

чить оценку свойств в объеме материала, а не поверхностного слоя. Аналогичным образом внедрение бойка со скоростью 3 м/с обеспечивает максимальное проникновение индентора на глубину порядка 250–300 мкм, что соизмеримо с максимальной толщиной слоя исследуемых образцов. По результатам индентирования показано, что увеличение температуры печати за счет улучшения межслоевого сцепления способствует увеличению динамической твердости и модуля упругости на 23 % и 11 % соответственно. Вместе с тем чрезмерное нагревание филамента (до 270 °С) приводит к искажению геометрии изделий аддитивного производства и возникновению внутренних напряжений и неоднородности физико-механических характеристик в пределах одного образца. Также установлено, что отклонение скорости печати от стандартного значения (70 мм/с) как в меньшую (55 мм/с), так и в большую сторону (85 мм/с) способствует увеличению упругих и прочностных свойств исследуемого полимерного материала. При этом увеличение скорости печати до 85 мм/с позволяет снизить коэффициент вариации результатов контроля динамического модуля упругости и твердости примерно в

1,5 и 3 раза соответственно. Доказано, что наибольшими значениями модуля упругости, предела прочности и динамической твердости обладают образцы, полученные по FDM-технологии с толщиной слоя печати 0,1 мм, что объясняется наличием большей площади межслоевой связи, размер и качество которой является определяющим фактором в формировании свойств исследуемого полимерного материала.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований: проект № Т22М-004 «Развитие метода локального контактного деформирования для неразрушающего контроля полимерных изделий, полученных путем аддитивного синтеза».

Литература

1. Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 1 Общие принципы: ГОСТ 34370-2017. – Введ. 01.10.2018. – М.: Стандартинформ, 2018. – 26 с.
2. Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб: ГОСТ 4648-201 – Введ. 01.03.2015. – М.: Стандартинформ, 2016. – 25 с.

УДК 543.7, 347.771

ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО РЫНКА ПРИБОРОВ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАТЕНТНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Белов Д.А., Белов Ю.В.

*Институт аналитического приборостроения Российской академии наук
Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Аннотация. В работе представлен подход к анализу рынка приборов для высокопроизводительного секвенирования нуклеиновых кислот. Как качественный показатель развития рынка, демонстрирующий основные инновационные направления, рассматриваются патентные документы, зарегистрированные американской компанией Illumina в Российской Федерации. Определены наиболее перспективные технические решения и тенденции развития технологий высокопроизводительного секвенирования.

Ключевые слова: высокопроизводительное секвенирование, патентные исследования.

A STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF THE NEW GENERATION SEQUENCING MARKET IN RUSSIA BASED ON THE PATENT DOCUMENTS ANALYSIS

Belov D., Belov Yu.

*Institute for Analytical Instrumentation of the Russian Academy of Sciences
St. Petersburg, Russian Federation*

Abstract. The paper presents an approach to the market analysis of high-throughput DNA sequencers. Patent documents registered by the American company Illumina in the Russian Federation are considered as a qualitative indicator of market development, demonstrating the main innovative directions. The most promising technical solutions and trends in the development of high-throughput sequencing technologies have been identified.

Key words: next generation sequencing, patent research.

*Адрес для переписки: Белов Д.А., Санкт-Петербург 190103, а/я 207, Российская Федерация
e-mail: belov.da@list.ru*

Годовой объем мирового рынка секвенирования нуклеиновых кислот (НК) – метода, позволяющего определять нуклеотидную последователь-

ность для получения формального описания первичной структуры молекул НК, в 2021 году превысил 10 млрд долл. США [1]. Более половины

объема приходится на рынок высокопроизводительных методов секвенирования, решающих актуальные научные и прикладные задачи, в том числе, в области медицинской диагностики.

Развитие рынка биотехнологий порождает все более совершенные технологии и новые генетические анализаторы, год за годом демонстрирующие лучшие технические характеристики и высокие экономические показатели [2].

Анализ патентных документов традиционно используется в качестве одного из важнейших подходов к оценке уровня технологического развития [3]. Лишь малая часть международных заявок регистрируется в России иностранными заявителями, исключением является американская компания Illumina – бесспорный лидер мирового рынка полногеномного секвенирования (около 65 % рынка) с высокой степенью инновационной активности и технологической зрелости. Активная регистрация патентов компании в России может быть связана с началом разработки, а затем и успешным созданием первого российского высокопроизводительного секвенатора Нанофор-СПС в Институте аналитического приборостроения Российской академии наук (ИАП РАН).

Успех компании Illumina можно объяснить активным маркетингом, а также высоким качеством и простотой использования выпускаемой продукции. В компании работает почти 10 тыс. сотрудников, а выручка компании за 2021 год составила около 4,7 млрд долл. США [4].

По состоянию на 18 января 2022 года компания Illumina являлась владельцем или имела эксклюзивные лицензии на 1019 патентов на изобретение США и 789 находящихся на рассмотрении патентных заявок США, включая 43 одобренные заявки [5].

На основе анализа более 70 патентов на изобретения, зарегистрированных в России компанией Illumina, сформированы следующие выводы относительно тенденций развития высокопроизводительного секвенирования.

Ряд патентов направлен на защиту технических решений, реализованных в оптической системе, гидравлической системе, проточной ячейке и узле ее фиксации, реагентной базе, системах пробоподготовки и системах обработки результатов анализа. Значительное количество технических решений относится к микроскопии структурированного освещения (SIM-технологиям), применяемой в оптических системах новейших приборов, выпускаемых компанией Illumina.

Зарегистрированные патенты и заявки определяют высокий уровень технических решений, используемых в приборах. Расходы компании Illumina на исследования и разработки в 2017, 2018 и 2019 годах составили 546 млн долл. США, 623 млн долл. США и 647 млн долл. США соответственно.

Некоторые решения пока не используются в приборах компании: оптическая система, имеющая световоды, применение магниточувствительных датчиков и магнитных меток. Регистрация подобных патентов говорит о высокой вероятности применения и развития описанных технических решений в будущем.

Ряд патентов относится к перспективным технологиям секвенирования НК с применением нанопор и полимеразы или с помощью одностенных нанотрубок, к которым прикрепляется полимеразы. Это говорит о стремлении компании Illumina занять нишу одномолекулярного секвенирования – направления, стремительно развивающегося в последние годы. На это указывает и заблокированная антимонопольными службами в 2020 году попытка приобрести лидера рынка одномолекулярного секвенирования – компанию Pacific Biosciences.

Компания Illumina – компания с высокой степенью инновационной активности и технологической зрелости, которая ведет агрессивную маркетинговую и патентную политику. Активная оптимизация ее патентного портфеля направлена на блокирование конкурентов: компаний Ion Torrent (США) и Oxford Nanopore (Великобритания). Это подтверждается ранее инициированными компанией судебными исками к компаниям Qiagen (Германия) и BGI (Китай) на наиболее ликвидных рынках на основании патентных нарушений.

Регистрация технических решений в виде патентов Российской Федерации говорит о стремлении компании Illumina блокирования отечественного рынка от конкурирующих, в том числе, российских компаний.

Заключение. До недавнего времени иностранные компании не регистрировали патенты на изобретение и полезную модель на территории Российской Федерации, однако заметна тенденция последних лет по защите результатов интеллектуальной деятельности (РИД) в России компанией Illumina.

Выполненный анализ патентов выявил направленное блокирование отечественного рынка компанией Illumina и очевидную необходимость инвестирования в технологические инновации и поиска новых решений и выгодных возможностей лицензирования для успешного развития отечественных разработок на рынке высокопроизводительного секвенирования, характеризующегося высокой степенью конкуренции и скоростью бизнес-процессов.

На основе вышеизложенного можно предложить три варианта действий при создании новых платформ высокопроизводительного секвенирования в РФ:

– приобретение лицензий на технологии или продукты;

– создание собственных конкурентоспособных технологий на основе известных методов секвенирования;

– разработка принципиально новых подходов к секвенированию, предпочтительно, обеспечивающих детектирование одиночных молекул НК.

Предпочтительными являются два последних варианта. Анализ опыта китайских компаний показал [6], что для удовлетворения собственных нужд страны целесообразно производство приборов для секвенирования на основе известных методов, однако для выхода на мировой рынок необходимо создание новых прорывных и оригинальных технологий.

Работа выполнена в ИАП РАН в рамках государственного задания № 075-00761-22-00 Министерства науки и высшего образования РФ.

Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5316694/>

next-generation-sequencing-ngs-market-by. – Дата доступа: 18.09.2022.

2. Бородинов, А. Г. Поколения методов секвенирования ДНК (обзор) / А. Г. Бородинов, В. В. Манойлов, И. В. Заруцкий [и др.] // Научное приборостроение. – 2020. – Т. 30. – № 4. – С. 3–20.

3. Schmoch U., Rammer C., Legler H. // National Systems of Innovation in Comparison: Structure and Performance Indicators for Knowledge Societies, Dordrecht: Sprinfe. – 2006. – 314 p.

4. Illumina [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.owler.com/company/illumina>. – Дата доступа: 18.09.2022.

5. Illumina [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.annreports.com/illumina/illumina-ar-2021.pdf>. – Дата доступа: 18.09.2022.

6. Афоничева, П. К. Опыт создания высокопроизводительного секвенатора в Китае / П. К. Афоничева, Д. А. Белов, Ю. В. Белов, А. А. Евстапов // VII международная конференция молодых ученых: биофизиков, биотехнологов, молекулярных биологов и вирусологов: в рамках площадки открытых коммуникаций OpenBio-2020, 2020. – С. 5–6.

УДК 621

ОБЪЕКТИВ С ПЕРЕМЕННЫМ ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ

Горячева В.А.

ФГБОУ «Тульский государственный университет»

Тула, Российская Федерация

Аннотация. Рассматривается примерная методика расчета объектива с переменным фокусным расстоянием. При этом этап синтеза автоматизирован, что упрощает расчет объектива с переменным фокусным расстоянием.

Ключевые слова: методика расчета, объектив с переменным фокусным расстоянием, телевизионная система, структурно-габаритный синтез.

ZOOM LENS

Goryacheva V.

Tula State University

Tula, Russian Federation

Abstract. This article provides the suggested method of the zoom lens design. Besides, the synthetics stage is programmed, that is simplified the zoom lens design.

Keywords: design method, zoom lens, television system, structure-overall synthesis.

Адрес для переписки: Горячева В.А., просп. Ленина, 92, Тула 300012, Российская Федерация
e-mail: irina-goryacheva31@rambler.ru

Введение. Оптические системы широко применяются в различных сферах деятельности человека. При этом часто требуется иметь большое поле зрения для обзора широкой части просматриваемой территории, как например в камерах видеонаблюдения, и достаточное увеличение для распознавания наблюдаемых предметов, находящихся на больших расстояниях. Телевизионная система с объективом переменного фокусного расстояния способна выполнить все перечисленные выше требования. Но существует сложность

расчета таких систем, заключающаяся в сохранении высокого качества изображения во всем диапазоне изменения фокусных расстояний и освещенности.

Как правило, оптическая часть телевизионных систем проходит этапы проектирования, которые свойственны любым другим оптическим системам – синтез, анализ и оптимизация. Однако в настоящее время разработка объектива с переменным фокусным расстоянием является актуальной научной и практической задачей, поскольку нет