

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Масловой Юлии Ярославовны на тему:

«Оптическая система импульсно-периодического лазерно-электронного источника рентгеновского излучения для медицинских применений», представленную в диссертационный совет Д 002.023.03 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физическом институте им.

П.Н.Лебедева Российской академии наук на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - Оптика

Проблема создания компактных высокоярких (т.е. излучающих относительной большое количество фотонов в единицу времени в телесный угол в определенный спектральный диапазон) источников существует со времен создания первых рентгеновских трубок и до конца не решена до сих пор. Хорошим решением является синхротрон, но этот прибор ни в коем случае не компактен, и количество их в мире невелико.

Медицинские применения являются важнейшими для рентгеновских источников излучения. Например, это рентгеноконтрастные исследования сосудистой системы, и главная среди них – ангиография сосудов сердечной области. Так как потребность в таких исследованиях очень велика, силами имеющихся синхротронов закрыть эту потребность нереально, а даже современные рентгеновские трубки не дают нужной плотности потока соответствующих рентгеновских квантов. На помощь приходят лазерно-электронные источники рентгеновского излучения (ЛЭИРИ), где рентгеновские кванты образуются за счет рассеяния фотонов лазерного импульса на встречном банче релятивистских электронов. Как следует из справедливых расчетов диссертанта, использование ЛЭИРИ с импульсными лазерами позволяет осуществлять ангиографию с отличным разрешением и минимальным оперативным медицинским вмешательством. Поэтому предложенный метод ангиографии весьма актуален, не говоря, конечно, о его бесспорной новизне.

Первая глава диссертации представляет собой обстоятельный обзор литературы по томсоновским источникам рентгеновского излучения. В

качестве применения его рассмотрена также задача ангиографии. Следует отметить, что автор не остановилась на обзоре литературы только в первой главе, а дала краткие обзоры современного состояния научных исследований в тех местах диссертации, где это было необходимо по тексту. С учетом работ автора, получился весьма полный список научных работ, отлично представляющий современное состояние исследований по теме диссертации (147 наименований).

Во второй главе представлена схема ЛЭИРИ для задач ангиографии. Поскольку требования к электронному циркулятору-накопителю достаточно очевидны, в диссертации основное внимание уделено лазерной части. В главе сформулированы требования к импульсно-периодическому рентгеновскому источнику, показано, что нужно использовать накопитель лазерного излучения для его многократного использования. Освещены активная и пассивная схемы оптического ключа в лазерном накопителе, обоснована четырехзеркальная схема оптического накопителя. Определены временные параметры лазерных импульсов (длительность, интервалы следования, параметры цугов). Выбраны перспективные нелинейные кристаллы для активного и пассивного ключа.

Третья, четвертая и пятая главы посвящены собственно лазерной части и являются ядром диссертации. Можно утверждать, что автором практически разработана новая схема лазера с двумя обратными связями, позволяющая управлять временными параметрами лазерных импульсов в очень широком диапазоне величин, что и требуется для импульсной рентгеновской ангиографии. В третьей главе разработана теория лазера с комбинированными положительной и отрицательной обратными связями, позволяющими излучать пульсации импульсов с периодами, в 100 и более раз превышающими время обхода светом резонатора. Получены условия существования регулярной динамики, а также условия хаотизации излучения. В четвертой главе описана установка, на которой проводились эксперименты по генерации регулярных последовательностей цугов коротких импульсов с суб- и микросекундным периодом в Nd:YAG лазере с миллисекундной накачкой. Был достигнут

требуемый период пульсаций в 1,9 мкс, что обеспечило необходимую работу лазерной части ЛЭИРИ. Диссертант в этой главе вовремя отвлеклась на весьма интересную задачу перехода от регулярной пульсации к хаотической динамике генерации импульсов, подобной шильниковскому хаосу, и подробно исследовала управляющие параметры этого перехода.

В пятой главе было проведено численное моделирование динамики лазера, управляемого комбинацией обратных связей. Определены различные механизмы обратной связи, позволяющие варьировать временную динамику цугов излучения. Здесь пожеланием автору может быть рассмотрение не простой R-C цепочки обратной связи, но и введение в нее эффективной индуктивности. В последнем случае возникают осцилляции «запирающего» тока, и можно выбрать их фазу таким образом, что нарастание тока около порога будет иметь больший градиент, что сделает более точным начало генерации переднего фронта пульсации и его обострение, что может быть полезно для финальной генерации рентгеновских импульсов.

Диссертация не имеет каких-либо значимых недостатков. Относить к недостаткам «что можно было бы еще сделать из того, что напрашивается» мы не будем. Наоборот, если диссертационная работа побуждает оппонента к вопросам, выходящим за рамки представленного исследования, это, в первую очередь, свидетельствует о хорошем качестве диссертации. При чтении не всегда сразу ясно, что сделано лично автором работы, а что все-таки было известно, хотя в дальнейшем обычно и имеются необходимые уточнения на этот счет. Было бы интересно уточнить простую теорию, развитую автором в четвертой главе для периода гармонической модуляции (формула (4.7)), хотя это уже выходит за рамки представленной работы. Кроме этого, упоминание кристаллов ВВО размерами 10x10x20 сразу наводит на мысли о запредельной стоимости такого кристалла.

Степень достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, не может быть подвергнута сомнению – они опубликованы в самых известных рецензируемых научных журналах, в т.ч.

входящих в Перечень ВАК. Кроме этого, как уже указывалось, автор привлекла значительный библиографический материал, в котором присутствуют все значимые издания по тематике диссертации за последние годы.

Научная новизна работы состоит прежде всего в демонстрации разностной ангиографии с использованием импульсно-периодического ЛЭИРИ. Реализована лазерная система, позволяющая генерировать необходимые цуги импульсов. Имеются и другие новые интересные результаты, представленные в диссертации. Научная новизна также подтверждается упомянутым представительным списком публикаций материалов диссертации в ведущих российских и международных научных журналах, а также апробацией работы на крупнейших российских и международных профильных конференциях. Практическая ценность работы заключается прежде всего в разработанной оптической системе для импульсно-периодической генерации необходимых лазерных импульсов и создании прототипа задающего генератора. Очевидна также применимость разработанных лазерных систем с вариацией периода повторения цугов коротких импульсов излучения в очень широких пределах для ряда лазеров специального назначения.

Наиболее интересные результаты диссертации – это экспериментально полученные пульсации с периодом 1,9 мкс, необходимые для ангиографии. Другими интересным результатом является исследование режима перехода к хаосу типа шильниковского, когда начинает флуктуировать не только амплитуда импульсов, но их длительность и интервал между ними.

Автореферат работы правильно и полно отражает содержание диссертации, опубликованные соискателем работы содержат все основные результаты и могут быть использованы как для фундаментальных исследований в лазерной физике, радиофизике, так и высокотехнологичной медицине в организациях Российской академии наук, подведомственных ФАНО России.

В целом, диссертация Ю.Я.Масловой по своему теоретическому и экспериментальному уровню, научной новизне и практическому значению

удовлетворяет всем требованиям п.8 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК Минобрнауки России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Маслова Юлия Ярославовна, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - Оптика.

Официальный оппонент,
начальник управления
координации и обеспечения
деятельности организаций
в сфере науки
Федерального агентства
научных организаций (ФАНО России),
доктор физико-математических наук
Михаил Юрьевич Романовский
119334, г.Москва, Ленинский проспект, д.32а
тел. +7(499)215 38 33, e-mail: romanovsky@fano.gov.ru



Маслова Юлия