



ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФЕРА РЕЗУЛЬТАТОВ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЧЕРЕЗ АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н.Л.Истомина, д.ф.-м.н., АО "РИЦ "ТЕХНОСФЕРА"

Интерес представляют данные о том, какие статьи в разные годы пользовались наибольшей популярностью у специалистов, читающих журнал "ФОТОНИКА". Ведь их внимание к статьям отражает изменение тенденций в трансфере результатов исследований в области фотоники в промышленные технологии.

Журнал "ФОТОНИКА" был основан в 2007 году издательством "ТЕХНОСФЕРА" при содействии Лазерной Ассоциации. Тематика лазерно-оптических технологий, фотоники в начале 2000-х годов стала в России настолько популярной и актуальной - лазеры давно шагнули за пределы научных лабораторий в индустрию, коммуникационные технологии и медицину - что потребовало новое массовое издание для связи тех специалистов, кто разрабатывает технологии фотоники, с теми, кто их использует.

Особенности фундаментальной науки связывают ее с современными технологиями и наукоемким бизнесом. Специалисты отмечают дуализм инновационного развития, когда современное состояние фундаментальной науки определяет состояние бизнеса в долгосрочной перспективе, а современное состояние бизнеса определяет уровень и перспективы развития фундаментальной науки. Организаторы журнала ставили своей целью создать журнал для освещения лазерных, оптических и оптоэлектронных технологий, оптических материалов и элементов, оборудования для производства оптических систем, стремилась организовать его работу в качестве площадки для интеграции науки и производства.

При создании журнала редакция преследовала цель соединить вместе сферы разных научных и технических интересов: источники лазерного излучения, взаимодействие лазерного излучения с веществом, оптико-физические методы измерений, оптоволоконную технику, неразрушающий контроль свойств материалов и веществ. Под достижение этой цели была выстроена структура журнала, включившая разделы "Технологическое оборудование и технологии", "Лазеры и лазерные системы", "Оптические

измерения", "Оптические устройства и системы", "ВОЛС и оптические системы связи", "Оптоэлектронные приборы". И в первые годы в журнале публиковались в основном материалы, отражающие интерес к индустриальным лазерам для резки и сварки металлов, к продлению рабочего ресурса изделий с помощью лазерной наплавки, затрагивала вопросы передачи информации по оптическим каналам связи.

По мере наполнения редакторского портфеля в распределении поступающих рукописей стало заметно появление новых тематик. Появились работы об использовании фотонных технологий в медицинской практике и в биологии. Стали регулярно поступать статьи с результатами исследований воспроизводимости диодных лазеров высокой мощности для промышленной обработки материалов и технологическим процессам создания генераторов излучения, по оборудованию для аддитивного производства, статьи по разработкам оптических гиперспектральных систем для измерительного бортового оборудования, элементной базе фотонных технологий. А на фоне роста количества атак, оказываемых на системы безопасности и базы данных, интерес повернулся в сторону разработок квантовых сетей связи, использующих протоколы квантовой криптографии. Ставшая "горячая" область - нанооптика диэлектрических метаматериалов - также нашла отражение на страницах нашего издания. Мы наблюдаем стремительное проникновение инновационных вакуумных, электронных и фотонных технологий в идеологию новейших машин для обработки прецизионной оптики. На эти тенденции как на проявление интереса к инновационным направлениям в продуктах и разработках редакция откликнулась введением новых рубрик: "Биофотоника", "Метатроника", "Аддитивные технологии", "Волоконно-оптические технологии".

В разработке тематической структуры и изда-
тельской политики "ТЕХНОСФЕРА" опирается
на редакционный совет журнала "ФОТОНИКА",
который включает специалистов, чьи знания
и опыт вызывают уважение. Анализ публикаци-
онной деятельности журнала за 2007-2016 годы
по материалам статистических отчетов, выпол-
ненных eLIBRARY (научной электронной библи-
отекой), показал, что в среднем каждый год
журнал "ФОТОНИКА" публикует от 60 до 70 ста-
тей. В первые годы существования журнала
число обращений к наиболее популярным ста-
тьям не превышало 1000 раз (согласно данным
с сайта журнала "ФОТОНИКА"). С годами число
обращений к текстам статей и их скачивание
возросло. В 2013 году оно уже достигало уровня
4500-5000 скачиваний одной статьи. Данные
о том, какие статьи в разные годы вызывали
наибольший интерес у специалистов, читаю-
щих журнал "ФОТОНИКА" отражают изменения
тенденций в трансфере результатов из исследо-
вательской области фотоники в промышленные
технологии.

Так согласно данным сайта журнала, наи-
большее число обращений в 2009 году было заре-
гистрировано у четырех статей. Во-первых, это
работа М.Ларионова, Ф.Даузингера, Ш.Зоммера,
А.Гизена "Лазеры на тонких дисках. Принцип
работы и применение". Создатели и разработ-
чики лазера на тонких дисках представили под-
робный материал о том, как, используя одни
и те же стандартные элементы, можно полу-
чать импульсы разной длительности. На прак-
тических примерах авторы продемонстрировали
преимущества использования таких лазеров
в металлообработке: почти прямоугольное рас-
пределение плотности излучения в фокусе
и нечувствительность излучателя к отражению
света от обрабатываемого объекта.

Вторая по полярности работа - В.Попов "Лазер-
ное упрочнение сталей: сравнение волоконных
и CO₂-лазеров". В статье сравнивались эффекты
использования CO₂-лазеров и волоконных YAG-
излучателей с учетом неоднородности структуры
поверхностного слоя обрабатываемого мате-
риала и наличия в нем карбидообразующих
элементов.

Третьей в этом ряду стоит работа Р.Брокманна
"Диодные лазеры - экономическое чудо".
К моменту появления публикации производство
лазерных диодов, компактных, эффективных
и надежных, позволяло прогнозировать скорый
революционный прорыв в технологии резки

и глубинной сварки металлов. При этом остава-
лись нерешенными проблемы получения луча
высокого качества.

Метрологический характер отличал четвер-
тую по популярности работу - А.Фрунзе "Пиромет-
ры спектрального отношения: преимущества,
недостатки и пути их устранения". Металлур-
гам с опытом хорошо известно, что при изме-
рении температуры металлов с помощью пиро-
метров спектрального отношения результаты
оказываются завышенными порой до 10%. В ста-
тье рассказывалось о причинах этого завышения
и о способах борьбы с ним.

В 2010 году, отдавая дань увлечению нано-
технологиями, читатели остановили свой выбор
на статье П.Тодуа "Метрология и стандартизация
в нанотехнологиях". Нанотехнологии поставили
ряд новых специфических задач, обусловлен-
ных малыми размерами элементов и структур,
с которыми приходится иметь дело в данной
области.

К 2011 году лазерные технологии в промыш-
ленной обработке завоевывали заметную долю
рынка. В сфере металлообработки было опробо-
вано и внедрено большое число различных видов
высокопроизводительных лазеров. Все чаще
возникала ситуация, когда реализация произ-
водственного проекта была сопряжена с пробле-
мой выбора лазера для технического решения.
Шесть лет назад наибольший интерес вызвал ряд
статей по промышленной обработке материа-
лов с помощью лазерных технологий. Это статья
М.Рютеринга "Сравнительный анализ лазерной
техники". Автором была предложена методика
выбора типа лазера для конкретных производ-
ственных целей. Далее по популярности идет
статья С.Вудса "Промышленные лазеры для обра-
ботки материалов". В статье были рассмотрены
лазерные технологии промышленной обра-
ботки металлов и композиций металл-недметалл.

И в этом же ряду стоит работа В.Бирюкова "Лазер-
ное упрочнение и легирование сталей". В ней
рассказывалось, что под действием лазерного
упрочнения и легирования происходят фазовые
и структурные превращения обрабатываемого
поверхностного слоя, что позволяет придать ему
высокие трибологические и прочностные свой-
ства. Но однозначно предсказать результаты
легирования: глубину, твердость и структуру
легированного слоя, концентрацию легирую-
щего элемента трудно. В статье была сделана
попытка связать параметры лазерного излуче-
ния и его режимы с результатами легирования



сталей элементами Co, Ni, Cr, Si. Но наибольшее число скачиваний (три с половиной тысячи) выявлено у статьи Р.Шаймарданова "Лазер CO₂: гибкое, надежное и испытанное средство".

Кроме вопросов взаимодействия лазерного излучения с веществом журнал развивал рубрики, посвященные оптическим технологиям, оптическим устройствам, методикам измерений. Более 2 000 скачиваниям подверглась статья А.Соколова "Дифракционные свойства углковых отражателей". В работе рассматривались дифракционные поляризационно-оптические элементы с радиальной симметрией на примере углковых отражателей. Было показано, как с помощью оптимального выбора покрытий можно существенно изменять вид дифракционной картины и тем самым оптимизировать ее для решения различных навигационных задач.

У двух статей, опубликованных в 2011 году, обнаружено более полутора тысяч копирований с сайта журнала. Одна из них - это статья Г.Фишера "Визуализация химического картирования: конфокальная микроскопия комбинационного рассеяния". В работе демонстрировалась возможность получения изображения химического состава живых человеческих клеток, бактерий и лекарственных покрытий с помощью неразрушающей конфокальной рамановской микроскопии. Было приведено подробное описание этой технологии и рассмотрены возможности ее применения.

И другой характер носила другая популярная у читателей статья, ее авторы - группа ученых: О.Лопатин, А.Николаев, Р.Хайбуллин, В.Нуждин - "Ионно-лучевая модификация колометрических свойств алмаза". В статье были представлены уникальные результаты ионно-лучевой обработки природных кристаллов алмаза легкими по массе ионами инертного химического элемента (гелия). Обработка придавала алмазам желтую или черную окраску в зависимости от режимов имплантации.

В 2013 году наибольший интерес читателей вызвали две публикации. Одна из них - Р.Крейтон "Улучшение герметичности рентгеновских окон серии AP3 производства компании Moxtek". Дело в том, что нарушение герметичности конструкции рентгеновских окон оказывает негативное влияние на эффективность работы детекторов рентгеновского излучения. Известно, что материалы, которые бы полностью предотвратили натекание примесных газов, в природе не существуют. Однако метод предварительной плазмен-

ной очистки поверхности металлической оправы рентгеновского окна позволяет значительно снизить скорость диффузии газов. В статье были приведены результаты анализа герметичности конструкции рентгеновских окон после процессов химической и плазменной очисток.

Другая статья - "Лазерное бурение тонких глубоких отверстий в кремнезем содержащих материалах" - группы авторов: М.Васильев, В.Журба, В.Митькин, В.Романов, А.Щепкин. В статье рассказывается о том, что в процессе разрушения горных пород, как правило, участвуют сразу несколько механизмов, причем преобладающее действие одного из них зависит от материала. Авторы предложили ввести в процедуру лазерного бурения пассивные циклы охлаждения и механического измельчения материала. Первоначально казалось, что этот факт снижает производительность работы, но он оказался справедливым лишь при нагреве до температур, превышающих температуру кипения материала. При нагреве до меньших значений температур ведущую роль в механизме разрушения начинает играть ослабленный слой.

Среди фаворитов читательского интереса 2013 года обнаружен ряд работ, посвященных оптико-механическим системам для авиационной и космической техники, фотоприемным модулям, используемым в специальных задачах наблюдения, контроля, прицеливания, охране объектов военного и гражданского назначений. Это работы: А.Бельский, Н.Жосан, В.Гребенщиков, А.Каргаев, Д.Брондз, К.Горбачев, Д.Воробьев "Лазерные локационные системы для повышения безопасности полетов вертолетов"; А.Наумов, В.Семенов "Компания "МакроОптика": неисчерпаемый источник энергии"; П.Гиндин, В.Карпов, Н.Кузнецов, В.Петренко, В.Семенов, В.Чишко "Матричные и субматричные фотоприемные модули".

Хотя первые работы, связанные с решением проблем хранения информации об изделии на протяжении всего его жизненного цикла, были опубликованы уже в первый год выхода журнала, но с 2013 года работы по лазерной маркировке продукции стали все чаще появляться на страницах журнала. Такая маркировка долговечна и обладает высоким разрешением. В статье "Цветная лазерная маркировка поверхности металлов" (авторы: С.Горный, В.Вейко, Г.Одинцова, Е.Горбунова, А.Логинов, Ю.Карлагина, А.Скуратова, Э.Агеев) приведены результаты, полученные при маркировке



деталей из нержавеющей стали и технического титана.

Большое число обращений в 2014 году отмечено к ряду статей по ультрапрецизионному станкостроению, фотоприемникам, лазерной гироскопии. Результаты экспериментальной работы по созданию методики контроля профиля поверхности металлооптических деталей, созданных методом алмазного точения на трехкоординатном ультрапрецизионном токарном станке, описаны в работе группы авторов: В.Горохов, Е.Захаревич, М.Скворцова "Повышение точности деталей металлооптики при алмазном точении на ультрапрецизионном оборудовании". Активные и успешные действия на рынке научной аппаратуры компании ООО "Лазертрэк", дистрибутора ряда ведущих производителей лазерного оборудования в СНГ, в том числе - эксклюзивного дистрибутора в России фирмы COHERENT (США), вызвали большой интерес в 2014 году к публикации К.Бережного "Квантовая электроника - наша специализация", она привлекла более 3500 читателей.

Обзор имитаторов солнечного излучения, построенных на основе принципа суммирования световых потоков от массива газоразрядных ламп, представлен в работе С.Крат, В.Христич, А.Шаров, М.Шляхтин, А.Филатов "Крупногабаритные имитаторы солнечного излучения для тепловакуумных испытаний негерметичных космических аппаратов". В статье также проанализированы современные тенденции развития стендов наземной экспериментальной отработки космических аппаратов с использованием имитаторов солнечного излучения.

Точность обнаружения приближающихся к наблюдателю малоразмерных тел на фоне ярко излучающих объектов можно повысить за счет использования фотоприемных устройств, работающих в "солнечно-слепом" участке УФ-спектра излучения. Статья О.Алымова, И.Васильева, В.Минкина, С.Татаурщикова "Современные фотоприемники для видимого, УФ- и ближнего ИК-диапазонов спектра производства в компании "ЦНИИ "Электрон" знакомила с фотоприемными изделиями, предназначенными для работы многоспектральных оптико-электронных систем в видимом, УФ- и ближнем ИК-диапазоне длин волн.

Для работы в спектральном диапазоне 1,5-5,5 мкм широко используются фотонные охлаждаемые матричные приемники излу-

чения. В ИК-микрофотоэлектронных технологиях параллельно используются два типа конструкций фотоприемных матриц - монолитный и гибридный. В статье В.Карпов, А.Лыткин, В.Петренко, В.Семенов, К.Чиж "Охлаждаемые монолитно выполненные матрицы ИК-диапазона. Применение в серийном производстве" приведены результаты климатических испытаний изделий.

Новое поколение детекторов Si-ФЭУ позволяет получить высококачественный аналоговый сигнал. Импульсы, вызванные космическими лучами, элементарно выделяются на фоне шума Si-ФЭУ. Поэтому Si-ФЭУ нашли применение в регистрации сверхэнергетических космических лучей. Об этом было рассказано в статье М.Йори, Ф.Фераротто, Х.Денизли, А.Яльмаз, О.Атакиши, М.Кайя, Д.Русс "Использование Si-ФЭУ в детекторе нейтрино сверхвысоких энергий, установленном в обсерватории Sphinx".

Временная деградация основных характеристик интерференционных фильтров в трехволновых солнечных фотометрах диктует необходимость введения параметрической коррекции этого фактора. Более 6000 обращений обнаружено у статьи Э.Ибрагимов, К.Исмаилов "Измерение солнечной радиации с учетом старения оптических фильтров фотометров". Почти 4000 скачиваний у статьи А.Медведев, А.Гринкевич, С.Князева "Однозрачковые системы со встроенным лазерным дальномером". В статье рассматривается принцип построения оптических систем со встроенным лазерным дальномером, основанный на свойстве линейной поляризации лазерного излучения,

Оптические гироскопы по-прежнему сохраняют лидирующие позиции на рынке навигационных систем и систем тактического наведения. Если в области сенсоров низкой точности доминируют МЭМС-датчики в силу их дешевизны и компактности, то в области стратегической навигации доля лазерных гироскопов велика, несмотря на активную конкуренцию со стороны волоконно-оптических и микромеханических гироскопов. Более 5000 просмотров набрал обзор состояния рынка лазерных гироскопов: Д.Лукьянов, Ю.Филатов, Ю.Голяев, В.Курятов, В.Виноградов, К.-У.Шрайбер, М.Перлмуттер "50 лет лазерному гироскопу", и столько же просмотров набрала статья К.Лукина и Д.Павлова "Имитационная модель волоконно-оптического гироскопа".



Нарастающий интерес к аддитивным технологиям, в которых ведущая роль отводится лазерным технологиям, нашел отражение на страницах журнала "ФОТОНИКА". Новые лазерные аддитивные технологии расширяют возможности машиностроителей - способствуют снижению веса изделий, предоставляют неограниченную свободу в их проектировании, изготовлении сложных аэродинамических поверхностей, новых конструкций, которые невозможно получить иными методами формообразования. Наибольшим интересом в 2014 году пользовалась статья: А.Меркушев, М.Ильиных, А.Фефелов "Исследование образцов из алюминиевого сплава, изготовленных методом селективного лазерного сплавления". А уже в 2016 году успех пришел к статье В.Рекимчука "SLM Solutions. История одной инновации".

Мы имеем возможность отметить наиболее популярные работы последнего года, они отражают области интереса наших читателей. Так статья А.Шварцбурга "Туннелирование света в градиентныхnanoструктурах: парадоксы, перспективы, первые применения" посвящена созданию необычных оптических систем. А в статье А.Андреевского "Устройства ввода-вывода оптического излучения для субволновых волноводов" показано, как параллельно с миниатюризацией волноводов возрастает актуальность создания устройств ввода-вывода оптического излучения.

В настоящее время во всем мире наблюдается неуклонный рост пользователей сети Интернет, а также потоков информации, передаваемой по оптическим каналам связи. На этом фоне растет количество атак на системы безопасности и несанкционированных доступов к базам данных и аккаунтам пользователей. Поэтому разработка квантовых сетей связи, использующих протоколы квантовой криптографии, которые гарантируют абсолютную секретность передаваемой информации, является актуальной темой. Протоколы квантовой криптографии характеризуются безусловной стойкостью к различным атакам, то есть их безопасность не зависит от вычислительных возможностей компьютеров, используемых для взлома. Однако, несмотря на значительные успехи (в настоящее время в мире уже существует несколько коммерческих криптографических сетей), существует целый ряд нерешенных проблем, препятствующих широкому внедрению квантовой крип-

тографии. Наиболее важной проблемой пока остается отсутствие квантовых повторителей. Отражение современного состояния систем безопасности можно найти в работах 2017 года: А.Калачев "Элементная база дальнодействующей квантовой связи" и В.Гришачев "Канал утечки информации на основе паразитных наводок (модуляций) в оптическом волокне".

Наиболее популярным обзором в 2016 году стал материал М.Кузнецова, Е.Землякова и К.Бабкина - "Обзор лазерных технологических головок для реализации промышленных лазерных технологий обработки металлических материалов". Результаты проведенного анализа показали, что подавляющее большинство лазерных головок предназначено для работы в составе технологических комплексов на базе диодных, волоконных и твердотельных лазеров.

Напоминаем нашим читателям, что полное содержание статей, возрастом старше одного года, находится в открытом доступе на сайте журнала ФОТОНИКА (www.photonics.su). Для того чтобы прочитать свежую статью, необходимо всего лишь оформить подписку на журнал ФОТОНИКА (www.photonics.su). Также с полным текстом статей можно ознакомиться на сайте электронной библиотеки eLIBRARY (elibrary.ru).

Журнал "ФОТОНИКА" с 2008 года включен в Российский индекс научного цитирования. Специалистам известно, что глобальные базы данных Web of Science (WoS) и Scopus рассматриваются научным сообществом в качестве инструментов для анализа продуктивности научной деятельности организаций и отдельных ученых. В 2014 года компании Thomson Reuters и Национальная электронная библиотека (НЭБ) заключили соглашение о размещении ядра лучших российских журналов из РИНЦ на платформе Web of Science. Целью проекта стало выделение лучших российских журналов, зарегистрированных в РИНЦ, и размещение их на платформе Web of Science в виде отдельной базы данных Russian Science Citation Index (RSCI), по аналогии с созданными ранее китайским и латиноамериканским индексами научного цитирования. Согласно условиям договора, в эту базу данных были включены 650 ведущих российских журналов по всем научным направлениям (все выпуски за последние 10 лет). В 2016 году в их число вошел и журнал "ФОТОНИКА", что говорит о его достаточно высоком статусе в отечественной научной и инженерной среде.