

УДК 535.016

*Н. В. Венцерева**

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ФАНТОМОВ ДЛЯ НУЖД ОПТИЧЕСКИХ ТОМОГРАФОВ И УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СКАНЕРОВ

Ежедневно в диагностические центры за услугами ультразвукового сканирования обращаются тысячи людей. Из-за высокой нагрузки необходимо следить за контролем технического состояния ультразвуковых сканеров, как текущего, так и планового.

Оптическая томография имеет меньший охват потребителей в диагностических центрах, однако в исследовательской и лабораторно-испытательной деятельности методы оптической томографии пользуются высоким спросом.

Актуальность и востребованность разработки обусловлена тем, что оптические и ультразвуковые методы диагностики привлекают все больший интерес за счет неинвазивности при их применении.

Рынок тест-объектов для данного вида оборудования очень мал и представлен в основном дорогостоящими зарубежными разработками.

Таким образом, для успешного развития этих многочисленных методик необходимо разработать экономически доступный фантом, способный контролировать большое количество параметров.

При качественной разработке фантома важно учесть показатели оптических параметров слоев или различных включений и показатели преломления на границах раздела сред (внутри фантома и на границе воздух/фантом). Для мягких тканей такой показатель преломления считается равным от 1,33 до 1,50.

Так же важно учесть совместимость компонентов. Например, многие широко используемые рассеивающие среды являются коллоидными системами, и при взаимодействии с неверно выбранным растворителем могут агрегировать и изменить рассеивающие свойства. Кроме химической стабильности, особое внимание стоит уделить стабильности спектральных характеристик, геометрии, оптическим, акустическим и механическим свойствам [1].

* Работа выполнена под руководством канд. тех. наук, доц. ФГБОУ ВО «ПГТУ» А. Ю. Потлова.

Заделом в данной области является разработка и исследование многослойных тканеимитирующих фантомов на основе двухкомпонентного силикона с добавлением черной Китайской туши, диоксида титана, наночастиц диоксида кремния для имитации оптических и акустических свойств биологической ткани с возможностью прокачки жидкости внутри полых сфер, имитирующей кровеносные сосуды для расширения возможностей контроля технического состояния оптических томографов и ультразвуковых сканеров.

Рассеивающие частицы, такие как порошок диоксида титана, не растворяются в полимерах и отличаются высокой термостойкостью при самых жестких условиях обработки. Размер частиц обычно составляет от 20 до 200 нм, а коэффициент преломления варьируется от 2,4 до 2,6. По результатам исследований, диоксид титана лучше рассеивает свет внутри биоткани, чем оксид цинка, или просто двухкомпонентный силикон (рис. 1).

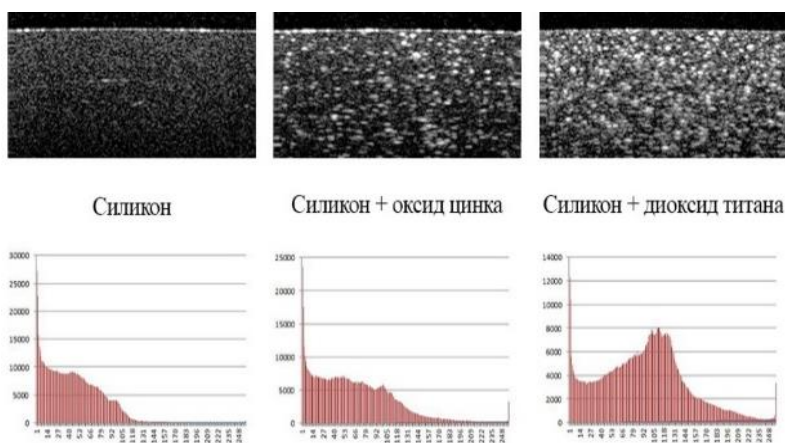


Рис. 1. Сравнение рассеивающих свойств диоксида титана, оксида цинка и двухкомпонентного силикона

Поглощение света в тканеимитирующих фантомах моделируется путем воспроизведения значения коэффициента поглощения μ_a . В большинстве случаев достаточно описать распространение света лишь на одной длине волны, что значительно увеличивает число красителей, которые возможно использовать при создании фантома. Такие красители должны обладать заметным поглощением на интересующей длине волны и быть растворимыми в базовом веществе фантома. Для решения этой задачи могут подойти красители для микроскопии,

они поглощают свет в видимой и ближней инфракрасной областях и растворимы в воде. К таким красителям относится черная Китайская тушь, метиленовый синий, синий Эванса, индоциановый зеленый, этиловый оранжевый, трипановый синий.

К акустическим свойствам биологических тканей относятся: скорость распространения волн, коэффициент затухания [2].

Для ультразвуковой визуализации фантому нужны добавки в виде наночастиц диоксида кремния, сахарной пудры или измельченного песка.

Благодаря научно-техническому прогрессу появляются новые материалы и технологии изготовления тест-объектов. К ним можно отнести фантомы, использующие технологии 3D-печати при изготовлении. Например, создание стенок сосудов или моделирование патологий.

Предлагаемый фантом состоит из 6 слоев, имитирующих оптические, механические, акустические и геометрические свойства кожи (рис. 2).

Для изготовления слоев, имитирующих эпидермис и дерму, смесь из эпоксидной смолы, диоксида титана и черной китайской туши нужно смешать с помощью вортекса или магнитной мешалки в течение 20 минут для удаления частиц поглотителя и предотвращения агрегации. Далее смесь необходимо поместить в холодильник, чтобы минимизировать изменение вязкости, которое может происходить при более высоких температурах в результате тепловой реакции во время процесса смешивания.

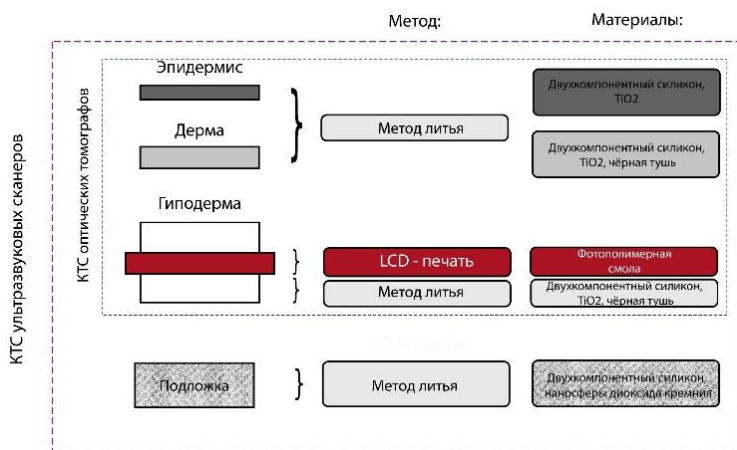


Рис. 2. Графическая модель проекта

Гиподерма изготавливается подобным образом, что и дерма, и эпидермис, только в середину слоя помещается кровеносный сосуд из фотополимерной смолы.

Эпидермис, дерма и гиподерма изготавливаются методом литья. Модель сосуда изготавливается в программе Blender на основе анатомических данных о его строении.

Для имитации акустических свойств, используются кремневые наносферы, добавленные в двухкомпонентный силикон для имитации обратного рассеяния.

Затем слои фантома собираются в один объект согласно анатомическим сведениям имитируемой ткани. Достоверность физической модели проверяется с помощью математической модели.

Важно отметить, что растворы, имитирующие оптические свойства крови, не являются частью формируемых фантомов.

Данная разработка имеет широкую область применения. Основное назначение – это контроль качества параметров изображения медицинских изделий, выполняемый сервисными инженерами в лечебно-профилактических учреждениях/диагностических центрах или в специализированных испытательных лабораториях.

С помощью данного фантома возможно оценить периодический и текущий контроль характеристик оптических томографов, контрастность, глубину зондирования и скорость потока.

Так же это демонстрационный фантом для студентов медицинских ВУЗов для отработки навыков работы с ультразвуковыми сканерами в В-, D- и М-режимах.

Основные каналы распространения изделия – это партнеры кафедры «БМТ»: АО «Тулиновский приборостроительный завод «ТВЕС» и ООО «Медтехника».

Список литературы

1. Потлов, А. Ю. Численное моделирование миграции фотонов в однородных и неоднородных цилиндрических фантомах / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, С. Г. Проскурин // Оптика и спектроскопия. – 2020. – Т. 128, № 6. – С. 832 – 839.

2. Оптическое просветление как способ увеличения глубины детектирования наночастиц в коже при ОКТ-визуализации / С. М. Зайцев, А. Н. Башкатов, В. В. Тучин, Э. А. Генина // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Физика. – 2018. – Т. 18, вып. 4. – С. 275 – 284.