正常运行。选择具有长寿命和良好可靠性的光源，可以降低维护成本并提高照明系统的稳定性^[2]。

4. 稳定性和可靠性

照明光源的稳定性是指其长期使用过程中能否保持光效、功率稳定不变。在高速公路的照明环境下，光源经常处于高温、潮湿、腐蚀、震动等恶劣环境中，如果

光源的稳定性不好，则会频繁出现亮度和色彩减弱、发光不均匀等问题，影响照明效果和驾驶员的视觉感受。照明光源的可靠性是指其长期使用过程中的性能和可靠度表现。选择照明光源时，需要考虑其材料强度、造型结构、散热和精度等参数因素，以确保光源具有较好的安全风险和质量稳定性表现。高速公路的照明系统通常需要长时间连续工作，照明光源若长时间受到损耗和损坏，则会大大影响照明效果和驾驶员的行车安全。

三、硅衬底金黄光源路灯与传统LED路灯的对比

1. 安全

(1) 防眩光。蓝光（传统白光LED）等短波长成分过高易加剧眩光程度，人眼更容易直视光源产生眩光，增加了行驶的安全风险。金黄光LED光源中不含波长短于500nm的蓝紫光，能够减少对驾驶员眼睛造成的过度眩光，提升了道路行驶的安全性。(2) 穿透性强。根据散色原理，短波长的光线在空气中的衰减比长波长的光线要大很多。研究还发现，色温越低，长波段的光谱就越多。金黄光LED光源中仅含有长波长的黄光和红光成分，色温极低，仅有2000K左右，在道路照明中，尤其是雨、雾、尘、霾等恶劣天气中透雾能力更好。

2. 环保

当前主流的LED照明都是采用LED芯片激发荧光粉发光而成，由稀土（不可再生资源）制成的荧光粉在照明领域的消耗量已高达30%，而无荧光粉的金黄光LED光源作为第一代纯LED照明产品，节约了稀土资源，具有重大战略意义。

3. 健康

“富蓝光危害”，过高的蓝光除了对人的眼睛和生物节律造成不好的影响，还会对自然环境造成损害。一系列光生物实验数据表明，零蓝光低色温的金黄光LED照明光源，对人的视觉、褪黑素的分泌无不良影响，是一种健康的光源，且具有驱除蚊虫效果，特别适合户外照明领域。

4. 节能

根据日照时间的长短、光照强度，采用智能模块自动控制照明灯具亮度，达到绿色低碳照明目标。

四、硅衬底金黄光源在高速公路中的应用

1. 路灯应用

硅衬底金黄光源则是最近几年发展起来的一种新型光源，具有较高的色温和显色性能，被广泛应用于高速公路的照明中。硅衬底金黄光源在高速公路中的应用，主要是由于它具有以下几个显著的优点：首先，硅衬底金黄光源具有较高的色温。与传统的白光路灯相比，硅衬底金黄光源的色温更接近太阳光的色温，能更好的提高驾驶员的夜间视野，保障夜间行车安全。其次，硅衬底金黄光源的显色性能更好。硅衬底金黄光源的光谱分布更加均匀，显色指数更高，可以更真实地还原物体的色彩，提供更舒适、自然的照明环境，减少驾驶员的疲劳感。再次，硅衬底金黄光源的能耗更低。硅衬底金黄光源相比传统的白光路灯，能耗更低，寿命更长，维护

成本更低。在动辄数万个路灯的城市道路中，采用硅衬底金黄光源路灯能够极大地降低城市的能耗费用和维护成本。以广东省为例，该省在大量采用硅衬底金黄光源路灯后，节能量将达到50%以上，降低碳排放5000吨以上。因此，硅衬底金黄光源在高速公路中的应用具有广阔的前景和广泛的市场需求。

2. 隧道照明

首先，硅衬底金黄光源具有较高的色温和色纯度，能够提供明亮且舒适的照明效果。在隧道中，较高的色温可以增强照明效果，使得驾驶员能够清晰地辨认道路、标志和其他交通参与者。此外，金黄色光源具有较高的颜色还原性，能够准确呈现周围环境和对象的颜色，提供良好的视觉体验。其次，硅衬底金黄光源具有较强的穿透能力，在隧道环境中能够有效穿透烟雾、雾气等干扰物，提供良好的照明效果。这对于驾驶员在隧道中保持清晰的视野以及准确判断和应对道路状况非常重要，提高了行车的安全性和舒适性。此外，硅衬底金黄光源在隧道照明中还具有较高的能效和长寿命。相较于传统的光源，硅衬底金黄光源的能效更高，能够有效节约能源消耗。其长寿命特点能够减少更换灯具和维护的频率和成本，降低了对隧道照明系统的管理和维护的困扰。最后，硅衬底金黄光源以其抗干扰性能和稳定性在隧道照明中显著优势。隧道环境复杂，在进出口以及行车过程中可能涉及较大的震动和振动，硅衬底金黄光源能够稳定工作，并且抗干扰能力强，不受外界干扰影响。这些特点能够确保隧道照明系统在恶劣的环境条件下能够持续稳定运行，不会因为外界干扰而导致灯光的不稳定或失效^[3]。

3. 应急照明

首先，硅衬底金黄光源具有较高的亮度和辐射能力。由于高速公路的应急照明需要在夜间和恶劣天气条件下提供强而明亮的照明效果，硅衬底金黄光源能够提供较高的亮度和辐射能力，确保路面和周围环境的充分照明，提高行车安全。其次，硅衬底金黄光源的色温和颜色稳定性较好。在应急照明中，正确的颜色温度和稳定的颜色输出对于行车者的判断和反应非常重要。硅衬底金黄光源的色温接近自然光，能够提供较好的视觉效果，减少行车者的视觉疲劳和误判情况的发生。再次，硅衬底金黄光源具有较低的能耗和长寿命。应急照明需要持续运行，硅衬底金黄光源具有较低的能耗和长寿命，可大大降低维护和更换成本。这对于高速公路等需要长时间运行和维护的应急照明系统来说非常重要。最后，硅衬底金黄光源具有环保特点。硅衬底金黄光源不含有汞和其他有害物质，不会对环境造成污染。同时，它也不会产生紫外线和红外线等对人体有害的辐射，对于行车者和周围环境都是一种安全的照明选择。

4. 路灯控制系统

路灯控制系统是一种智能化的系统，可以实现对路灯的精确控制和节能管理，而硅衬底金黄光源能够与路灯控制系统相结合，发挥其优势。首先，硅衬底金黄光

源可以根据实际需求进行亮度调节。随着天色的变化和交通流量的变动,硅衬底金黄光源可以通过路灯控制系统实现亮度的自动调节。在交通密集或行车需求较高的区域,可以提高亮度以确保良好的道路照明和安全性;而在交通稀少或需要节约能源的时候,可以降低亮度以减少能源消耗。这种精确的亮度调节能够满足不同时段和不同道路状况下的需求,提高路灯的使用效率。其次,硅衬底金黄光源具有良好的光质和色彩还原性。硅衬底金黄光源能够提供明亮、舒适的照明效果,并且能够准确还原物体的真实颜色。对于高速公路来说,准确的颜色还原非常重要,可以帮助驾驶员准确辨识道路标志、交通信号及其他车辆,提高行车的可视性和安全性^[4]。

5. 智能交通管理

首先,在智能道路照明系统中,硅衬底金黄光源能够提供适宜的光照,并且在雨雾等天气恶劣情况下,也能够提供较好的视线范围。这对于智能交通管理来说是非常重要的。其次,硅衬底金黄光源在智能交通管理系统中具有较高的可靠性和稳定性。在智能交通管理系统中,光源质量的稳定性和可靠性是至关重要的,否则其影响范围很广,可能会损失人员和财产。硅衬底金黄光源具有良好的稳定性和可靠性,可以在各种恶劣环境下运行,提高了智能交通系统的可靠性和稳定性。再次,在智能交通管理系统中,每个光源都会长时间运行,因此硅衬底金黄光源无须频繁更换和维护,可以降低交通系统的能源和维护成本,并提高管理效率。

6. 大雾及雨季天气的照明

首先,硅衬底金黄光源具有较高的穿透能力,能够穿透大雾和雨季天气中的湿气和水汽,提供较远的照明效果。传统的光源在大雾和雨季天气中容易被湿气阻挡,使得照明范围受限,制约了驾驶员对道路和前方情况的观察。而硅衬底金黄光源的独特波长特性使其能够穿透湿气,提供更广阔的照明范围和距离,帮助驾驶员更准确地认知路况,提高行车的安全性。其次,硅衬底金黄光源具有良好的颜色还原性,在大雾和雨季天气条件下能够准确还原物体的真实颜色。在大雾和雨季天气中,光线被散射和吸收,导致环境光线的色彩出现变化,使得驾驶员难以准确分辨道路和前方物体。然而,硅衬底金黄光源的光谱特性能够准确还原物体的颜色,提供真实的视觉信息,帮助驾驶员更好地辨认道路标志、交通信号和其他车辆,增加行车的安全性。此外,硅衬底金黄光源具有较低的反射和眩光现象,在大雾和雨季天气中能够降低驾驶员的视觉疲劳和不适感。传统的光源在大雾和雨季天气中容易产生强烈的反射和眩光,使驾驶员的视力受到干扰。而硅衬底金黄光源通过有效的光控制和光照角度设计,能够减少反射和眩光现象,为驾驶员提供更为舒适的光照环境,减轻眼睛的疲劳感,提升行车的舒适性。

五、硅衬底金黄光源在高速公路中应用的未来发展趋势

1. 节能环保

硅衬底金黄光源在高速公路的应用可以实现节能环保的效果。这是由于硅衬底金黄光源作为一种新型的光源材料,其能效比高,寿命长,体积小,重量轻,还可以实现变色和亮度可调,这与传统的荧光灯相比能够降低能源消耗和减少对环境的负荷,同时也能够大量减少CO₂的排放量,实现了绿色环保的发展趋势。硅衬底金黄光LED光源技术,经权威机构鉴定为国际领先,具有中国自主知识产权,开拓了纯LED低碳节能照明新方向,打破了国外企业垄断半导体照明核心技术和市场的局面,充分展现了绿色低碳发展成效,应用前景良好。

2. 智能化驱动

随着人工智能和物联网技术的不断发展和应用,硅衬底金黄光源将呈现智能化驱动的发展趋势。通过智能控制和感应等技术的应用,可以实现硅衬底金黄光源对于周围环境的自适应性,如通过光传感器对环境光进行实时调整,实现夜间照明状态和日间能量收集的状态转换。此外,还可以通过智能控制实现硅衬底金黄光源的远程监控和维护,提高其可靠性和可持续性^[5]。

3. 新材料和新技术的应用

硅衬底金黄光源的应用将会受到新材料和新技术的不断推出和更新的影响。目前,研究人员正在探索和开发新型的硅材料,如氮化硅和氮化镓等,以提高硅衬底金黄光源的发光效率和光谱特性,进一步拓展其在高速公路照明的应用领域。

六、结语

硅衬底金黄光源在高速公路照明系统中具有明显的节能优势;具有广阔的应用前景和发展潜力。未来的研究可以进一步优化硅衬底金黄光源的光谱特性和发光效率,提高其照度和色温的调控范围;探索硅衬底金黄光源与智能交通系统的集成应用,提高整体的安全性和智能化水平;研究硅衬底金黄光源在太阳能路灯中的应用,探索其在太阳能路灯的节能效果和应用前景。同时,还需要进一步研究硅衬底金黄光源在不同环境条件下的表现和适用性,以满足不同地区和条件下的照明需求。总之,硅衬底金黄光源是一种值得关注和广泛应用的新型光源材料,有着良好的应用前景和发展空间。

参考文献

- [1]李俊杰.高速公路隧道照明亮度分析控制方案研究[J].交通科技与管理,2023,4(20):41-43.
- [2]杨帅.高速公路隧道照明节能技术的研究[J].运输经理世界,2023,(23):112-114.
- [3]陈建枫.高速公路隧道照明节能控制系统的研制[J].机电信息,2023,(15):42-44.
- [4]朱民强.高速公路隧道照明节能控制研究[J].光源与照明,2023,(06):21-23.
- [5]沙欣.LED光源在黄延高速公路隧道照明中的节能技术研究[J].公路工程,2018,43(06):299-303.