

УДК 621.373.826

А. С. Руденков<sup>1</sup>, В. Э. Кисель<sup>1</sup>, А. С. Ясюкевич<sup>1</sup>, К. Л. Ованесян<sup>2</sup>, А. Г. Петросян<sup>2</sup>,  
Н. В. Кулешов<sup>1</sup>

## РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА КРИСТАЛЛЕ $\text{Yb}^{3+}:\text{CaYAlO}_4$ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ

<sup>1</sup> *Центр оптических материалов и технологий, Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 65, 220013 Минск, Беларусь*

[vekisel@bntu.by](mailto:vekisel@bntu.by)

<sup>2</sup> *Институт физических исследований, НАН Республики Армении, 0203, г. Аштарак-2, Армения*

[pet@ipr.sci.am](mailto:pet@ipr.sci.am)

Широкий ряд матриц с ионами  $\text{Yb}^{3+}$  в качестве активных сред лазеров и усилителей ультракоротких импульсов (УКИ) исследован в настоящее время. Кристаллы  $\text{Yb}^{3+}:\text{CaYAlO}_4$  ( $\text{Yb}^{3+}:\text{CaGdAlO}_4$ ) характеризуются широкими и однородными спектрами поперечных сечений стимулированного излучения, необходимыми для получения УКИ широкого спектрального диапазона (импульсы со спектральной полушириной около 50нм продемонстрированы в [1]). Однако, в большинстве систем усиления УКИ на средах с  $\text{Yb}^{3+}$  в качестве задающих генераторов использовались фемтосекундные лазеры со значительно меньшей спектральной полушириной импульсов (не более 15нм [2]), что также могло ограничить спектральную полуширину усиленных импульсов, а следовательно и длительность. В нашей работе представлены результаты исследования режима усиления чирпированных импульсов со спектральной полушириной около 60нм (на половине высоты) в системе на основе кристалла  $\text{Yb}^{3+}:\text{CaYAlO}_4$  с диодной накачкой.

Система усиления состояла из задающего генератора (фемтосекундный лазер на кристалле  $\text{Yb}:\text{KYW}$  обеспечивающий импульсы длительностью 100фс и энергией 10нДж), стретчера на основе оптического волокна, регенеративного усилителя на кристалле  $\text{Yb}^{3+}:\text{CaYAlO}_4$ , а так же компрессора. Одномодовое оптическое волокно длиной 10м использовалось для расширения спектра и увеличения длительности импульсов задающего генератора. Измеренная длительность импульсов на выходе стретчера составляла 7.5пс. Регенеративный усилитель построен на основе четырехзеркального резонатора, для ввода и вывода усиливаемых импульсов использовалась ячейка Поккельса на кристалле  $\text{BaB}_2\text{O}_4$  толщиной 2x20мм. Частота следования импульсов была установлена 100кГц для исключения разрушения оптических элементов регенеративного усилителя вследствие нелинейных эффектов. Для накачки активной среды усилителя была разработана схема продольной квази-внеосевой накачки, хорошо показавшая себя в предыдущих работах [3-5]. Данная схема накачки позволяет использовать зеркала резонатора с широкополосными высокоотражающими покрытиями (в диапазоне 900-1100нм). Максимальная мощность накачки составляла 25Вт. В качестве активного элемента использовался кристалл  $\text{Yb}^{3+}(3.5\text{at.}\%):\text{CaYAlO}_4$  толщиной 2мм. Вырезка кристалла вдоль одной из кристаллографических осей а позволяла работать с поляризациями  $\pi(\text{E}//\text{c})$  и  $\sigma(\text{E}\perp\text{c})$ . Заключительным блоком системы усиления является компрессор чирпированных

лазерных импульсов, основанный на дифракционной решетке пропускания 1000штр./мм.

Зависимости средней выходной мощности и спектральной полуширины усиленных импульсов от числа проходов по резонатору представлены на рисунке 1.

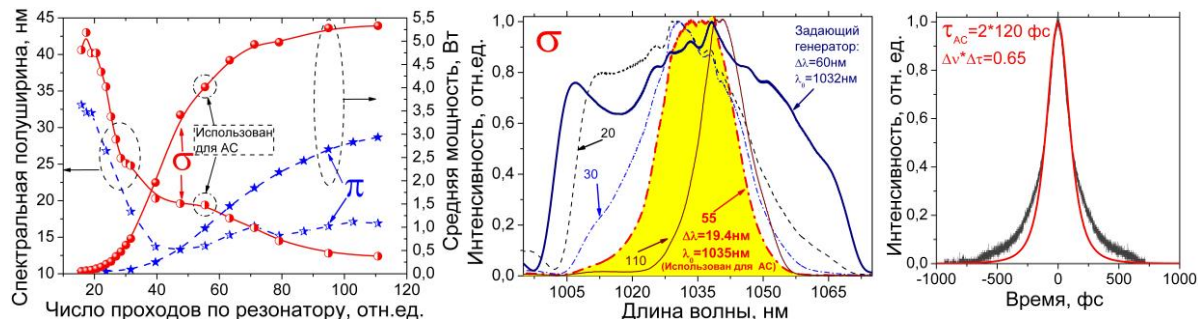


Рис. 1 Зависимость средней выходной мощности и спектральной полуширины усиленных импульсов от числа проходов по резонатору

Рис. 2 Эволюция усиливаемых импульсов в зависимости от числа проходов по резонатору для  $\sigma$ -поляризации

Рис. 3 Автокорреляционная функция усиленных импульсов для  $\sigma$ -поляризации

Максимальные значения средней выходной мощности усиленных chirпированных импульсов 5.3Вт (2.9Вт) получены для  $\sigma$ - ( $\pi$ -) поляризации при числе проходов по резонатору 110. Спектральная полуширина усиленных импульсов в данном случае составила 12.4нм и 16.9нм соответственно. Данные, представленные на рисунке 1 показывают что  $\sigma$ -поляризация позволяет получать более высокую среднюю мощность усиленных импульсов при достаточно широком спектре. Эволюция спектра усиленных импульсов для  $\sigma$ -поляризации представлена на рисунке 2. Спектральная полуширина усиленных импульсов 19.4нм получена при 55 проходах по резонатору, выходная мощность при этом составляет 4Вт (что около 80% от максимального значения). Соответствующая автокорреляционная функция усиленных импульсов показана на рисунке 3. Измеренная длительность импульса составила 120фс, временной профиль импульса близок к Лоренцеву. Средняя мощность усиленных импульсов на выходе системы составила 3Вт.

В заключение, представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований режима усиления широкополосных chirпированных лазерных импульсов в системе усиления на кристалле  $\text{Yb}^{3+}:\text{CaYAlO}_4$  с диодной накачкой. Продемонстрированы импульсы длительностью 120фс (спектральная полуширина 19.4нм) со средней мощностью 3Вт.

[1] P. Sévillano, P. Georges, F. Druon, D. Descamps, and E. Cormier, *Opt. Lett.* 39, 6001-6004 (2014).

[2] E. Caracciolo, M. Kemnitzer, A. Guandalini, F. Pirzio, J. Aus der Au, and A. Agnesi, *Opt. Lett.* 38, 4131-4133 (2013).

[3] V. E. Kisel et. al., *Opt. Lett.* 40, 2707-2710 (2015).

[4] A. Rudenkov, V. Kisel, A. Yasukevich, K. Hovhannesian, A. Petrosyan, and N. Kuleshov, *Opt. Lett.* 41, 2249-2252 (2016).

[5] A. Rudenkov, V. Kisel, V. Matrosov, and N. Kuleshov, *Opt. Lett.* 40, 3352-3355 (2015).