

Гибридный источник наносекундных импульсов произвольной формы с энергией до 50 мДж

А.И. Трикшев*, В.А. Камынин, В.Б. Цветков,
В.В. Букин, Т.В. Долматов, Б.Д. Овчаренко

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

*E-mail: trikshevghi@gmail.com

DOI: 10.31868/RFL2020.175-176

Создание мощных лазерных источников наносекундных импульсов является перспективной задачей как в медицине, так и в промышленности [1]. Плавная регулировка формы импульса может позволить более тонко проводить необходимые технологические операции.

Для создания лазерных импульсов заданной формы с энергией в импульсе до 50 мДж использовалась следующая схема (рисунки 1, 2): задающий полупроводниковый лазерный диод с предусилением, связка акустооптического и электрооптического модуляторов, двухпроходный волоконный усилитель и твердотельный оконечный усилитель на Nd:YAG. Развязка каскадов осуществлялась волоконными изоляторами. Для контроля излучения в схему были включены волоконные делители 1/10.

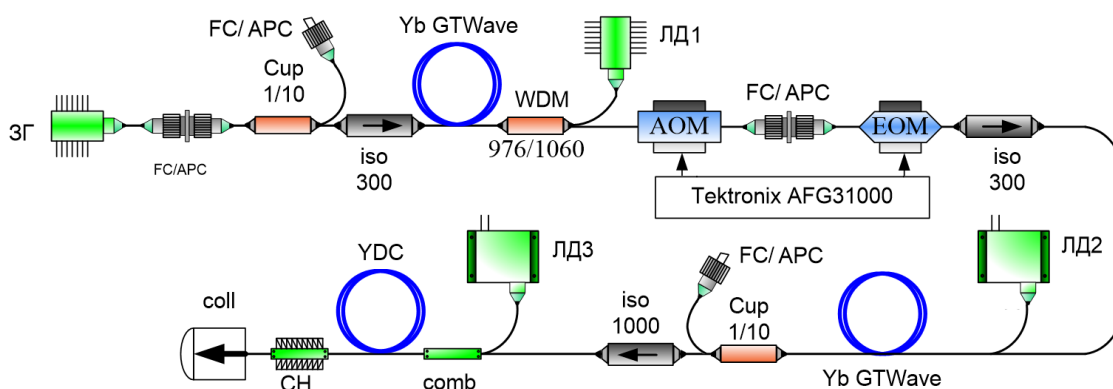


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. Волоконная часть.

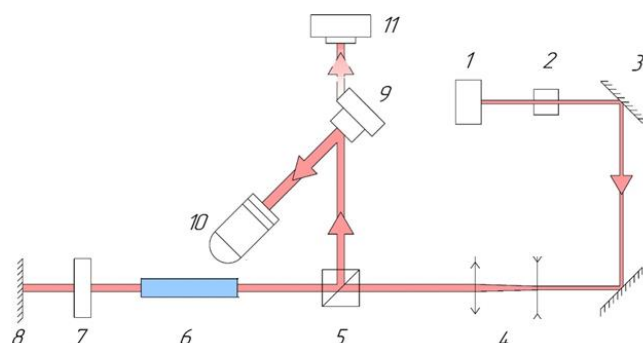


Рис. 2. Схема экспериментальной установки. Твердотельная часть.

1 – волоконный лазер; 2 – призма Глана; 3,8 –зеркало; 4 – 2х телескоп; 5 –поляризационный делитель; 6 – усилитель; 7 –пластинка $\lambda/4$; 9 – датчик пьезоэлектрический; 10 – фотодиод кремниевый; 11 – КМОП камера

В качестве задающего генератора (ЗГ) использовался полупроводниковый одночастотный лазерный диод с длиной волны 1064.15 нм и мощностью до 20 мВт с волоконным выходом и ВБР (волоконное брэгговское зеркало).

В качестве предварительного усилителя использовалось иттербиевое одномодовое волокно длиной 6 м и диаметром сердцевины 6 мкм ($NA=0.11$). Встречная накачка осуществлялась в сердцевину через волоконный мультиплексор (WDM 980/1064) одномодовым п/п лазерным диодом (ЛД1) с выходной мощностью до 1 Вт на длине волны 976 нм. После усиления было получено излучение мощностью около 400 мВт.

Импульсы заданного профиля формировались связкой акустооптического (АОМ) и электрооптического (ЕОМ) модуляторов. На АОМ подавался сигнал прямоугольной формы длительностью около 30 нс. На ЕОМ подавался сигнал требуемого профиля. Такой связкой (АОМ+ЕОМ) суммарно удалось добиться контраста сигнала на уровне лучше 50 дБ. Потери излучения при проходе такой связки составили 5 дБ. В качестве генератора сигналов использовался Tektronix AFG 31000 с частотой дискретизации 2Gs/s и полосой 250 МГц, что позволило формировать импульсы с разрешением в 4 нс.

Импульсы усиливались в иттербиевом GTWave волокне [2] длиной 9 м и диаметром сердцевины 6 мкм ($NA=0.11$). Накачка осуществлялась многомодовым полупроводниковым лазерным диодом (ЛД2) на длине волны 976 нм. При этом энергия импульсов на выходе составила около 0.5 мкДж.

В качестве окончательного усилителя применялось иттербиевое волокно с двойной оболочкой с диаметром сердцевины 6 мкм ($NA=0.11$). Попутная накачка осуществлялась с помощью волоконного комбайнера (comb) многомодовым п/п лазерным диодом на длине волны 976 нм (ЛД3). Непоглощенная накачка выводилась с помощью съемника непоглощенной накачки (СН). Основное излучение выводилось через сколотый под прямым углом торец и фокусировалось коллиматором (coll). После усиления была получена энергия импульсов до 3 мкДж. Осциллограмма профилированного импульса представлена на рис. 3.а.

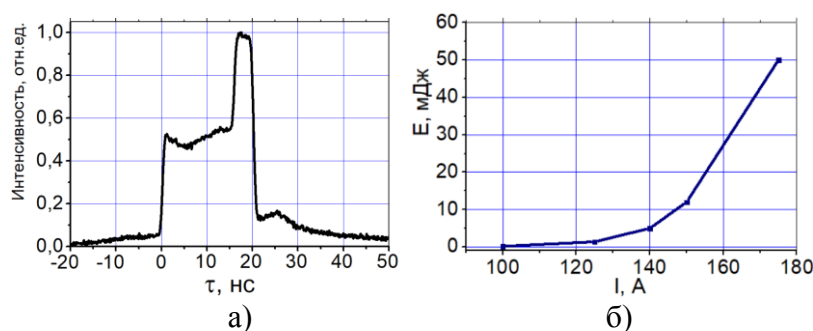


Рис. 3. а) Осциллограмма профилированного импульса, б) зависимость энергии прямоугольных импульсов от тока накачки квантрона.

В качестве окончательного усилителя применялся твердотельный усилитель на Nd:YAG (стержень диаметром 5 мм и длиной 10 см). Импульсная накачка осуществлялась п/п модулями накачки с максимальной мощностью 20 кВт (при токе накачки в 225 А). Длительность импульса накачки составляла 250 мкс. Усиление обрабатывалось на прямоугольных импульсах длительностью 20 нс. Максимальная энергия в импульсе после двух проходов усиления составила около 50 мДж (рис.3.б) при токе накачки в 175 А. При дальнейшем увеличении тока накачки усилитель переходил в режим генерации.

Литература

- [1] Meijer R. A., Stodolna A. S., et al, *Optics Letters*, 42(14), 2758-2761
- [2] Bufetov I.A., Bubnov M.M., et.al., *Quantum Electronics*, 35, 328 (2005).