

Spectral Analysis of Natural Light Passing through Automobile Film

Jialu Tian, Zecheng Wu, Dongmeng Hou, Yuyu Wang, Wencheng Zhang, Jun lv*

Department of Physics, College of Science, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot Inner Mongolia
Email: *lujun@imut.edu.cn

Received: Mar. 28th, 2019; accepted: Apr. 10th, 2019; published: Apr. 17th, 2019

Abstract

In order to analyze and understand the performance of SAIC film in the current market, the transmission curve of 380 nm to 950 nm of automotive film samples and the automobile film is affixed to the glass with a thickness of 1 mm was measured by USB650 spectrometer combined with SpetraSuite spectrum analysis software, and the spectral characteristics were analyzed. The measurement and analysis results show that the optical performance of automotive thermal insulation film on the market has been greatly improved compared with that of more than ten years ago. The contradiction of high visible light transmittance and low infrared ultraviolet transmittance has been solved to some extent. However, the visible light transmission rate of some automobile heat insulation film is still lower than the national standard.

Keywords

Solar Film, Spectral Properties, Transmissivity

自然光透过汽车膜后的光谱分析

田嘉璐, 吴则诚, 侯东朦, 王玉玉, 张文成, 吕 军*

内蒙古工业大学理学院物理系, 内蒙古 呼和浩特
Email: *lujun@imut.edu.cn

收稿日期: 2019年3月28日; 录用日期: 2019年4月10日; 发布日期: 2019年4月17日

摘 要

为了分析和了解目前市场上汽车膜的性能, 采用美国海洋光学USB650型光谱仪结合SpetraSuite光谱分

*通讯作者。

析软件, 测量了三组汽车膜和加贴厚度为1 mm玻璃时, 380 nm~950 nm区间的透射率曲线并对其进行了光谱特性分析。测量分析结果表明, 目前市场上汽车隔热膜的光学性能相比十多年前已有很大提高。增大可见光透过率的同时, 降低红外和紫外光的透过率的问题得到了一定的解决, 但部分汽车隔热膜仍存在可见光透过率低于国家标准的问题。

关键词

汽车膜, 光谱分析, 透射率

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

汽车膜(Automotive window film)泛指贴在汽车玻璃表面, 以改善汽车玻璃光学性能和安全性能等功能的多层聚酯复合薄膜材料, 是太阳膜、遮阳膜和防爆膜等的统称[1]。随着人们生活水平的提高, 汽车隔热膜由于具有隔热隔紫外线等功能得到广泛关注。目前市场上的汽车隔热膜主要有: 涂布膜、染色膜、真空蒸发膜、金属磁控溅射膜等种类[2]。国家强制性标准规定, 汽车风窗玻璃及驾驶员视区范围的可见光透射比应不小于 70% [3] [4] [5]。也就是贴膜后, 膜和玻璃的总体可见光透射比应不小于 70%。这就要求汽车膜自身的可见光透射必须达到更高的要求。研究汽车隔热膜是低碳绿色发展的必然趋势, 也可在物证鉴定中增加汽车玻璃的检验价值[6]。汽车隔热膜的光学性能关系到驾驶员人身安全、舒适感以及汽车节能。但目前市场上的汽车隔热膜还不完全尽如人意[7], 存在部分产品的光学性能未达到国家强制性标准的现象[8] [9]。

本文随机从市场上选择了三个品牌的前风窗玻璃膜和侧风窗玻璃膜, 采用美国海洋光学 USB650 型光谱仪, 测量了这些膜的自然光透射率曲线。结果表明, 这三种品牌的前风窗玻璃膜加贴玻璃前, 在 400~650 nm 的可见光波段, 其透射比可达到 70%的国家标准, 但加贴 1 mm 厚的普通玻璃之后, 仅有一个品牌前风窗玻璃膜达到此标准, 抽样达标率仅为 33%。

2. 测量分析方法与测试样品

2.1. 光谱测量方法

用美国海洋光学 USB650 型光谱仪, 测量波长范围为 350 nm~1000 nm, 波长分辨率为 2 nm, 结合 SpetraSuite 光谱分析软件, 测量自然光透过样品后 380 nm~950 nm 区间内的透射率, 光源的波长范围 200 nm~1700 nm, 实验装置如图 1。

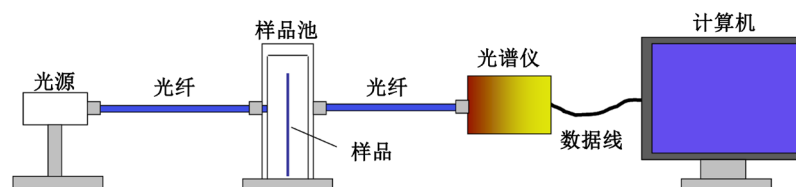


Figure 1. Schematic diagram of experimental device

图 1. 实验装置示意图

透射率的计算公式为： $T = \frac{I}{I_0} \times 100\%$ ，其中 T 为透射率， I 为透射光通量， I_0 为入射光通量，其中光通量的单位为 lm (流明)。

2.2. 测试样品

随机从市场上选择了三个品牌的汽车前风窗玻璃膜和侧风窗玻璃膜，分别将玻璃膜裁剪为 $1.5 \times 2 \text{ cm}$ 的各 2 份样品待测，其中 1 份样品贴在厚度 1 mm 的普通玻璃上，这样形成两组测试样品并分别编号。

第一组样品编号(膜)：前风窗为 f1、f2 和 f3；侧风窗为 c1、c2 和 c3。

第二组样品编号(膜+玻璃)：前风窗为 F1、F2 和 F3；侧风窗为 C1、C2 和 C3。

其中，f 代表测试样品仅为前风窗玻璃膜，F 代表测试样品为前风窗玻璃膜加贴厚度 1 mm 的普通玻璃，c 代表测试样品仅为侧风窗玻璃膜，C 代表测试样品为侧风窗玻璃膜加贴厚度 1 mm 的普通玻璃，数字 1、2 和 3 代表 3 种不同的汽车膜品牌。

3. 实验结果与分析

视大气质量不同，在太阳光谱的 3 个波段中，可见光和红外线的辐射总和占太阳光总能量的 $91.2\% \sim 99.9\%$ 不等，平均超过 95% [10]。因此，可见光和红外线辐射是阳光热量的主要来源。增加可见光和红外线反射能有效地降低太阳光能的透射率，达到节能隔热的目的。但是，为了保证司机驾车的安全性，要保证有足够的可见光透射率[3] [4] [5]，因此，通过阻隔太阳光中红外波段辐射成为降低车内温度达到隔热的效果的主要手段[2]。此外，紫外线对人体皮肤有致伤致病风险，因此汽车膜通过阻隔紫外波段以达到防晒的效果[2] [8]。根据膜的主要功能以及我们实验中光谱仪测量范围，将光谱特性区分为：近紫外光谱区 $380 \text{ nm} \sim 400 \text{ nm}$ 、可见光谱区 $400 \text{ nm} \sim 760 \text{ nm}$ 和近红外光谱区 $760 \text{ nm} \sim 950 \text{ nm}$ 三个区域。

3.1. 前风窗膜样品的光谱特性

测试的入射光通量与出射光通量如图 2 所示。其中 I 为入射光通量，f1、f2 和 f3 分别为透过三组前风窗样品膜的出射光通量。

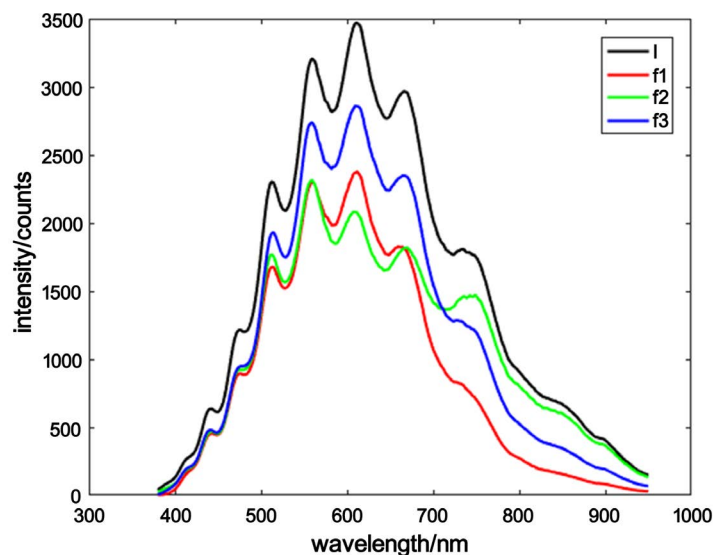


Figure 2. The incident flux and the outgoing flux
图 2. 入射光通量与出射光通量

由图 2 我们看到: 1) 667 nm 为入射光强和出射光强最大值处。2) 光源透过样品膜后, 整个波长区间光强均有所减小, 尤其在可见光波段减小最为明显。

三组前风窗玻璃膜的光谱特性曲线如图 3 所示。其中, 图 3(A)是第一组样品膜 f1 (黑色实线)与膜+玻璃 F1 的透射率曲线(蓝色虚线), 图 3(B)是第二组样品膜 f2 与膜+玻璃 F2 的透射率曲线, 图 3(C)是第三组样品膜 f3 与膜+玻璃 F3 的透射率曲线。图 3 中的红色水平虚线表示, 汽车风窗玻璃及驾驶员视区范围的可见光透射率 70%的国家强制标准。

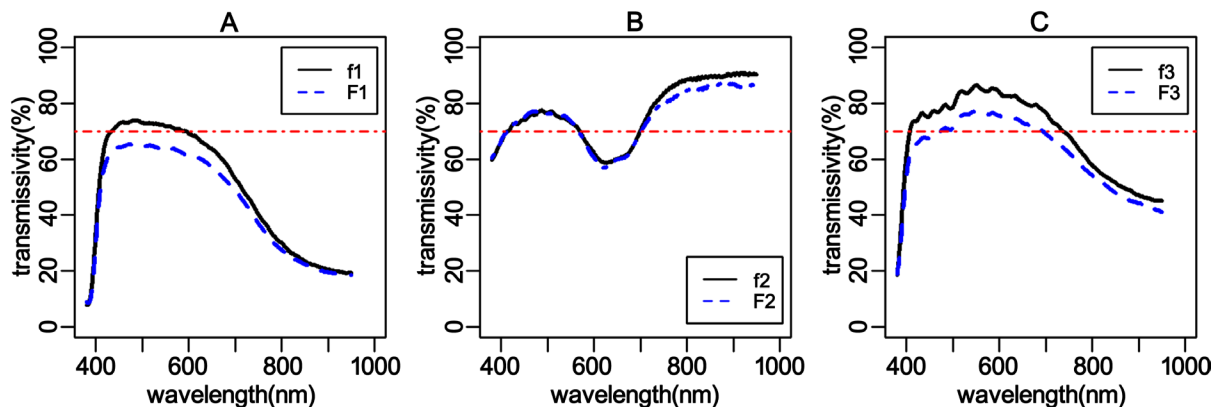


Figure 3. Spectral properties of front windshield film specimens on three groups

图 3. 三组前风窗膜样品的光谱特性

由图 3 的透射率曲线我们可以看到:

1) 近紫外 380 nm~400 nm 区间。在 380 nm 处, f1 的透射率约 10%左右, f2 的透射率约 60%, f3 的透射率约 20%。随着波长的增大, 透射率随波长呈线性增大, 且 f3 斜率最大, 增速最快, f1 其次而 f2 最慢。到 400 nm 处, f1 的透射率增加到约 34%, f2 的透射率增加到约 66%, 而 f3 的透射率增加到约 60%。而且三组膜的透射率对是否加贴玻璃不敏感。此结果表明, f1 和 f3 这两组膜隔紫外效果较好, 而 f2 相对较差。由于大气臭氧层的吸收作用, 能够达到地面的紫外谱线中, 波长在 100 nm~320 nm 范围的紫外线不足 5%, 而波长在 320 nm~400 nm 范围的紫外线约占 95%, 因此对近紫外线的阻隔是主要的。由图 3(A)和图 3(C)在近紫外的曲线走势看, 可以外推 f1 和 f3 在低于 380 nm 的波段的透射率也应该表现良好。

2) 可见光 400 nm~760 nm 区间。在整个可见波段, f1 的平均透射率约为 64%, 其中在 430 nm~600 nm 波段透射率超过 70%。f2 的平均透射率约为 71%, 其中 415 nm~570 nm 波段和 700 nm~760 nm 波段透射率超过 70%, 而 570 nm~700 nm 范围低于 70%。f3 的平均透射率约为 79%, 而且几乎在整个可见光波段透射率均超过 70%。加贴 1 mm 玻璃后, F1 的透射率相比 f1 有所降低, 平均降低约 7%, 使得 F1 在整个可见波段的透射率均低于 70%。F2 的透射率几乎与 f2 相同。F3 的透射率相比 f3 也有降低, 平均降低约 8%, 但在 470 nm~700 nm 波段其透射率仍高于 70%。国家强制性标准规定, 汽车风窗玻璃及驾驶员视区范围贴膜后, 膜和玻璃的总体可见光透射比应不小于 70% [3] [4] [5]。因此, 从我们采样分析结果来看, 仅有 f3 满足标准, 抽样达标率仅为 33%。

3) 近红外 760 nm~950 nm 区间。在整个近红外区段, f1 和 f3 的透射率随波长的增加而快速减小, 但 f2 的透射率基本维持不变。f1 的平均透射率约为 25%, f2 的平均透射率约为 89%, f3 的平均透射率约为 52%。加贴 1 mm 玻璃后, 三组样品的透射率均有所降低, 但幅度不大。可以看到, 在隔热性能方面 f1 最优, 其次是 f3, 而 f2 这款产品几乎无隔热效果。

综上我们看到, 随机从市场上选择的三个品牌的汽车前风窗玻璃膜, 其隔紫外、隔红外和透可见光的光谱性能具有较大差别。总体看 f3 这款产品在这三个方面的综合性能最优, 基本上可以满足要求, 尤其是可见光的透射率高, 安全性能好, 但隔热性能略差。f1 虽然在隔紫外和隔红外方面表现很好, 但在加贴玻璃后其可见光透过率偏低, 不能满足国家标准。f2 在透可见光方面表现不稳定, 冷光透过率高而暖光透过率低, 在隔紫外和隔红外方面则表现非常差。

3.2. 侧风窗膜样品的光谱特性

三组侧风窗玻璃膜的光谱特性曲线如图 4 所示。与图 3 类似, 图 4 中黑色实线代表仅样品膜的透射率曲线, 而蓝色虚线代表膜+玻璃的透射率曲线, A、B 和 C 分别为三组样品的对应曲线图。

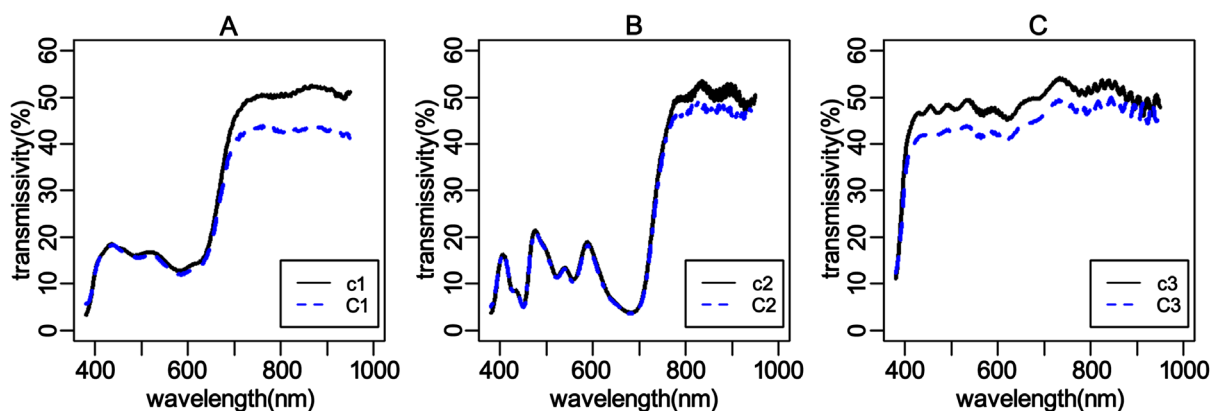


Figure 4. Spectral properties of cross windshield film specimens on three groups

图 4. 三组侧风窗膜样品的光谱特性

由图 4 我们看到: 1) 三种侧风窗样品膜的可见光透射率均偏低, 且显著低于 70%, 加贴玻璃后最大透射率更是不足 50%。如果这些贴膜处于驾驶人的视区范围, 将显著影响驾乘人员的视线, 存在安全风险。特别是其中的 c2 膜, 这款贴膜即使不处于驾驶人视区范围, 也不满足“非驾驶人视区部位可见光透射率应不小于 10%”的国家标准[5]。2) 三种侧风窗样品膜的近紫外透射率极低, 尤其 c1 和 c2 可能越过“紫外线透射率不低于 3%”的国家标准[3] [4]。3) 三种侧风窗样品膜的近红外透射率均偏高, T 约为 50%, 隔热和节能效果一般。总体来看, 如果将三组样品贴在非驾驶人视区部位, c3 为最佳, c1 次之, 而 c2 最差。

4. 结论

通过对随机从市场上选择的三个品牌的前风窗玻璃膜和侧风窗玻璃膜, 自然光透过率光谱特性的分析。我们认为, 尽管本文分析的样本量较小, 但也可窥目前市场上的汽车隔热膜的光学性能良莠不齐之一斑。在解决“隔热隔紫外与高可见光透过率这一对矛盾体”上, 多数产品的性能不能令人满意, 但相比 2006 年欧阳艳东和黄翀[9]所研究的汽车膜的光谱性能已有很大提高。

致 谢

感谢内蒙古工业大学物理实验中心为本课题提供实验设备。

基金项目

内蒙古自治区大学生创新实验资助项目(编号: 201710128004)。

参考文献

- [1] 黄太忠, 云腾, 于翔, 宋洋. 汽车玻璃波标准概况与比较[J]. 轻工科技, 2016(9): 27-28.
- [2] 干蜀毅, 赵腾, 陈大鹏, 等. 汽车前挡风玻璃隔热膜的研究进展[J]. 汽车安全与节能学报, 2013, 4(1): 48-53.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 7258-2012 机动车运行安全技术条件[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 9656-2003 汽车安全玻璃[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [5] 中华人民共和国公安部. GA/T 744-2013 汽车车窗玻璃遮阳膜[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [6] 苑军辉, 于筱娟, 张金庄. 汽车玻璃贴膜紫外及可见光谱特性检验的物证价值[J]. 刑事技术, 2011(4): 25-28.
- [7] 刘志海. 我国玻璃贴膜工业发展回顾与展望[J]. 玻璃, 2018(7): 1-12.
- [8] 宋健. 汽车玻璃贴膜的紫外可见光谱特性[J]. 光谱实验室, 2010, 27(6): 2516-2519.
- [9] 欧阳艳东, 黄翀. 汽车太阳膜的色度与光谱特性分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(1): 2105-2109.
- [10] 李申生. 太阳能物理学[M]. 北京: 首都师范大学出版社, 1996: 85-86.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7567, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: app@hanspub.org