Eurographics Symposium on Rendering (2007)

Jan Kautz and Sumanta Pattanaik (Editors)

# 粗糙表面光线折射的微面元模型

Bruce Walter1† Stephen R. Marschner1 Hongsong Li1,2 Kenneth E. Torrance2

1 计算机图形学程序, 康奈尔大学 2 北京理工大学



**1. 简介**

透射入或穿过折射介质是许多材料外观中的重要组成部分，包括大部分透明介质，例如玻璃或水，以及半透明介质，例如皮肤或大理石。当介质拥有平滑的边界时，使用斯涅尔折射定律能够很容易地建立透射模型。然而，当边界粗糙时，目前还缺乏用于计算机图形学的物理和验证模型。

在本论文当中，我们首先回顾微面元理论，并展示如何使用半矢量的泛化对粗糙边缘介质的反射和折射同时进行建模。这提供了一个完整的BSDF分析模型，可用于模拟粗糙的透射的材质，如图1所示的蚀刻玻璃。我们的目标之一是为实现人员提供一个完整且独立的参考，因此我们会提供所有的必要方程和讨论若干实际问题，比如分布的选择、阴影遮蔽和重要性采样。由于透射光必须与至少两个接触位置相交，足够好的重要性采样对于有效渲染至关重要。

我们还通过将微面元模型与来自四个真实表面透射的测量数据进行比较来验证。粗糙的透射表现出若干值得关注的行为（如，参见图2），比如峰值从平滑折射方向到掠入角的强烈偏移（类似于粗糙反射中的非镜面峰），而且微面元模型能够成功地预测出这类现象。我们也引入了一种新的微面元分布，将其称为GGX。它能为我们的一些表面提供比标准Beckmann分布函数更准确的匹配结W果。

**摘要**

*微面元模型已被证明是非常有效的粗糙表面的光线反射模型。在本论文当中，我们回顾微面元理论，并演示如何将该理论拓展到模拟光线在粗糙表面（如蚀刻玻璃）的传递。我们将透射模型的结果与实际测量到的若干真实表面数据进行比较，讨论微面元分布和阴影遮蔽函数之间的适当选择。由于渲染介质的透射需要跟踪至少两个与光线相交的接触位置，足够好的重要性采样因而成为了一个必要条件。所以，我们也描述了微面元模型高效采样的策略和相对应的概率密度函数。*

分类和主题描述符（参照ACM CCS）： I.3.7 [三维图形学和真实感]：

*关键字：折射，微面元BTDF，Cook-Torrance模型，全局光照，蒙特卡洛采样*