ЛАЗЕР ИНФОРМ
Информационный бюллетень ЛАЗЕРНОЙ АССОЦИАЦИИ
ВЫПУСК N 8 (455), апрель 2011

О действующем порядке поверки средств измерений параметров лазерного излучения

***А.А.Либерман**, д.т.н., нач. лаборатории ФГУП «ВНИИОФИ», Москва,*
***С.А.Москалюк**, к.т.н., научн. сотр. ФГУП «ВНИИОФИ»,*
***М.В.Улановский**, д.т.н., нач. отделения ФГУП «ВНИИОФИ»*

В последние несколько десятилетий наблюдается устойчивая тенденция расширения использования лазеров, лазерных устройств и установок практически во всех отраслях народного хозяйства, обороны, при выполнении научных исследований, в медицине и пр. Ежегодно публикуемые сведения о продаже лазеров и лазерных устройств свидетельствуют о том, что интерес к этим источникам высококогерентного излучения во всех развитых странах постоянно растёт, поскольку наряду с расширением областей применения лазеров совершенствуется технология их изготовления и неуклонно повышается качество элементов и изделий в целом.

К числу физических величин и параметров, по которым сертифицируются лазеры, относятся в первую очередь мощность и энергия лазерного излучения, измеряемые ватт- и джоульметрами, а также совокупность параметров, характеризующих качество пучка. По мере совершенствования лазерной техники, расширения динамического, спектрального и временного диапазонов, в пределах которых приходится измерять мощность и энергию излучения, увеличились номенклатура и количество выпускаемых десятками фирм лазерных ватт- и джоульметров.

В промышленности ватт- и джоульметры обязательно входят в состав оборудования, предназначенного для сварки, резки (раскроя) материала, поверхностного упрочнения, лазерной маркировки и неразрушающего контроля материалов и готовых изделий. Несоответствие параметров режимов сварки и резки материалов указанным в технологическом процессе приводит к появлению брака. Контроль за соблюдением режима обработки особенно важен в авиационной, судостроительной, автомобильной и электронной промышленностях.

В медицине ватт- и джоульметры используются в составе терапевтического, хирургического, офтальмологического и дерматологического оборудования в качестве дозаторов, измерителей мощности и плотности мощности лазерного излучения. Передозировка, в силу неполной ясности о воздействии когерентного излучения на живой организм, может привести к побочным заболеваниям, в том числе онкологическим. Без

В номере:

- **О действующем порядке поверки средств измерений параметров лазерного излучения** *А.А.Либерман и др.*
- **Преобразователи частоты лазерного излучения на основе кристаллов с регулярной доменной структурой, разработанные ООО «Лабфер»** *И.С.Батурин, В.Я.Шур*
- **Как мы пережили кризис 2008 года (ОКБ «Булат»)** *Ю.И.Рогальский*
- **Итоги выборов нового состава Коллегии национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям**
- ***ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ***

ственный первичный эталон единицы средней мощности лазерного излучения (ГПЭ СМ), который хранится во *ФГУП «ВНИИОФИ»*. Его упрощенная структурная схема приведена на ***рис.2***.

Эталон воспроизводит единицу средней мощности лазерного излучения в диапазоне от $5\cdot10^{-3}$ до 2,0 Вт на длинах волн 0,532; 1,064 и 10,6 мкм. Стандартная неопределенность:

- *оцениваемая по типу А……..1,3·10^{-4};*
- *оцениваемая по типу В……1,0·10^{-4};*
- *суммарная стандартная неопределенность.1,6·10^{-4};*
- *расширенная неопределенность……..1,0·10^{-3}.*

Оценка случайной составляющей погрешности воспроизведения единицы средней мощности выражена средним квадратическим отклонением результата измерений и не превышает $3\cdot10^{-4}$. Оценка неисключенной систематической составляющей погрешности воспроизведения единицы средней мощности не превышает $4\cdot10^{-4}$.

ГПЭ СМ в декабре 2009 года участвовал в двусторонних сличениях в *PTB* (метрологическом центре Германии). В настоящее время заканчивается оформление результатов сличений, и в этом году информация о сличениях будет размещена на сайте Интернационального бюро мер и весов *BIPM*.

Вторичные эталоны дислоцированы во *ФГУП «ВНИИОФИ»* (Москва), в *Сибирском институте метрологии* (Новосибирск) и в *32-м ГНИИИ МО РФ*. Рабочие разрядные эталоны дислоцируются в *ФГУ «Ростест»* (Москва), в *Центре метрологии и стандартизации* (Саратов). По вопросам проведения поверки и калибровки средств измерений мощности и энергии лазерного излучения можно обращаться в указанные организации. Для военных существует своя система центров поверки.

В феврале 2011 года были проведены испытания с целью утверждения типа средств измерений мощности и энергии лазерного излучения фирмы *«Ophir»* (Израиль). Перечень этих средств приведен в ***табл.1***.

В настоящее время проводится работа по внесению этих средств измерений в Государственный реестр России. Работа должна быть закончена не позднее ноября 2011г., с этого момента эти средства измерений должны поверяться на российских эталонах и на них должны выдаваться российские сертификаты о поверке. Срок действия сертификата о поверке – 12 месяцев.

Для проведения поверки прибора его обладатель должен:

- направить гарантийное письмо в адрес организации-поверителя;
- по получении этого письма организация-поверитель выставляет счёт за проведение поверки (стоимость поверки рабочих средств измерений колеблется в пределах от 10 тыс. руб. до 16 тыс. руб., включая НДС);
- обладатель прибора должен оплатить этот счёт, после чего доставить прибор для проведения поверки (прибор может быть направлен почтой) в организацию-поверитель. Если прибор исправен, время его поверки составляет 3-5 рабочих дней;

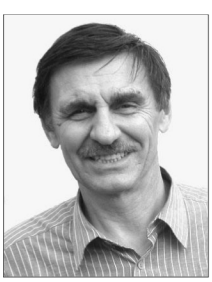
После окончания поверки обладателю прибора выдается сам прибор и свидетельство о поверке.

Свидетельства о поверке выдаются только на средства измерений, находящиеся в Государственном реестре. На территории России действуют свидетельства только Российского образца.

КОЛЛЕКТИВНЫЕ ЧЛЕНЫ ЛАС

Преобразователи частоты лазерного излучения на основе кристаллов с регулярной доменной структурой, разработанные ООО «Лабфер»

В.Я.Шур, *д.ф.-м.н., профессор, ген. директор ООО «Лабфер»,*
И.С.Батурин, *к.ф.-м.н., ст. научн. сотр. ООО «Лабфер», Екатеринбург*



Член ЛАС с февраля 2009 года, компания ООО «Лабфер» занимается разработкой и производством нелинейно-оптических преобразователей длины волны лазерного излучения на основе кристаллов с регулярной доменной структурой («РДС-кристаллов»).

Преобразование длины волны позволяет расширить диапазон доступных длин волн лазерного излучения. Среди областей применения лазеров с преобразованием длины волны – проекционная техника, лазерная локация, зондирование атмосферы, медицинская диагностика и хирургия, прецизионная маркировка и обработка различных материалов, спектроскопия и разнообразные научные применения.

Для эффективного преобра-

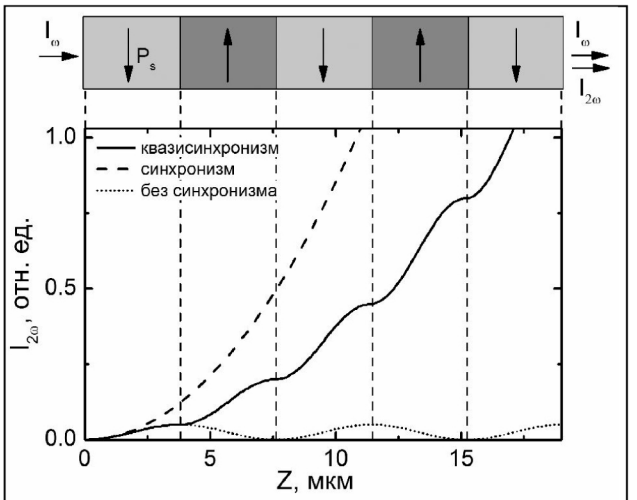


Рис.1 *Изменение интенсивности излучения второй гармоники $I_{2\square}$ при различных режимах синхронизма с одинаковым значением эффективного нелинейно-оптического коэффициента d_{eff}.*
Для режима фазового квазисинхронизма схематично показана доменная структура.

зования необходимо выполнять условие фазового синхронизма – обеспечить равенство фазовых скоростей накачки и преобразованного излучения. Традиционным решением является использование двух ортогонально поляризованных оптических волн, сдвиг фаз между которыми компенсируется за счет двулучепреломления. Невысокие значения нелинейно-оптических коэффициентов и наличие углового апертурного эффекта приводят к низкой эффективности преобразования и ухудшению качества пучка в этой схеме.

Альтернативным способом является фазовый «квазисинхронизм» с периодической модуляцией знака нелинейной восприимчивости (***рис.1***).При этом волновой вектор периодической структуры подбирается таким образом, чтобы скомпенсировать разницу волновых векторов взаимодействующих волн. Эффект был теоретически рассмотрен в начале 1960-х в классической работе *Дж. Армстронга* и *Н.Бломбергена* с соавторами, но практическое применение получил только в середине 1990-х.

Для реализации фазового квазисинхронизма применяются нелинейно-оптические сегнетоэлектрические кристаллы с регулярной доменной структурой («домены» представляют собой области сегнетоэлектрика с однородным направлением спонтанной поляризованности). Локальное изменение направления спонтанной поляризованности в электрическом поле используется для создания РДС с заданными геометрическими параметрами. Фазовый квазисинхронизм позволяет осуществлять эффективное взаимодействие волн, поляризованных вдоль оптической оси кристалла, использовать максимальное значение нелинейно-оптического коэффициента (d_{33}) и избегать углового апертурного эффекта. Кроме того, можно обеспечить синхронизм для различных нелинейно-оптических процессов в кристаллах одного типа при выбранной рабочей температуре, а также создавать каскадные преобразователи на одном кристалле. Наиболее популярными материалами среди РДС-кристаллов являются монокристаллы семейств ниобата лития (LN) и танталата лития (LT), а также титанилфосфата калия (KTP).

Кристаллы LN и LT производятся в больших объемах и имеют высокие значения нелинейно-оптических коэффициентов (d_{33}(1064 нм)>20 пм/В) и невысокую стоимость, а легирование их 5% MgO существенно увеличивает порог оптического повреждения в сине-зеленой области спектра, что позволяет генерировать зеленое изучение со средней мощностью до 10-15 Вт.

Наиболее распространенные сегодня применения РДС-кристаллов: а) генерация второй гармоники в сине-зеленом диапазоне, б) параметрическая генерация в среднем ИК диапазоне, в) генерация разностных частот и г) генерация и детектирование ТГц-излучения. Источниками накачки служат твердотельные, диодные или волоконные лазеры с узкой спектральной шириной и линейной поляризацией излучения. Период доменной структуры для генерации второй гармоники ИК излучения должен составлять от 4 до 20 мкм, а для оптической параметрической генерации – от 15 до 30 мкм, при этом для эффективного преобразования неоднородность периода по кристаллу не должна превышать 10-20 нм. Доменную структуру обычно создают приложением неоднородного электрического поля с помощью системы электродов, изготовленной методами фотолитографии.

Сотрудниками *ООО «Лабфер»* разработана и запатентована оригинальная технология создания с нанометровой точностью доменной структуры в легированных MgO монокристал-

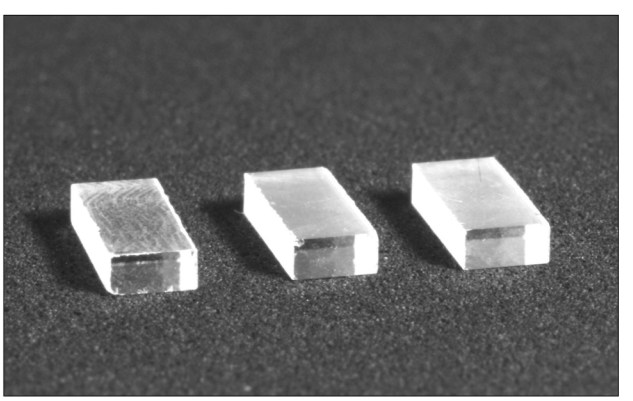


Рис.2 *Образцы преобразователей длины волны лазерного излучения на основе кристаллов легированного MgO ниобата лития с РДС.*

лах LN и LT, которая позволяет производить недорогие высокоэффективные преобразователи длины волны лазерного излучения (***рис.2***). *«Лабфер»* является единственным в России производителем такой продукции. Изготовленные из таких LN и LT нелинейные оптические элементы обеспечивают эффективность преобразования более 60% при размещении их вне резонатора, средняя выходная мощность для такого элемента может достигать 10-15 Ватт, что позволяет создавать лазеры с рекордными энергетическими и массогабаритными параметрами. Особый интерес представляет преобразование излучения волоконных лазеров, производство и применение которых в России и в мире в последние годы неуклонно растет.

Среди перспективных разработок *ООО «Лабфер»:* а) кристаллы с субмикронной доменной структурой, б) преобразователи для синей области спектра, в) преобразователи на основе стехиометрического LT, легированного MgO, для устройств с высокой выходной мощностью и для генерации третьей гармоники излучения Nd:YAG- и волоконных лазеров.

В *ООО «Лабфер»* накоплен богатый опыт научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, уникальные достижения учредителя и сотрудников компании в создании нанодоменных структур открывают возможности для разработки и внедрения качественно новых устройств функциональной электроники.

ООО«ЛАБФЕР»
620014, г. Екатеринбург, ул. 8 марта, 2-22
Тел./Факс: (343) 2617436
E-mail:shur@labfer.com
www.labfer.com

* * *

Как мы пережили кризис 2008 года

***Ю.И.Рогальский**, ген. директор ООО «ОКБ «Булат», Москва*

ООО «ОКБ «Булат» было основано в начале 90-х годов. Основой коллектива стали сотрудники отдела лазерной техники *НИИ «Зенит»,* который стал отправной точкой и для ряда других современных компаний, связавших свою деятельность с лазерной техникой.

Большой опыт работы, солидный багаж знаний и инициатива позволили немногочисленному коллективу *«Булата»* найти свое место на рынке компонентов твердотельных лазеров. В начале 80-х годов в СССР производилось большое количество лазерных установок для различных отраслей промышленности. Объём производства оборудования на основе только твердотельных лазеров был сравним с объёмом аналогичного производства ведущих промышленных стран при весьма достойном уровне качества выпускаемой продукции. Широко известные установки лазерной сварки типа «КВАНТ 15» имелись на большинстве предприятий электронной, атомной, автомобильной и др. отраслей промышленности и выпускались сотнями штук в год. То же можно было сказать о лазерных установках производства *ЗВИ* и *НПО «Ротор»*.

Начавшаяся перестройка и последующие годы существенно изменили прежнюю расстановку сил. Ряд предприятий, которые казались по тем временам гигантами – такие как *ЗВИ, НПО «Ротор», УРЛЗ* – без государственного финансирования оказались на грани выживания. Крупные предприятия не были готовы к новым условиям существования. Небольшой фирме легче маневрировать, и мы выжили, постепенно перейдя с изготовления компонентов на более высокий уровень интеграции – поставку лазеров как изделий для медицины и промышленности. Нашими клиентами стали такие крупные предприятия, как *АВТОВАЗ, «МоторСич», «Севмаш»* и др. Появились первые зарубежные контракты. В течение несколько лет нами осуществлялись поставки лазеров для южнокорейской фирмы *«WonderLaser»,* в то время активно работавшей с рядом российских предприятий. Наши лазеры стали основой для серии медицинских и косметологических установок, выпускаемых этой фирмой.

Работа с *«WonderLaser»* дала нам первый опыт внешнеэкономической деятельности и вообще – поставок за рубеж. Этот опыт пригодился при новом сотрудничестве, организованном с нашим немецким партнером – фирмой *«OR Lasertechnologie».* Работу с ней мы начали в конце 90-х годов с разработки и поставки оборудования для лазерной наплавки и ремонта пресс-форм и штамповой оснастки. В короткий срок нами были разработаны две базовые установки серий LRS и HTS на основе импульсных твердотельных Nd:YAG-лазеров, работающих в режиме свободной генерации. По энергетическим характеристикам эти установки представляли продвинутый вариант широко известных «КВАНТ-15», выполненный на новом конструктивном и технологическом уровне.