ЛИНЕЙКА ОЕМ-ДРАЙВЕРОВ ПИТАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ

А.Р.Гайосо де лос Сантос, З.С.Павлова, А.О.Темников, А.В.Федоров, ООО ФЕДАЛ, Санкт-Петербург

Российский лазерный рынок достаточно серьезно отличается от международного. Позиции лазеров для научных исследований и вооружений куда серьезнее. Рассмотрен опыт выхода отечественной продукции на международный лазерный рынок.

Согласно исследовательскому отчету, опубликованному MarketsandMarkets, общая доля рынка лазерных диодов ожидается на уровне 11,94 млрд. долларов USD к 2020 году, со средним годовым темпом роста около 13,0% в период между 2015 и 2020 годами. Отмечается расширение сферы применения лазерных диодов в таких сферах, как передача данных и оптические запоминающие устройства, промышленность, медицина, военная и оборонная отрасли, приборостроение и других.

Сложившаяся тенденция на рынке обусловливает необходимость обеспечения потребностей, в первую очередь, производителей лазерных систем, а не научных лабораторий. Диаграмма Laser Focus World 2011, в которой лазеры разбиты по применениям, отдает рынку научных исследований и разработок только 5% общего рынка лазерного оборудования. Обновленный отчет журнала за 2015 год не дает процентного соотношения, но мы видим приблизительно то же соотношение (рис.1). Безусловно, доля научных исследований и военно-промышленного комплекса (ВПК) выросла по сравнению с 2011 годом, но это происходит не за счет изменения тенденций рынка, а за счет появления нескольких крупных оборонных проектов, таких как Common Infrared Countermeasure (CIRCM) program, в котором принимает участие компания Northrop Grumman.

Надо отметить, что российский рынок достаточно серьезно отличается от международного. Позиции лазеров для научных исследований и вооружений здесь куда серьезнее. При выходе на международный рынок компания ФЕДАЛ столкнулась с этими различиями. В результате перед компанией возникла первоочередная задача: необходимость компактного встраиваемого решения для

RANGE OF OEM DRIVERS FOR LASER DIODE POWER SUPPLY

A.R.Gayoso de los Santos, Z.S.Pavlova, A.O.Temnikov, A.V.Fedorov, FEDAL Ltd, St. Petersburg

Russian laser market is very different from the international market. The positions of lasers for scientific research and arms are much more serious. The experience of the laser product exit to the international market is described.

According to the research report published by MarketsandMarkets, the total market share of laser diodes is expected to be 11.94 billion US dollars by 2020, with the mean annual growth rate of about 13.0% during the period between 2015 and 2020. The increase of application scope of laser diodes in such areas as data communication and optical storage devices, industry, medicine, military and defense application scopes, instrument engineering etc. has been noted.

The current market trend stipulates the necessity to meet the needs of laser system manufacturers, first of all, and not the needs of scientific laboratories. The diagram Laser Focus World 2011, in which the lasers are divided by their application scopes, supplies only 5% of the total market of laser equipment to the market of research and development. Updated report of the magazine for 2015 does not give the percentage but we see approximately analogous ratio (Fig.1). Undoubtedly, the share of research and military industrial sector has grown in comparison with 2011 but it takes place not at the expense of change of market trends but at the expense of occurrence of several major defense projects, such as Common Infrared Countermeasure (CIRCM) program, in which Northrop Grumman company participates.

It should be noted that the Russian market is quite different than the international market. Laser positions for research and armament areas are more serious. When entering the international market, FEDAL faced these differences. It caused the company to set the primary task: necessity of compact built-in

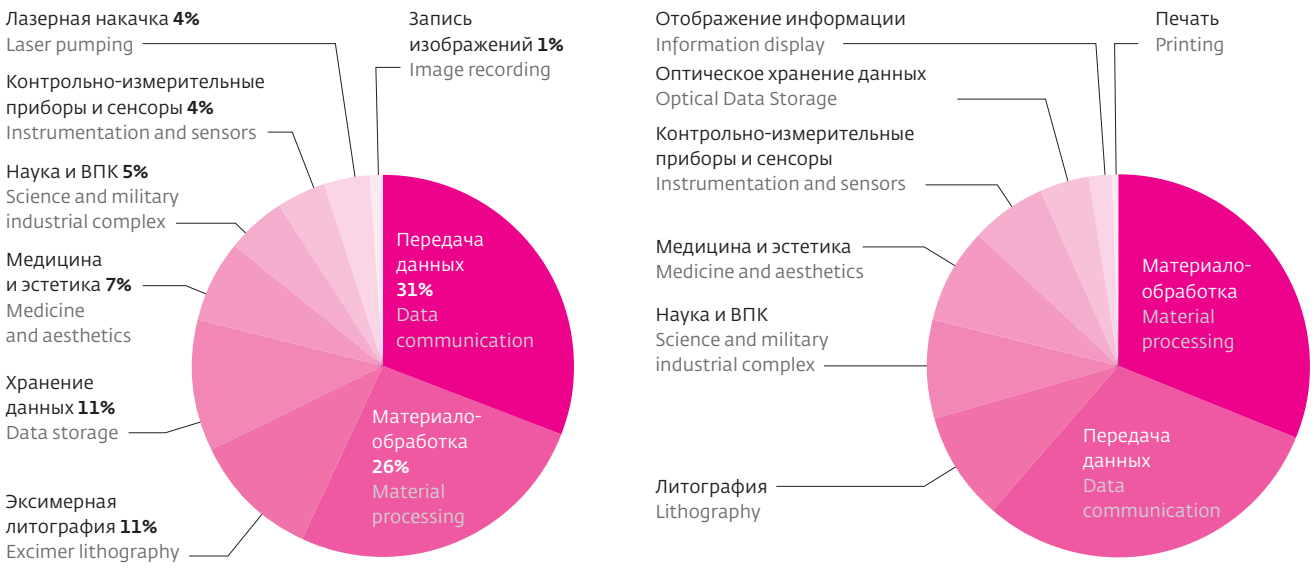

Рис.1. *Диаграмма сегментов лазерного рынка за 2011 (а) и 2015 (б) годы*
Fig. 1. *Diagrams of Laser Market Segments in 2011 (a) and 2015(b)*

рынка производителей твердотельных лазерных систем для промышленности, медицины и бортовых применений. Основными предъявляемыми требованиями к диодным драйверам помимо компактности являются простота интеграции, надежность и высокий КПД.

Повышенные требования к компактности и надежности потребовали перехода к современным схемотехническим решениям с частотами преобразований от 0,5 до 2 МГц. Это позволило уменьшить габариты фильтрующих элементов и применить новые подходы в алгоритмах управления драйверами.

Также за счет применения многослойных печатных плат удалось существенно увеличить плотность компоновки и уменьшить паразитные взаимовлияния элементов схемы, что способствовало повышению стабильности в работе изделия и оптимизации теплового режима работы за счет равномерного распределения тепла по всему объему изделия. При проектировании линейки диодных драйверов был применен тепловой расчет изделия для получения оптимального отвода тепла (рис.2). Это решение принципиально важно для изделий с высокой плотностью мощности.

Применение алюминиевого основания для отвода тепла позволяет легко осуществить монтаж драйвера на радиатор с воздушным охлаждением, плиту водяного охлаждения или на стенку тепло-

solution for the market of manufacturers of solid-state laser systems for industry, medicine and aircraft-borne applications. Besides compactness, the main specified requirements to the diode drivers include integration simplicity, reliability and high efficiency coefficient.

High requirements to compactness and reliability caused the transition to up-to-date circuit solutions with the switching frequencies of 0.5 to 2 MHz. It allowed decreasing the dimensions of filter elements and applying the new approaches in the algorithms of driver control.

Also, at the expense of multilayer printed circuit boards (PCB) use, the significant increase of assembly density and decrease of parasitic influence were achieved, and it favored the increase of product operation stability and optimization of thermal operation conditions due to the uniform heat distribution over the product volume. When designing the range of diode drivers, the product thermal calculation was performed in order to obtain the optimal heat removal (Fig.2). This solution is essential for the products with high power density.

The use of aluminum base for heat removal allows easy installation of the driver in air-cooled heater, water-cooled plate or wall of heat-capacious product frame providing the stable and reliable heat removal.

Технические характеристики линейки драйверов SF60xx
Technical Specifications of SF60xx Drivers

Parametr Parametr	**SF6015** В продаже Active and preferred	**SF6045** В продаже Active and preferred	**SF6070** Скоро в продаже Coming soon	**SF6100** В продаже Active and preferred	**SF6035** В продаже Active and preferred
Режим Mode	Импульсный QCW, Pulse	Импульсный QCW, Pulse	Непрерывный CW	Непрерывный CW	Непрерывный CW
Частота следования импульсов, Гц Pulse rate* (F), Hz	1–1 000	1–1 000	–	–	–
Рабочее напряжение на диодах, В LD drop * (V), V	0–10 (0–20 on request)	0–10 (0–25 on request)	0–10	0–40	0–7
Диапазон регулировки тока накачки, А Output curren* (I), A	1–200	1–300	1–70	1–20	1–30
Диапазон регулировки длительности импульсов, мкс Pulse duration* (τ), μs	50–5 000	50–5 000	–	–	–
Длительность фронта импульса тока накачки, мкс Rise time, μs	<30	<30	–	<500	<1 000
Длительность среза импульса тока накачки, мкс Fall time, μs	<15	<15	–	<15	<15
Точность стабилизации тока накачки, % Current stability, %	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Точность установка тока накачки, % Current set accuracy, %	1	1	1	1	1
Средний выходной ток, А Max average current* (I_{avg}), A	5	15	–	–	–
Расчет предельных значений параметров * Values are limited by average power	$F \cdot I \cdot \tau \le I_{avg}$	$F \cdot I \cdot \tau \le I_{avg}$	–	–	–
Управление Control	digital RS–232	digital RS–232	analog, digital RS–232	analog, digital RS–232	analog, digital RS–232
Габариты, мм Dimension, mm	61 × 58 × 40 ÷ 60 half–brick	61 × 116,8 × 40 ÷ 60 full–brick	61 × 116,8 × 30 full–brick	61 × 58 × 30 half–brick	37 × 58 × 30 quarter–brick
Особенности Features	• удаленное включение, • вход синхронизации, • внешняя блокировка, • защита по току, • защита по температуре • remote enable • trigger input • interlock • over current protection • over temperature protection		• удаленное включение, • аналоговое и цифровое управление, • внешняя блокировка, • защита по току, • защита по температуре, • мягкий пуск, • дополнительные выходы питания (±15 В и +5 В) • remote enable • analogue and digital interface • interlock • over current protection • over temperature protection • soft start • auxiliary voltage outputs (±15 V и ±5 V)		

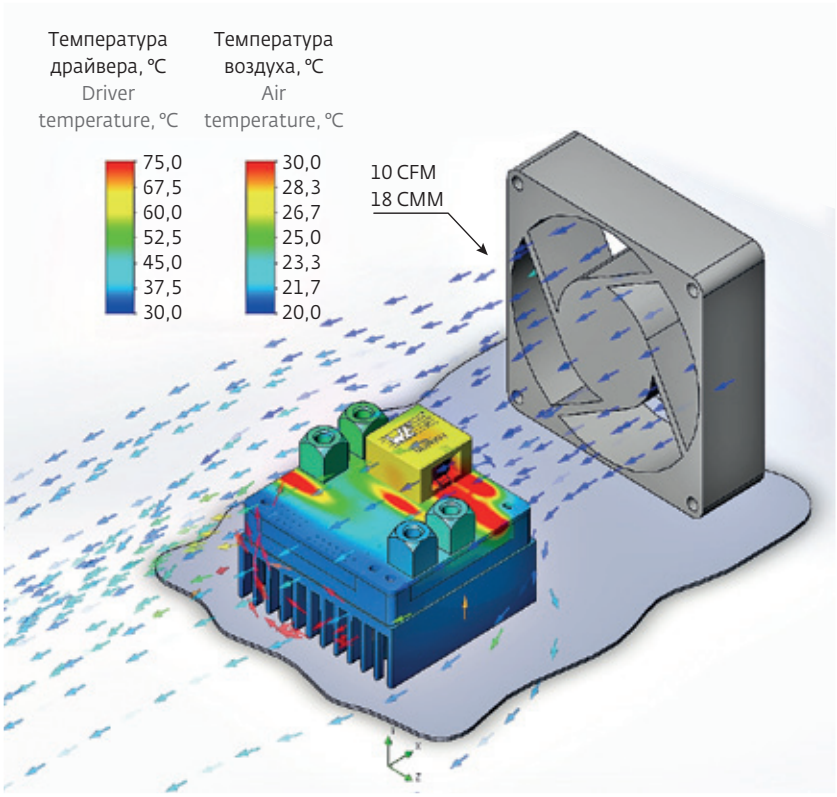

Рис.2. *Тепловая модель драйвера*
Fig. 2. *Termal driver model*

емкого корпуса изделия, обеспечив стабильный и надежный теплосъем.

В линейку драйверов (см. таблицу) входят импульсные (QCW, Pulse) (SF6015, SF6045) и непрерывные модели (CW) (SF6035, SF6070, SF6100) (рис.3).

При разработке импульсных (QCW) драйверов использовался принцип частичного разряда емкостного накопителя энергии, хорошо зарекомендовавший себя в источниках питания серии SF3XX. Использование этого принципа для питания лазерных диодов подробнее описано в статье А.Р.Гайоса и других*.

Рынок непрерывных (CW) драйверов был новым для компании, поэтому при разработке непрерывных драйверов учитывались потребности контрольной группы заказчиков, в результате чего были предложены решения для повышения унификации. Драйвер обладает как аналоговым, так и цифровым управлением и поддерживает про-

* Гайосо де лос Сантос А.Р., Павлова З.С., Темников А.О., Федоров А.В. Источники питания твердотельных лазеров с диодной накачкой. – Фотоника, 2013, № 1 (37).

The driver range (see table) includes pulse (QCW, Pulse) (SF6015, SF6045) and continuous models (CW) (SF6035, SF6070, SF6100) (Fig.3).

When developing the pulse (QCW) drivers, the principle of partial discharge of the capacitive energy storage device was used; this method has proved itself in the power sources of SF3XX series. Use of this principle for the power supply of laser diodes is described in detail in the article "Power Sources of Solid-State Diode-Pumped Lasers", Photonics 1 (37) 2003.

Market of continuous (CW) drivers was new for the company, and therefore when developing the continuous drivers the needs of control group of customers were taken into account; as a result, the solutions concerning the unification increase were offered. The driver has analogous and digital control and supports the protocol of instruction exchange RS232 in two formats (hexadecimal and text). In the earliest possible timeframe, the company plans to develop SDK library. Delivery package contains the program developed in LabVIEW environment. The driver allows using wide input range.

The technological solutions of the company allowed achieving the high power density – 9 W per cubic centimeter. The drivers provide safe and durable operation of laser diode. Current ripples do not exceed 0.2% which prevents the untimely degradation of heterostructures of laser diodes. High accuracy of current setting allows correct selection of laser system operation conditions. Soft start, which provides the guaranteed absence of overshooting and low dI/dt (Fig.4), is implemented in the lasers. Selected speed of current buildup excludes the local overheating inside the crystal of laser diode, which considerably prolongs their service life and radiation stability.

A number of build-in protection devices, which ensure the safety of LD, is implemented in

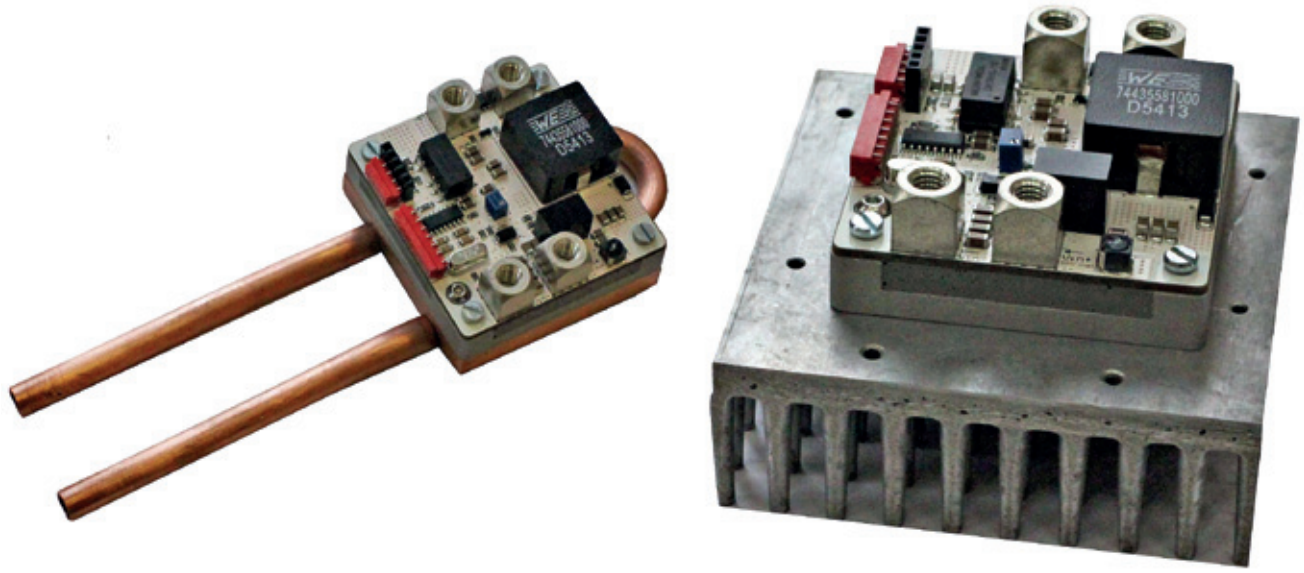

Рис.3. *Линейка драйверов SF60xx на водяном и воздушном охлаждении*
Fig. 3. *Diode drivers array of SF60xx with air and water cooling*

токол обмена командами RS232 в двух форматах (шестнадцатеричном и текстовом). В ближайшее время компания планирует разработать библиотеку SDK. В комплекте поставки предоставляется программа, разработанная в среде LabVIEW. Драйвер позволяет использовать широкий диапазон входных напряжений.

Собственные технологические решения позволили добиться высокой плотности мощности – 9 Вт на 1 кубический сантиметр. Драйверы обеспечивают безопасную и долговечную работу лазерного диода. Пульсации тока не превышают 0,2%, что предотвращает преждевременную деградацию гетероструктур лазерных диодов. Высокая точность установки тока позволяет правильно подобрать режим работы лазерной системы. В драйверах реализован мягкий запуск, который обеспечивает гарантированное отсутствие перерегулирования и малый dI/dt (рис.4). Выбранная скорость нарастания тока исключает локальный перегрев внутри кристалла лазерного диода, что существенно продлевает их срок службы и стабильность излучения.

В драйверах реализован ряд встроенных защит, обеспечивающих безопасность ЛД. Обратный диод (reverse diode) защищает нагрузку от возникновения обратного тока и исключает возникновение обратного напряжения на выходе драйвера. Встроенная защита по току (over current protection) обеспечивает безопасную работу ЛД в допустимой для

the drivers. Reverse diode protects the load from the occurrence of reverse current and excludes the occurrence of reverse voltage in the driver output. Built-in over current protection device ensures the safe operation of LD within the

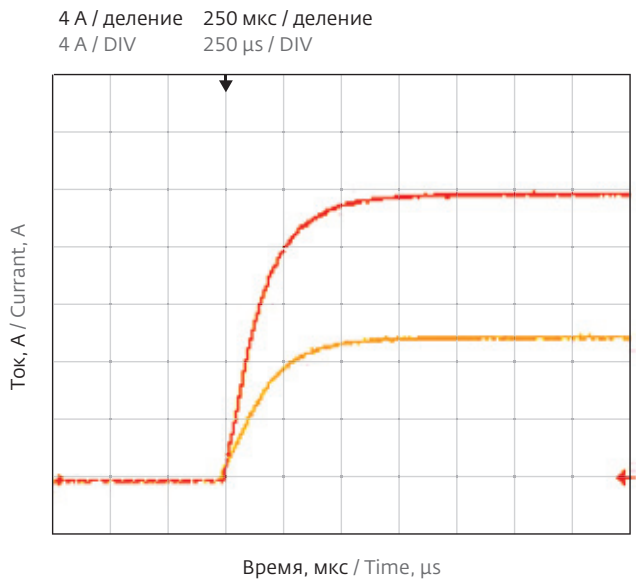

Рис.4. *Переходные процессы при запуске (мягкий запуск)*
Fig. 4. *Typical start up sequence (Soft start)*

него области токов. При срабатывании защиты по току генерация прекращается, а выходные клеммы шунтируются. Защитное шунтирование выходных клемм позволяет обезопасить нагрузку даже в случае выхода из строя компонентов драйвера. Двухпороговая защита по температуре позволяет защитить схемы драйвера от выхода из строя при недостаточном охлаждении. При достижении первого температурного порога подается сигнал и выставляется флаг, предупреждающий о наличии перегрева. При достижении температурой второго порога срабатывает защита и драйвер отключается.

В результате проведенных работ компания ФЕДАЛ подготовила к выводу на рынок полноценную линейку OEM-драйверов питания лазерных диодов. Линейка была впервые презентована европейским дистрибьютором RedWave Labs на выставке Laser world of photonics 2015. На данный момент реализованы пробные поставки. Драйверы линейки SF6XXX могут найти широкое применение в лазерных комплексах по материалообработке (маркировка, резка, сварка, прошивка отверстий, пайка), медицинском оборудовании, измерительных приборах (дальномерах, лидарах, спектрометрах). ■

permissible current range. In case of actuation of over current protection device, the generation is ceased and output terminals are bypassed. Crowbar clamp allows securing the load even in case of the failure of driver components. Bi-threshold temperature protection device allows protecting the driver circuit from failure in case of insufficient cooling. When reaching the first temperature threshold, the signal is given and the flag warning about overheating is supplied. When reaching the second temperature threshold, the protection device is actuated and the driver is turned off.

As a result of performed operations, FEDAL has prepared the valid range of OEM drivers of laser diode power supply for the market launch. For the first time, the range was represented by European distributor – RedWave Labs at the exhibition Laser World of Photonics 2015. At the present moment, test deliveries are being performed. The drivers of SF6XXX series can become widely used in the laser complexes for material processing (marking, cutting, welding, piercing, soldering), medical equipment, measurement devices (range finders, lidars, spectrometers). ■