

Явление и последствия волноводно-резонансного распространения и взаимодействия радиационных потоков

Часть 2

Евгений Егоров, Владимир Егоров (egorov@iptm.ru),
Алексей Галицын (a.a.galitsyn@gmail.com)

Во второй части статьи, посвящённой описанию недавно открытого нового физического явления – волноводно-резонансного распространения и взаимодействия радиационных потоков (рентгеновских, оптических, потоков элементарных частиц), рассмотрено взаимодействие радиационных потоков через взаимное влияние возбуждённых ими однородных интерференционных полей стоячих волн и волноводно-резонансное распространение потоков частиц с ненулевой массой покоя.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ЧЕРЕЗ ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ВОЗБУЖДЁННЫХ ИМИ ОДНОРОДНЫХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ПОЛЕЙ СТОЯЧИХ ВОЛН

Плоский рентгеновский волноводно-резонатор (ПРВР) простейшего дизайна захватывает радиационный поток в угловом интервале, не превышающем удвоенного значения критического угла полного внешнего отражения этого квазимонохроматического излучения для материала рефлекторов волноводно-резонатора, транспортирует его своим щелевым зазором почти без ослабления и формирует на своём выходе нитевидный радиационный поток наноразмерной ширины и повышенной радиационной плотности, характеризующийся угловой расходимостью, соответствующей углу захвата рентгеновского излучения. Наличие угловой расходимости формируемого потока, составляющей обычно величину около $0,1^\circ$, с практической точки зрения оказывается крайне нежелательным фактором, поскольку этот поток уже на расстоянии 4–5 см от выходного среза ПРВР теряет свои главные достоинства: наноразмерность и повышенную радиационную плотность (принципиально важные в микроэлектронике).

Поэтому одним из направлений совершенствования рентгеновских волноводно-резонансных структур был поиск технических решений, позволяющих уменьшить угловую расходимость

формируемого потока в сравнении с углом захвата радиации при сохранении его интегральной интенсивности. В результате проведения поисковых мероприятий удалось разработать конструкцию составного волноводно-резонатора, которая позволила уменьшить угловую расходимость формируемого рентгеновского пучка при неизменной величине его интегральной интенсивности [1]. Конструкция составного плоского рентгеновского волноводно-резонатора (СПРВР) состоит из двух последовательно установленных на некотором расстоянии друг от друга и взаимно съюстированных ПРВР простейшей конструкции. При этом оказалось, что если расстояние между ними не превышает некоторую критическую величину, определённую экспериментально и впоследствии рассчитанную из модельных соображений ($\Delta z = \lambda_0^3 / 8 \times \Delta \lambda^2$), то интегральная интенсивность формируемого рентгеновского пучка остаётся неизменной, а его угловая расходимость оказывается меньше угла захвата радиации первым ПРВР. Если расстояние между ПРВР превышало значение этого критического параметра, интегральная интенсивность формируемого пучка резко падала, хотя и вместе со скачкообразным уменьшением его угловой расходимости. К сожалению, для случая, когда $\Delta w < \Delta z$, пока не удалось получить аналитической зависимости, связывающей изменение расстояния между последовательно установленными ПРВР и углом расходимости формируемого пучка.

Статья публикуется в авторской редакции. Мнение редакции не всегда совпадает с позицией автора. Но редакция открыта для диалога и предоставляет специалистам возможность донести свои идеи до аудитории журнала. Специализированный журнал – это информационная площадка, на которой порой встречаются самые невероятные проявления творческой мысли.

Экспериментальные измерения показали, что на параметр расходимости также влияют форма и качество обработки торцов кварцевых рефлекторов, образующих ПРВР простейших конструкций, составляющих СПРВР. Сравнение экспериментальных данных, полученных в условиях варьирования расстояния между последовательно установленными ПРВР, дало основание предположить, что составной волноводно-резонатор демонстрирует свои удивительные свойства по уменьшению угловой расходимости формируемого рентгеновского пучка (при сохранении его интегральной интенсивности) в результате взаимодействия однородных интерференционных полей стоячих рентгеновских волн, возбуждённых в щелевых зазорах ПРВР, образующих составной волноводно-резонатор. Дело в том, что однородное интерференционное поле стоячей рентгеновской волны не только заполняет всё внутреннее пространство плоского протяжённого щелевого зазора ПРВР, но и характеризуется наличием некоего «клина выпячивания» поля из зазора. Длина этого клина независимо от ширины щелевого зазора определяется выражением Δz , приведённым выше, которое характеризует критический параметр для функционирования СПРВР. Если расстояние между последовательно расположенными ПРВР превышает значение этого параметра, такая структура перестаёт функционировать как составной вол-

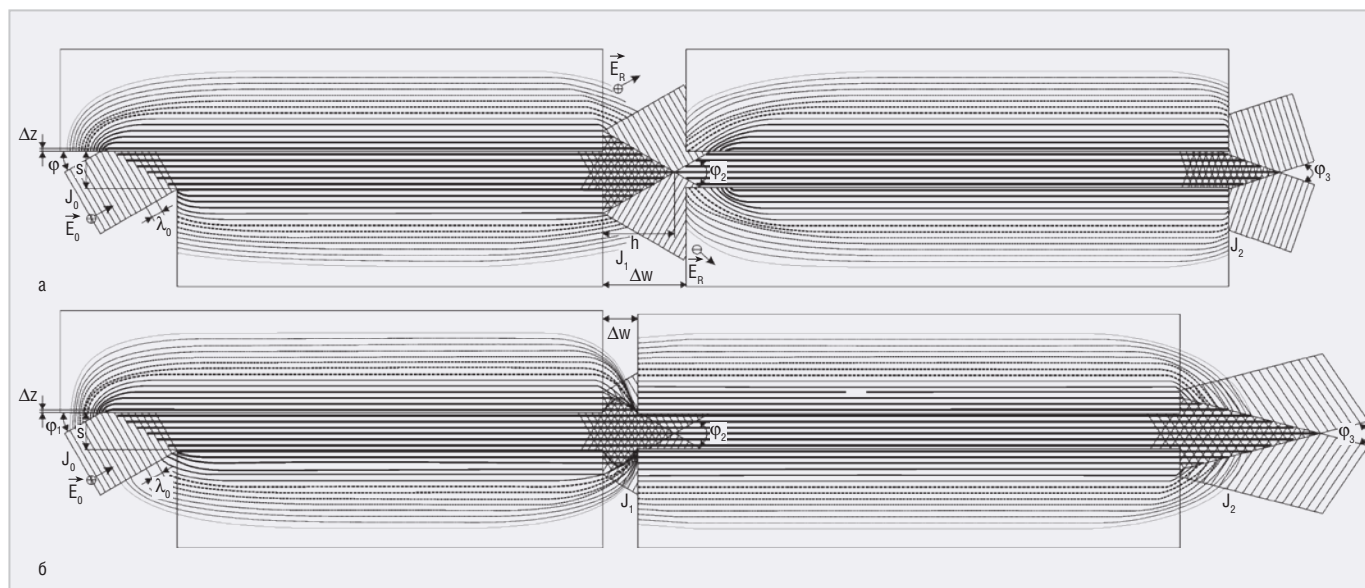


Рис. 3. Схемы формирования потока рентгеновской квазимонохроматической радиации парой последовательно установленных и взаимно съюстированных плоских рентгеновских волноводов-резонаторов простейшей конструкции в условиях, когда расстояние между ними больше критического $\Delta w > \lambda_0^3/8\Delta\lambda^2$ значения (а) и меньше этой величины (б)

новод-резонатор. Визуально это показано на рисунке 3.

В случае больших расстояний между ПРВР (см. рис. 3а), превышающих размеры «клина выпячивания» однородного интерференционного поля, возбуждённого в щелевом зазоре первого ПРВР, второй волновод-резонатор оказывается способным захватить лишь ту часть потока квазимонохроматической рентгеновской радиации, сформированного первым ПРВР, которая определяется геометрическими соображениями. Эта часть, составляющая ничтожную долю интенсивности потока, сформированного первым ПРВР, возбуждает однородное интерференционное поле стоячей рентгеновской волны во втором ПРВР и формирует выходной пучок рентгеновского излучения малой угловой расходимости и низкой интегральной интенсивности. В то же время если расстояние между последовательно установленными ПРВР оказывается меньше значения критического параметра ($\Delta w < \Delta z$), ситуация с захватом излучения вторым ПРВР резко меняется. В этом случае возникшее в первоначальный момент попадания излучения во второй ПРВР однородное интерференционное поле стоячей рентгеновской волны начинает взаимодействовать с однородным интерференционным полем первого ПРВР (см. рис. 3б). Это взаимодействие приводит к постепенному развороту всего рентгеновского потока, сформированного первым ПРВР, в щелевой зазор второго волновода-резонатора. В итоге в стационар-

ном режиме весь поток будет захвачен вторым ПРВР, то есть будет отмечен эффект частичного углового туннелирования радиационного потока. Вследствие преемственности и всеобщности волновых явлений этот эффект может ожидать у волновых процессов любой длины волны, в том числе для оптического и радиодиапазонов.

Выполненные экспериментальные исследования показали, что эффект частичного углового туннелирования радиационных потоков, приводящий к уменьшению угловой расходимости формируемого на выходе СПРВР радиационного потока, сопровождается ухудшением монохроматичности излучения и, следовательно, приводит к уменьшению его длины когерентности [2]. Однако важнейшим результатом исследований особенностей функционирования СПРВР явилось экспериментальное установление реальной возможности взаимодействия однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн, приводящей к реально наблюдаемым изменениям параметров радиационных потоков. В процессе изучения особенностей обнаруженного эффекта возник соблазн попытаться зарегистрировать его проявление, используя однородные интерференционные поля стоячих радиационных волн, возбуждённых потоками излучения различной природы. Использование для этих целей однородного интерференционного поля оптических стоячих волн продемонстрировало обнадёживающие результаты [3].

Для изучения особенностей возможного взаимодействия однородных интерференционных полей, возбуждаемых потоками рентгеновской (CuK α) и оптической ($\lambda=532$ нм) квазимонохроматической радиации, был использован плоский рентгеновский волновод-резонатор простейшей конструкции, образованный кварцевыми рефлекторами. В его щелевой зазор шириной 190 нм вводился поток рентгеновской радиации CuK α , предварительно монохроматизированный с помощью кремниевого монохроматора с ориентацией [111]. Пучок характеризовался угловой расходимостью менее 0,01°. Угол падения пучка на вход щелевого зазора ПРВР мог регулироваться в угловом интервале $\Delta\varphi=0,2^\circ$. При этом период рентгеновских стоячих волн мог изменяться в интервале 180...21 нм.

Поток оптического излучения вводился в один из рефлекторов ПРВР через кварцевую призму в форме четверти цилиндра. Источником этого излучения служил малогабаритный твердотельный лазер мощностью 300 мВт, излучавший квазимонохроматическую линию $\lambda_0=532$ нм ($\Delta\lambda=0,6\times10^{-4}$ нм, $L=\lambda_0^2/\Delta\lambda=50$ м). Вводимый в призму оптический поток имел нитевидную форму размером $0,1\times10$ мм² и мог падать на призму в широком интервале углов. Явление полного внутреннего отражения в одном из кварцевых рефлекторов ПРВР реализовалось в угловом интервале при падении под углом $\psi > 42,5^\circ$. Максимальный угол разворота щелевого устройства составлял 75°.

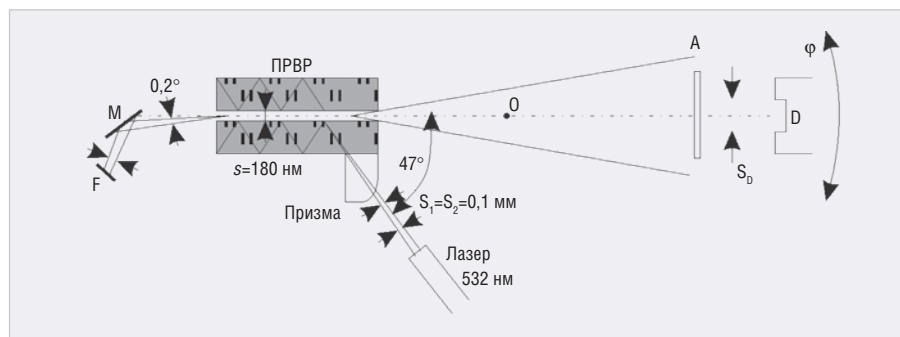


Рис. 4. Экспериментальная схема исследования возможного взаимодействия независимых рентгеновских и оптических квазимонохроматических потоков через взаимное влияние возбуждаемых ими однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн

Таким образом, при варьировании угла падения светового потока в угловом интервале $42,5...75^\circ$ период стоячей оптической волны изменялся от 360 до 1027 нм. Принципиальная схема рентгено-светового устройства, предназначенного для поиска условий возможного взаимодействия однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн, возбуждаемых рентгеновскими и оптическими потоками, представлена на рисунке 4. В качестве объекта, позволяющего зафиксировать возможное взаимодействие потоков рентгеновского и оптического излучений, было выбрано пространственное (угловое) распределение интенсивности рентгеновского пучка, формировавшегося на выходе ПРВР.

При варьировании углов падения потоков рентгеновского и оптического излучений удалось зафиксировать стационарное состояние, в котором наблюдалось отклонение распределения интенсивности в потоке рентгеновского излучения от его формы, соответствующей отсутствию оптического возмущения. Эффект был зафиксирован близко к краям изменения углов падения радиационных потоков и демонстрировал резко резонансный характер. Он наблюдался при периодах рентгеновской стоячей волны 180 нм и оптической стоячей волны 360 нм. При других соотношениях величин периодов радиационных стоячих волн изменений в пространственном распределении интенсивности рентгеновского потока зафиксировать не удалось. Таким образом, полученный результат даёт основания полагать, что независимые радиационные потоки могут взаимодействовать между собой через взаимное влияние однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн, возбуждённых этими потоками в стационарных условиях. При этом такое

взаимодействие будет иметь остро резонансный характер, а период возбуждённых стоячих волн окажется либо совпадающим, либо кратным. Выполненные измерения, к сожалению, не позволяют высказать предположений о каких-либо других особенностях наблюдаемого взаимодействия. Более того, пока не ясна локализация этого взаимодействия. Скорее всего, можно ожидать, что его локализация связана с поверхностной переходной областью, введение которой было обосновано профессором Друде для объяснения аномалии, связанной с отражением потока оптического излучения под углом Брюстера [4]. Обычно ширина этой области не превосходит нескольких нанометров, а взаимная радиационная плотность интерференционных полей рентгеновских и оптических стоячих волн там максимальна.

Волноводно-резонансное распространение потоков частиц с ненулевой массой покоя

Изучение особенностей распространения пучков электронов, а также атомных и молекулярных потоков показало, что их движение может быть описано волновыми методами [5]. Ансамбль материальных частиц, имеющих массу m и движущихся со скоростью v , может быть охарактеризован средней длиной волны $\lambda_0 = h/m \times v$, степенью волновой монохроматичности $\Delta\lambda = h \times \Delta v / m \times v^2$, а также параметром длины когерентности этого радиационного потока $L = h/m \times \Delta v$.

Первое экспериментальное подтверждение наличия волновых свойств у потоков электронов было описано в фундаментальной работе Девисона и Джермера [6]. Они показали, что потоки электронов определённой энергии испытывают дифракцию на монокристаллических объектах подобно пуч-

кам рентгеновского излучения. В то же время в работе профессора Раппа было показано, что в отличие от рентгеновского излучения пучки электронов в условиях малоуглового зеркального отражения испытывают не полное внешнее, а полное внутреннее отражение [7]. Напротив, изучение особенностей малоуглового зеркального отражения потоков тепловых нейтронов, т.е. потоков нейтронов со средней длиной волны, соответствующей энергии рентгеновских квантов, наиболее часто применяемых в дифрактометрических исследованиях ($E \sim 10$ кэВ), показало их подобие рентгеновским пучкам. Как и рентгеновское излучение, потоки тепловых нейтронов испытывают на материальном интерфейсе полное внешнее отражение [8]. Это даёт основания полагать, что потоки нейтральных атомов и молекул также будут демонстрировать определённое подобие потокам рентгеновских лучей в плане их зеркального отражения на материальном интерфейсе. Наличие волновых свойств у потоков этих частиц также было зафиксировано экспериментально. Впервые работы этого направления были выполнены Эстерманом и Штейном [9]. В их исследованиях было показано, что пучки молекул водорода и атомов гелия с энергией, близкой к энергии тепловых нейтронов ($E \sim 0,01$ эВ), сформированных с помощью протяжённого кварцевого капилляра, дифрагировали на монокристаллических пластинах LiF (100), которые располагались на вакуумном рентгеновском гониометре. Эти эксперименты непосредственно подтвердили волновую природу движения тяжёлых частиц с ненулевой массой покоя, что может быть с успехом использовано для реализации низкотемпературного ядерного синтеза.

Основной трудностью, препятствующей протеканию взаимодействия атомных ядер с малым содержанием нуклонов, например ионов дейтерия, является преодоление кулоновского барьера. Наиболее примитивным подходом к его преодолению является повышение температуры коллектива атомов. В результате атомы ионизируются, а ионы приобретают скорость, достаточную для преодоления кулоновского отталкивания. В то же время экспериментальные исследования показали, что синтез новых ядер может происходить и без повышения температуры [10, 11]. Энергетический выход, регистрируемый в процессе проведения экспери-

ментов по низкотемпературному ядерному синтезу, весьма невелик и совершенно не сопоставим с величинами ожидаемых в результате ядерных реакций значений. Но он превышает статистическую погрешность и поэтому представляет собой объективную реальность. Публикуемые подходы, направленные на повышение эффективности разработанных методик, фактически ориентированы на то, чтобы как-то понизить значение кулоновского барьера или повысить вероятность подбарьерного протекания реакции. В то же время имеется принципиальная возможность обойти кулоновское взаимодействие, используя эффект взаимодействия радиационных потоков через взаимное влияние однородных интерференционных полей стоячих волн, возбуждённых этими потоками. При этом в качестве объектов, представляющих собой радиационный поток, предполагается использовать не ионные, а атомарные и молекулярные потоки, создаваемые, например, в соответствии с методикой, разработанной Эстерманом и Штейном [12].

Например, если в соответствии с этой методикой через капилляр подавать в вакуумный объём поток молекул дейтерия из объёма, охлаждённого до температуры жидкого азота, то в энергетическом распределении этого потока максимум энергии будет соответствовать длине волны $\lambda_m = 0,11$ нм, т.е. попадать в рентгеновский диапазон длин волн. Далее, используя кристаллический монохроматор, возможно получение квазимонохроматического потока молекулярного дейтерия, который, в свою очередь, позволяет возбудить однородное интерференционное поле стоячей молекулярной волны в соответствующей волноводно-резонансной структуре. Параллельно возможно получить однородное интерференционное поле стоячей рентгеновской волны, период которой может быть легко варьирован путём изменения угла падения квазимонохроматического рентгеновского потока на подходящий волноводно-резонатор. Сведение полученных однородных интерференционных полей позволит обеспечить условия поиска их возможного взаимодействия. Предлагаемый подход к поиску условий возможного ядерного синтеза обеспечивает нейтрализацию кулоновского взаимодействия, однако требует для проведения экспериментов обеспечения высокого вакуума. Схематически процесс проведения поисковых исследований показан на рисунке 5.

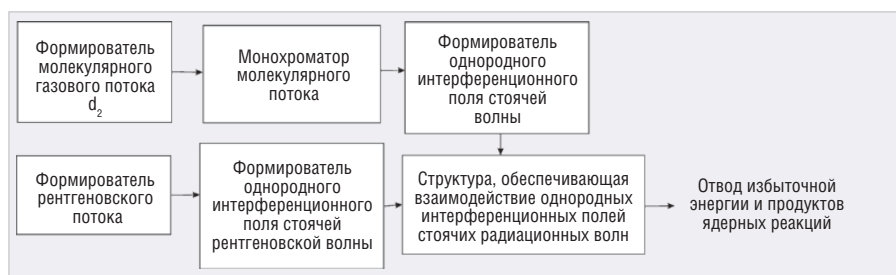


Рис. 5. Принципиальная схема генерации и преобразования потоков дейтерия и потока рентгеновского излучения для создания условий возможного протекания холодного ядерного синтеза по принципиально возможным механизмам: $d+d \rightarrow He^3 + p$; $d+d \rightarrow t + n$; $d+d \rightarrow He^4 + v + 24$ МэВ за счёт взаимодействия с потоком рентгеновского излучения

Выполненные эксперименты показывают, что волноводно-резонансные структуры способны обеспечить образование однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн как для пучков рентгеновского излучения, так и для квазимонохроматических молекулярных и атомарных потоков и могут быть реализованы как в макро- и микро-, так и в наномасштабах. По этой причине волноводно-резонансные элементы могут быть внедрены в технологию построения микрочипов не только для эффективной передачи информации с помощью планарных оптических и рентгеновских нановолноводов, но и для создания практически вечных нанобатарей, работающих в результате протекания реакций холодного ядерного синтеза.

Эпилог

Для выполнения проекта по практическому применению результатов исследований, описанных в настоящей статье, а также для выполнения десятка других проектов, касающихся электронной компонентной базы нового поколения (описание некоторых из них приведено в [12, 13]), был создан Консорциум «Физико-техническая корпорация», который впоследствии планировалось преобразовать в частно-государственную «Физико-техническую корпорацию», в которой государство могло бы участвовать деньгами, а участники – нематериальными активами.

В соответствии с письмом Аппарата Правительства РФ от 31 мая 2019 года № П7-27805 Департамент радиоэлектронной промышленности Минпромторга России (директор департамента – Шпак Василий Викторович) рассмотрел предложение о создании частно-государственной «Физико-технической корпорации» и от имени Правительства РФ констатировал, что: «Принимая во внимание полученные экспертные оценки (заключения кор-

порации «Росатом» и Министерства науки и высшего образования), считаем, что предложения автора требуют дополнительной проработки и полагаем государственное финансирование «Физико-технической корпорации» в настоящее время нецелесообразным».

В заключениях, на которые ссылается Минпромторг, нет ни слова об оценке научной, военно-стратегической и экономической значимости предлагаемого проекта.

Заключение корпорации «Росатом» основано на том, что «В представленных материалах не отражены: механизмы реализации создания частно-государственной «Физико-технической корпорации»: полномочия, права, ответственность, порядок финансирования и формы деятельности; последовательность и сроки выполнения этапов НИОКР и их подэтапов, содержание и объём выполняемых работ, объёмы и сроки представляемой научно-технической документации и опытных образцов по результатам НИОКР; обоснование цены и технико-экономическое обоснование предлагаемых к реализации НИОКР; обладание организацией необходимыми расчётно-вычислительной, технологической, материаловедческой, экспериментальной базами и квалифицированным научно-кадровым составом для выполнения НИОКР; имеющиеся лицензии для проведения работ и осуществления всех видов деятельности, необходимых для выполнения НИОКР в полном объёме» (Прим. автора: которые никем не запрашивались).

А заключение Министерства науки и высшего образования выдано вообще без каких-либо оценок и выводов, в нём просто пересказано то, о чём идёт речь и констатируется, что: «На данный момент в России существуют 122 фонда, специализирующихся на всех основных отраслях науки. Реестр фондов поддержки научной, научно-техни-

ческой, инновационной деятельности отображён на сайте <http://funds.rier.ru>, данный реестр предоставляет возможность выбора подходящего фонда по заданным параметрам».

С учётом всего вышеизложенного авторы настоящей статьи обращаются к частным инвесторам (российским и зарубежным) с предложением профинансировать создание частной «Физико-технической корпорации» и выполнение всех этих проектов, отвергнутых чиновниками российского государства. Бизнес-план инвестиционного проекта «Предельные технологии», выполняемого консорциумом «Физико-техническая корпорация», готов для представления квалифицированным инвесторам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майер Дж., Гиперт-Майер М. Статистическая механика. М.: Мир. 1980. 544 с.
2. Егоров В.К., Егоров Е.В. Особенности формирования рентгеновских потоков волноводами-резонаторами различных конструкций. Оптика и спектроскопия 2018. Т. 124. Вып. 6. С. 808–820.
3. Егоров В.К., Егоров Е.В. О принципиальной возможности управления параметрами потоков характеристической рентгеновской радиации. Сб. науч. тр. по материалам 6-й Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и технологий» (в 10 частях). 2015. № 6. Ч. 1. Белгород: ИП Ткачёва Е.П. (АПНИ). С. 24–45. www.issledo.ru.
4. Друде П. Оптика. Ленинград-Москва: ОНТИ. 1935. 458 с.
5. L. De Broglie. Recherches sur la theorie des quanta, 1924. Ann. De Phys. 1925. Vol. 3. pp. 22–31.
6. Davisson C.J., Germer L.H. Electron beams scattering by Ni monocrystal. Nature. 1927. Vol. 119. pp. 538–541.
7. Rupp E. Über die Spiegel- und vollständige innere reflexion von electronen. Physikalische zeitschrift. 1929. Bd 30. pp. 935–946.
8. Никитенко Ю.В. Нейтронные стоячие волны в слоистых системах: образование, детектирование и применение в нейтронной физике и для исследования наноструктур. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2009. Т. 40. Вып. 6. С. 1682–1794.
9. Estermann I., Stern O. Beugung von molekularstrahlen. Zeitschrift fur Physik. 1930. Bd 61. pp. 95–125.
10. Storms E. The science of low energy nuclear reactions. A comprehensive compilation of evidence and explanations about cold fusion. Singapore: World scientific publ, 2007. p. 317.
11. Высоцкий В.И., Корнилова А.А. Ядерный синтез и трансмутация изотопов в биологических системах. М.: Мир. 2003. С. 161.
12. Галицын А.А. IoT-радиопроцессор с криптокодированием структуры радиосигнала. Современная электроника. 2019. № 7. С. 26–30.
13. Галицын А.А., Рождественский А.Е., Рождественский Д.Б. Системы управления с «предвидением». Современная электроника. 2019. № 9. С. 2–6.



НОВОСТИ МИРА

KEYSIGHT ОБЪЯВЛЯЕТ О ЗАПУСКЕ НОВОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭМУЛЯЦИИ КАНАЛОВ 5G

Компания Keysight Technologies, Inc. объявила о коммерческом запуске нового решения для эмуляции каналов 5G с целью развёртывания интегрированных систем связи, а также для повышения качества обслуживания пользователей.

Эмулятор каналов PROPSIM FS16 от компании Keysight представляет собой очередное прогрессивное решение в длинном ряду инноваций, предложенных Keysight с целью ускорения коммерциализации и развития сетей 5G.

PROPSIM FS16 обеспечивает эффективную проверку функционирования устройств 5G New Radio (NR) с поддержкой сверхшироких полос пропускания в миллиметровом диапазоне частот, а также технологий формирования луча и конфигураций с использованием большого количества антенн.

Новое решение для эмуляции 5G-каналов дополняет семейство эмуляторов 5G-каналов от компании Keysight, широко применяемых для тестирования и валидации устройств и базовых станций. PROPSIM FS16 позволяет производителям составных микросхем и устройств 5G надёжно и эффективно тестировать реальные параметры работы 5G-систем за счёт использования технологий MIMO и Massive MIMO для приложе-

ний с большими объёмами передачи данных. Данное решение реализовано на базе компактного и модульного настольного эмулятора радиочастотных каналов 5G New Radio с масштабируемой функцией затухания и интуитивно понятными программными инструментами.



PROPSIM FS16 дополняет первое в отрасли решение для эмуляции каналов PROPSIM F64 от компании Keysight, помогающее лидерам рынка беспроводных 5G-устройств эффективно решать проблемы моделирования затухания высокочастотных сигналов. PROPSIM FS16 поддерживает диапазон частот и полос 5G New Radio в соответствии с требованиями 3GPP. Предложенное решение полностью интегрируется с другими решениями Keysight для эмуляции сетей 5G на технологическом уровне, превышающем


уровень требований 3GPP – глобального консорциума по сертификации технологий мобильной связи.

PROPSIM FS16 обладает следующими базовыми характеристиками и преимуществами:

- масштабируемый набор каналов с конфигурируемым ослаблением (от 2 до 1024) позволяет проводить испытания широкого ряда MIMO-систем;
- решение поддерживает функцию двустороннего затухания для проверки соединения абонента с магистральным узлом связи в обоих направлениях;
- функция односторонней передачи в канале позволяет исследовать параметры затухания при передаче сигнала от узла к абоненту с целью обеспечения эффективности испытаний параметров приёмника. Это повышает экономичность процессов проведения комплексных испытаний MIMO-систем в эфирных тестовых средах согласно требованиям 3GPP.

Технология MIMO (Multiple Input Multiple Output; множественные входы, множественные выходы) – технология беспроводной связи, основанная на использовании большого числа антенн в качестве источников (передатчиков) и получателей (приёмников) сигнала.

www.keysight.com/go/news



Свобода проектирования



В состав Delta Design, обеспечивающей сквозной цикл проектирования печатных плат, входят модули:

- Менеджер библиотек
- Редактор правил
- Схемотехнический редактор
- Редактор печатных плат
- Схемотехническое моделирование
- Топологический редактор плат TopoR
- HDL-симулятор
- Коллективная работа для предприятий