

Применение аддитивных технологий для производства волоконно-оптических делителей

А. Н. ЛОМАНОВ, В. С. НИКИТИН, Э. И. СЕМЁНОВ, А. В. СОЛОСТИН¹,
С. В. ЧАЙКА

ООО «Научно-технологический центр информационной физики «Интрофизика»,
ФГБОУ ВПО «РГТУ имени П. А. Соловьёва», Ярославская обл., г. Рыбинск

Аннотация

Оптические делители широко используются в разных светотехнических и информационных устройствах и системах, включая волоконно-оптические датчики и многоканальные «смартлинк соединения». Традиционно оптические делители изготавливают на основе светоделительных кубов с прецизионными покрытиями и линз, что обуславливает их высокую сложность и стоимость. В ООО «НТЦ «Интрофизика» разработан оптоволоконный делитель, в конструкции которого не используются вышеперечисленные элементы, а процесс его изготовления осуществим с использованием аддитивных технологий.

Ключевые слова: оптический делитель, световой поток, световод, стереолитография, печать методом послойного наплавления.

Введение

ООО «НТЦ «Интрофизика» разрабатывает многоканальные оптические делители (МОД), изготавливаемые с применением методов 3D-печати. Использование современных технологий трёхмерного прототипирования и полимерных световодов в качестве филамента для 3D-принтеров позволяет производить МОД высокого качества, не требующие сложных технологических операций изготовления и юстировки.

Многоканальный оптический делитель

МОД [1] (рис. 1) состоит из набора сложенных вплотную пластин, образованных одиночными световодами, напечатанными с использованием 3D-принтера. Для делителей светово-

го потока на две части используются два типа пластин разной длины с закруглёнными выводами, поочередно сложенных в пакет. Чередующиеся пластины соединены одной стороной так, чтобы образовался общий торец, обращённый к месту соединения с оптошиной или источником света, а другие стороны образовывали отдельные торцы, заканчивающиеся в местах разделения световых потоков.

Принцип работы МОД для разделения световых потоков заключается в следующем: световой поток, поступающий через сечение А-А, передаётся на оба пакета световодов, а затем разделяется ими на два сечения, образуя картину, показанную сечением Б-Б. Таким образом, обеспечивается деление и прохождение светового потока через делители и оптошину.

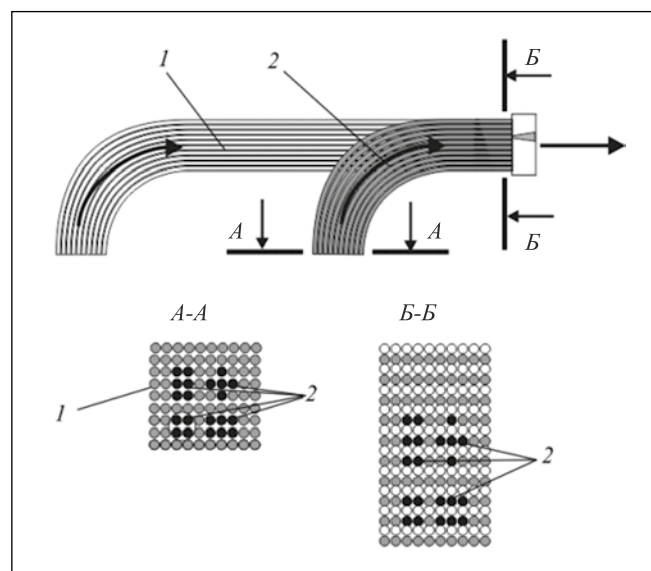
В ходе проведения лабораторных исследований были определены технологии изготовления МОД. Изготовление корпуса последнего целесообразно производить с применением технологии цифровых светодиодных проекций или цифрового проецирования (*Digital Light*

Processing, DLP), являющейся разновидностью стереолитографической 3D-печати (*Stereolithography, SLA*) [2]. Для изготовления корпуса делителя по *SLA*-технологии использовали принтер *Miicraft* [3]. Его особенностью является возможность печати с точностью до 5 мкм, что позволяет выполнять очень миниатюрные детали высокого качества. В отличие от лазерных установок, сканирующих поверхность материала одним или несколькими лазерными головками, 3D-принтеры с *DLP*-матрицами проецируют изображение целого слоя до полного затвердевания формирующего полимера (смола), после чего наносится новый слой материала и проецируется изображение нового слоя цифровой модели.

Несмотря на относительную простоту и дешевизну *DLP*-метода, его применение для формирования пластин световодов оказалось неэффективным. Практически невозможно получить световодную нить с требуемыми геометрическими параметрами и необходимыми показателями шероховатости поверхности.

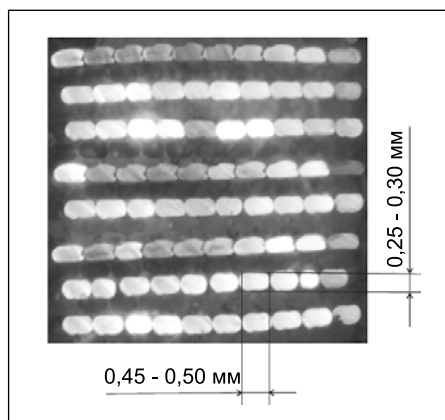
Опытным путём установлено, что для изготовления пластин световодов из полимерных оптоволоконных нитей целесообразно применение технологии послойного наплавления (*Fused deposition modeling, FDM*) [4]. Для изготовления пластин световодов по *FDM*-технологии использовали принтер *Wanhao Duplicator 4X Black DH* [5]. Он имеет две печатающие головки (экструдера), что позволяет печатать двуцветные изделия. Принтер *Wanhao* формирует изделия послой-

Рис. 1. Схема многоканального оптического делителя:
1 – первый пакет световодов, 2 – второй пакет световодов



¹ E-mail: 21solo@mail.ru

Рис. 2. Форма и размеры световодов (в сечении)



но, выдавливая на рабочую платформу тонкую струйку расплавленного материала. Принтер перемещает экструдер в точном соответствии с моделью, поэтому напечатанный объект полностью соответствует своему виртуальному прообразу. Процесс 3D-печати начинается с нижнего слоя. В печатающую головку принтера в качестве филамента подавали полимерные световоды диаметром 1,4 мм. Расплавленный световод, попадая в рабочую зону, достаточно быстро охлаждается и затвердевает. При определенных условиях технологического процесса структура полимерного световода при экструзии через сопло печатающей головки сохраняется, однако форма световодов деформируется – из цилиндрических они становятся овальными или даже прямоугольными с закругленными углами (рис. 2). Тем не менее такие деформированные световоды полностью сохраняют способность передавать свет.

Процесс практического изготовления МОД заключается в печати заготовок из световодов в виде плоских оптоволоконных шин (пакеты световодов) с использованием принтера *Wanhao Duplicator 4X Black DH*. Материал сердцевины световодов – метилметакрилат (ММА) и метилакрилат (МА), ингибированные нитроксильным радикалом 2,2,6,6-тетраметил-4-оксипиперидин-1-оксил. Отражающая оболочка световодов выполнена из поли-2,2,3,3-тетрафторпропилметакрилата (п-МН-1) и поли-2,2,3,3-тетрафторпропил- α -фторакрилата (п-ФН-1). После формирования необходимого количества пакетов световодов их разрезают и формируют блок световодных пакетов. Блок необходимого количества световодных пакетов фиксируется в корпусе делителя при помощи полимерного клея.

Заключение

Впервые разработан и изготовлен методами аддитивных технологий полностью полимерный оптоволоконный делитель, не содержащий линз и светоделительных кубов. Простота и дешевизна таких делителей позволит использовать их в самых разных устройствах: от простейших разделителей световых потоков до многоканальных самовосстанавливающихся «смартлинк соединений».

Исследования проводятся в рамках выполнения проекта по Соглашению с Минобрнауки России от 24 ноября 2014 г. № 14.579.21.0067 (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57914X0067).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин В. С., Солостин А. В. 3D-печать оптических многоканальных делителей сигналов // Материалы XI международной научно-практической конференции «Научный потенциал мира – 2015». София, Болгария: Бял ГРАД-БГ. 2015. Т. 5. С. 33–42. URL: http://doi.org/10.17686/rusnauka_2015-200529 (дата обращения: 09.09.2015).
2. Цифровая светодиодная проекция (DLP)]. URL: http://3dtoday.ru/wiki/DLP_print (дата обращения: 09.09.2015).
3. MiiCraft+, SLA-based DLP pico 3D printer. URL: <http://www.miicraft.com/product> (дата обращения: 09.09.2015).
4. Fused Deposition Modeling (FDM). URL: <http://manufacturing.materialise.com/fdm> (дата обращения: 09.09.2015)
5. Wanhao Duplicator 4X Black DH. URL: <http://www.wanhao3dprinter.com/Unboxin/ShowArticle.asp?ArticleID=28> (дата обращения: 09.09.2015).



Ломанов Алексей Николаевич, кандидат техн. наук. Окончил в 2003 г. Рыбинский государственный авиационный технический университет

(РГАТУ) имени П.А. Соловьёва. Декан факультета радиоэлектроники и информатики РГАТУ имени П.А. Соловьёва



Никитин Владимир Степанович, кандидат техн. наук. Окончил в 1976 г. Тбилисское высшее артиллерийское командное училище.

Директор ООО «НТЦ «Интрофизика»



Семёнов Эрнст Иванович, доктор техн. наук. Окончил в 1965 г. РГАТУ им. П.А. Соловьёва.

Профессор РГАТУ имени П.А. Соловьёва. Область научных интересов:

контроль над процессами получения тонких плёнок, автоматика, радиоэлектроника, микроэлектроника, вычислительная техника



Солостин Александр Викторович, инженер. Окончил в 1998 г. Санкт-Петербургскую Михайловскую артиллерийскую академию. Зам. директора ООО «НТЦ «Интрофизика»



Чайка Сергей Владимирович, инженер. Окончил в 2009 г. РГАТУ имени П.А. Соловьёва.

Программист ООО «НТЦ «Интрофизика»