

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ТОНКИХ ПЛЁНОК В ЗАДАЧАХ ФОТОРЕАЛИСТИЧНОГО СИНТЕЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Родионов Роман Олегович*

*Студент*

*Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

*E-mail: roman.rodionov@graphics.cs.msu.ru*

*Научный руководитель — Санжаров Вадим Владимирович*

При разработке систем фотореалистичного синтеза изображений (рендеринга) одной из задач является реализация различных материалов. В данной работе исследуются этапы построения математической модели освещения для материала тонких плёнок.

Тонкая плёнка – это слой материала толщиной от нанометра до нескольких микрометров, что сопоставимо с длиной волн видимого спектра. В методе физически корректного рендеринга вещества делятся на два основных типа: проводники (в них свет быстро затухает) и диэлектрики (рассеивают свет). Если толщина слоя плёнки достаточно мала, то и те, и другие способны пропускать свет. Отражаясь от верхней и нижней границ плёнки, световые волны интерферируют, а поверхность приобретает характерный окрас.

Тонкие плёнки встречаются в повседневной жизни (мыльные пузыри, оксидные плёнки, масляные пятна на воде), применяются при изготовлении покрытий линз и оконных стёкол. Моделирование подобных материалов актуально как в задачах фотореалистичного рендеринга, так и в проектировании оптических систем.

В ходе исследования был проведён обзор существующих работ. Были рассмотрены модели для однослойных [1] и многослойных плёнок [2], в том числе из проводящих материалов. Взятая же за основу работа [3] предлагала различные аппроксимации, а также физически корректную модель для шероховатых поверхностей.

Выбранная модель была интегрирована в систему с поддержкой спектрального рендеринга. Она учитывает такие параметры материала, как шероховатость поверхности, толщина, показатель преломления и показатель поглощения для каждого слоя. Допускается комбинация нескольких слоёв с различными параметрами.

Готовые реализации аналогичных материалов для реальных систем фотореалистичного рендеринга часто имеют ограничения. В них может полностью игнорироваться явление интерференции световых волн, число слоёв бывает ограничено одним или отсутствует

поддержка проводников. Рассмотренная модель реализована в системе фотореалистичного рендеринга Hydra Renderer Лаборатории компьютерной графики и мультимедиа кафедры ИИТ факультета ВМК МГУ. Для ускорения синтеза изображений добавлена возможность предварительного расчёта значений отражательной и пропускной способности материала в зависимости от угла падения луча и длины волны. Кроме того, реализация модели была адаптирована для работы на GPU. Проведено сравнение с аналогичными системами рендеринга и замерена производительность.

### Иллюстрации

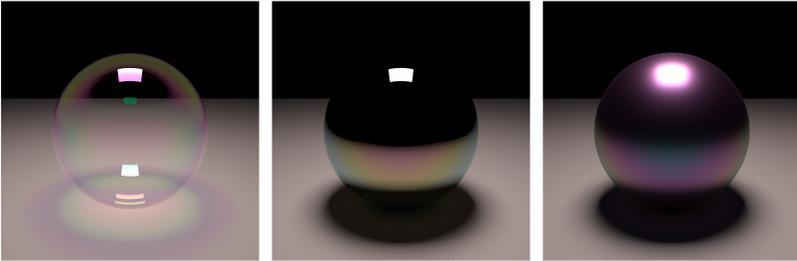


Рис. 1: 1) тонкий слой диэлектрика (660 нм), 2) железо, покрытое диэлектриком (450 нм), 3) шероховатая поверхность кремния, покрытая медью (10 нм) и диоксидом кремния (500 нм)

### Литература

1. M. Gerardin, N. Holzschuch, P. Martinetto. Rendering transparent materials with a complex refractive index: semi-conductor and conductor thin layers // In MAM 2019 — 7th annual Workshop on Material Appearance Modeling, Strasbourg, France, Jul 2019, P. 13–16.
2. H. Hirayama, K. Kaneda, H. Yamashita, Y. Monden. An accurate illumination model for objects coated with multilayer films // In Computers & Graphics, 2001, Volume 25, Issue 3, P. 391–400.
3. Fu-kun Wu, Chang-wen Zheng. Microfacet-based interference simulation for multilayer films // In Graphical Models, 2015, Volume 78, P. 26–35.