

НАУЧНЫЙ ПРИБОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВЕРХБЫСТРЫХ ЯВЛЕНИЙ В
ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Н. КЕМПЕ, Х. ЭНДЕРТ

Центр Научного приборостроения АН ГДР

1199 Берлин, ГДР

Представляется разрабатываемая в ЦНП АН ГДР модульная система узлов и приборов, позволяющая компоновку разнообразных измерительных комплексов для исследования процессов в пикосекундном временном диапазоне.

Введение

Большое разнообразие задач и возможностей применения перестраиваемых пико- и субпикосекундных лазерных импульсов с одной стороны, и довольно высокая сложность соответствующих установок, требующих, как правило, специалистов-физиков для работы с ними, с другой стороны, побудили нас к созданию приборного комплекса, позволяющего компоновку измерительных установок в зависимости от задач и с высокой степенью автоконтроля и автоматизации проведения эксперимента, включая обработку данных, средствами современной микроэлектроники. Разрабатываемая в ЦНП пикосекундная модульная система (ПМС) позволяет создание контролируемых последовательностей лазерных импульсов в диапазоне 0,7 - 15 пс, перестраиваемых в области 380 - 900 нм (а также вторую гармонику от них до 240 нм) с энергиями от пДж до мДж в импульсе и с частотами повторений, как в области-десятков Гц, так и сотен МГц. Кроме того, система ПМС включает в себя элементы манипуляции луча (селекторы, линии задержки и т.д.), а также целый ряд контрольных и измерительных приемных устройств для работы с быстрыми оптическими сигналами. Одной из существенных и качественно новых особенностей системы является широкое применение современной "интеллектуальной" микроэлектроники как для управления отдельными блоками и узлами, так и всем компонуемым измерительным комплексом в целом.

Источник импульсов

ПМС предлагает разные конфигурации. Рассмотрим более подробно два базовых варианта.

Автоматизированный источник на основе струйного лазера на красителях

Этот представленный на рис. 1 комплекс для получения пикосекундных лазерных импульсов в диапазоне 540 - 750 нм (4 красителя) использует струйный лазер FSL 101 с системой прокачки красителя LVE 100, накачиваемый аргоновым лазером ILA 120 (Карл Цейсс), который в свою очередь модулируется акусто-оптическим модулятором AOM 100, запускаемым электрическим кварцевым генератором EAOM 100. Импульсы накачки контролируются специальным узлом MKE 100, а получаемые пикосекундные импульсы - сканирующим коррелятором KRL 100. Основные параметры отдельных узлов следующие:

ILA 120: выходная мощность по всем линиям - не менее 4 Вт, селективно 514,5 нм более 1,2 Вт, 488 нм более 1,3 Вт, длина резонатора 1200 мм.

FSL 101: коэффициент преобразования лучше 20% в максимуме при R_h 6Ж и накачке на 514 нм не менее 1 Вт (непрерывный режим), ширина линии не более 0,25 нм, поляризация E горизонтальная, диаметр луча 1,3 мм, дивергенция лучше 1,5 мрад, режимы работы: непрерывный, импульсный (пассивная или активная синхронизация мод), длина резонатора 600±2 мм.

- LVE 100: давление в системе 100 - 300 кПа, средняя скорость в струе 4 - 10 м/сек, объем жидкости (краситель в растворе) около 1 л, охлаждение водяное.
- AOM 100: оптические потери менее 5%, длительность импульсов менее 150 пс, частота повторения 125 МГц.
- EAOM 100: электрическая выходная мощность на 50 Ом не менее 5 Вт, стабильность частоты: 10 мин 10^{-7} , 10 час 10^{-6} .
- KRL 101: диапазон сканирования 30 пс, разрешение 30 фс, линейность по оси времени 2%, частота сканирования 20 Гц.

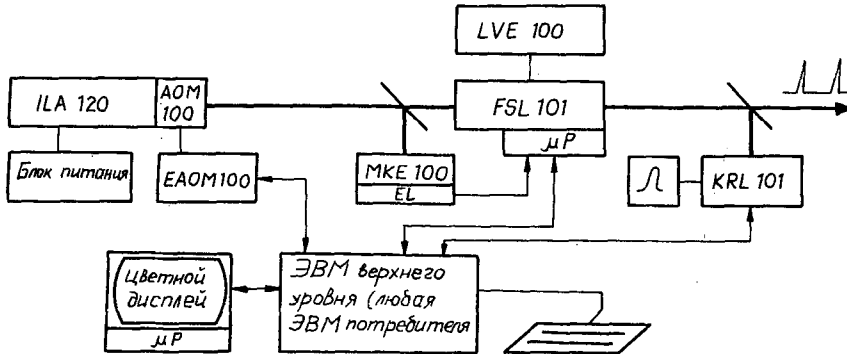


Рис. 1 Автоматизированный источник пикосекундных импульсов на базе струйного лазера

На примере прибора FSL 101 (рис. 2) рассмотрим принцип построения мультимикропроцессорной системы. При его разработке были поставлены следующие задачи:

- лазерный тандем не должен требовать специальной квалификации в управлении,
- лазерная система должна гарантировать как непрерывный режим с высоким коэффициентом полезного действия для различнейших применений, в том числе, и для спектроскопии высокого разрешения, так и непрерывно-импульсный режим с пассивной синхронизацией мод или с синхронной накачкой от модулированного лазера,
- максимально возможная пригодность для спектроскопии, т.е. стабильность выходных параметров (направление луча, выбранная длина волны, энергия и длительность импульсов).

Нижеописываемая система полностью решает эти задачи. Выбрана классическая резонаторная система Когельника. При этом фокусирующее и поворотное зеркала жестко закреплены в головке. Их юстировка производится в процессе монтажа с помощью специальных юстировочных прецизионных колец. Сопло имеет три степени свободы и может быть установлено оптимально без дежурки резонатора. Выходное зеркало и призма завода луча лазера накачки могут очень точно перемещаться без качаний и независимо поворачиваться вокруг двух взаимноперпендикулярных осей. Зеркало имеет три, а призма две степени свободы. Используемые здесь пьезотрансляторы позволяют перемещения на несколько нанометров (100 В на 1 мк). Два полупроводниковых сенсора S_1 и S_2 контролируют мощность излучения лазера накачки и лазера на красителях. Соответственно две замкнутые петли регулировки в цикле системы реального времени (200 мсек) подстраивают лазер на максимум излучения, при этом контролируется также качество струи с помощью сенсорной линейки с переносом заряда S_3 , управляемого собственным однокристалльным микропроцессором, и температура активной среды сенсором S_4 . Перестройка по длине волны производится одно- или двухступенчатый фильтром Лию, привод которого осуществляется электромотором. Специальный полупроводниковый сенсор S_5 контролирует длину волны. Поддержание ее с точностью долей ангст-

рема также осуществляется в замкнутой петле регулировки. Все регулировочные петли цифровые, через микропроцессор. При этом вся управляющая микроэлектроника встроена в корпус лазера, так что наружу выводится лишь сетевой шнур и два штеккера последовательного стандартного интерфейса, один для соединения с системной ЭВМ верхнего уровня, другой - для возможного подключения какого-либо прибора ПМС.

По той же самой схеме разрабатываются и другие узлы и приборы ПМС, например, приемные устройства, измерительные корреляторы и т.д. При этом они компонуются в систему для эксперимента, управляемую любой современной миниЭВМ потребителя, имеющей набор стандартных последовательных интерфейсов. Строго иерархический принцип соединения микропроцессоров и ЭВМ по принципу "ведомый-ведущий" позволяет четкое разделение обязанностей: ЭВМ верхнего уровня управляет комплексом в целом, осуществляет диалог с потребителем и обрабатывает данные, микропроцессорные блоки в отдельных узлах контролируют порученные им приборы, причем вызов и командование ими возможно лишь через управляющую ЭВМ. Тем самым достигается большая гибкость всей системы. Благодаря этому, а также потому, что во всех микропроцессорных блоках используется единая модулярная операционная система реального времени, в ПМС подготовлены условия для создания совместно со специалистами-потребителями экспертных систем.

Автоматизированный источник на основе РОС-лазера

Потребителям, желающим иметь более мощные импульсы и более широкий диапазон (380-900 нм) предлагается такой вариант (рис. 3).

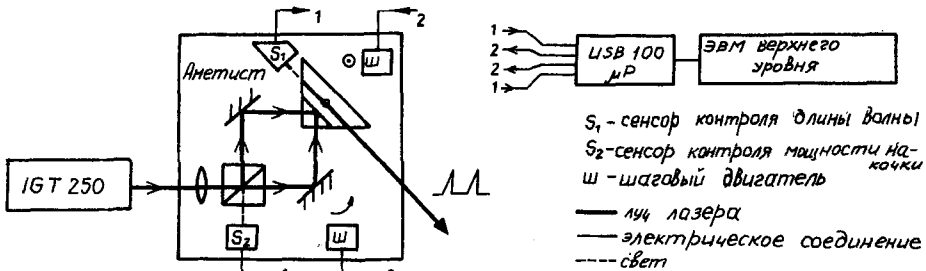


Рис. 3 Автоматизированный источник сверхкоротких импульсов на основе РОС-лазера

Здесь импульсы формируются в разработанном совместно с Институтом физики АН БССР лазером АМЕТИСТ, накачиваемым нашим трансверсальным азотным лазером IGT-250 с параметрами: ширина импульса короче 500 пс, мощность более 250 кВт, частота повторения до 60 Гц. На выходе системы получаются импульсы в несколько десятков пс в широком диапазоне (10 красителей) длин волн и высоким коэффициентом преобразования.

Заключение

В ЦНП идут дальнейшие разработки блоков и узлов системы ПМС. Так для усиления пикосекундных импульсов предлагается мощный отпаянный азотный лазер NIL-1000 с особо тщательной помехозащитой, имеющий мощность в импульсе не менее 600 кВт, длину их 10 нс и частоту повторения 25 Гц. Ведутся работы по введению в систему ИАГ-лазеров, как для накачки, так и для усиления пикосекундных импульсов. Настоящие разработки велись в тесном контакте с группой проф. Б. Вильгельми (Университет им. Фридриха Шиллера в Йене).