

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В КРИСТАЛЛЕ DKDP НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯТОРА В ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СРА-СИСТЕМЕ

✉ К. А. Емельянов^{1,2}, К. А. Акмаров²,
А. Р. Мухамедьянов^{1,2}, С. А. Бабаев², С. П. Никитин²

¹Московский физико-технический институт, Москва, Россия

²ООО «ФемтоВижн», Москва, Россия

✉ k.emelyanov@femtovision.ru

Электрооптические модуляторы (ЭОМ) широко используются для модуляции добротности лазеров, в регенеративных усилителях и других применений. Стандартным материалом для ЭОМ в высокочастотных (> 50 кГц) регенеративных усилителях является кристалл β -бората бария (ВВО), имеющий широкую полосу пропускания в ближнем ИК-диапазоне и слабый пьезоэлектрический эффект [1]. Однако данный кристалл не удобен для использования в широкополосных (> 300 нм) усилителях в силу двуосного двулучепреломления.

В данной работе изучается возможность создания высокочастотного (50–300 кГц) регенеративного усилителя с ЭОМ на кристалле дейтерированного фосфата калия (DKDP). По сравнению с ВВО, при тех же размерах, ЭОМ на кристалле DKDP требует почти вдвое меньшего напряжения и исключительно удобен при работе с фемтосекундными импульсами, будучи одноосным материалом. Недостатком DKDP является сильный пьезоэлектрический эффект [2], снижающий оптический контраст при работе усилителя. Известны методы подавления данного эффекта с помощью специально сконструированных генераторов, формирующих на выходе сложную последовательность высоковольтных импульсов [3]. Нами демонстрируется возможность минимизации пьезоэффекта в кристалле DKDP простым выбором длительности и частоты следования высоковольтных импульсов.

Схема эксперимента приведена на рис. 1. Непрерывное лазерное излучение, пройдя дважды через ЭОМ, к которому приложено напряжение $U_{\lambda/4}$ (приводящее из-за эффекта Поккельса в DKDP к разности фаз $\pi/2$ между обыкновенным и необыкновенным лучами), меняет свою поляризацию на ортогональную и отражается поляризационным кубом на фотодиод. Пьезоэлектрический «звон» кристалла в сочетании

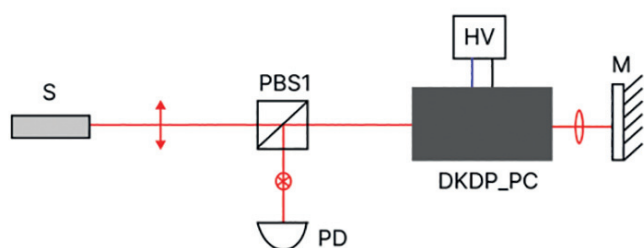


Рис. 1. Оптическая схема эксперимента. S — лазерный диод с длиной волны излучения 808 нм; PBS — поляризационный куб; PD — фотодиод; HV — высоковольтный генератор; M — глухое зеркало; DKDP_PC — ЭОМ с кристаллом DKDP

с фотоупругим эффектом создает засветку фотодиода в интервале между высоковольтными импульсами, что и характеризует влияние пьезоэффекта на работу ЭОМ.

Нами были проведены измерения с импульсами напряжением $U_{\lambda/4} = 2,4$ кВ и длительностью от 100 нс до 1 мкс с шагом 100 нс на частотах повторения от 1 до 120 кГц. Использовалась ячейка CLKDP-S0816-2028 (CryLink, Ltd., КНР). На рис. 2 приведены осциллограммы сигнала фотодиода и соответствующие им

спектры «звона», возникающие на частотах повторения 1 и 94 кГц при длительности импульсов 300 нс. Грубый анализ механических колебаний кристалла DKDP на основании его размеров ($\varnothing 8 \times 16$ мм) и механических свойств [4] позволяет оценить частоту собственной низшей моды значением ~ 140 кГц, что находится в разумном соответствии с экспериментом.

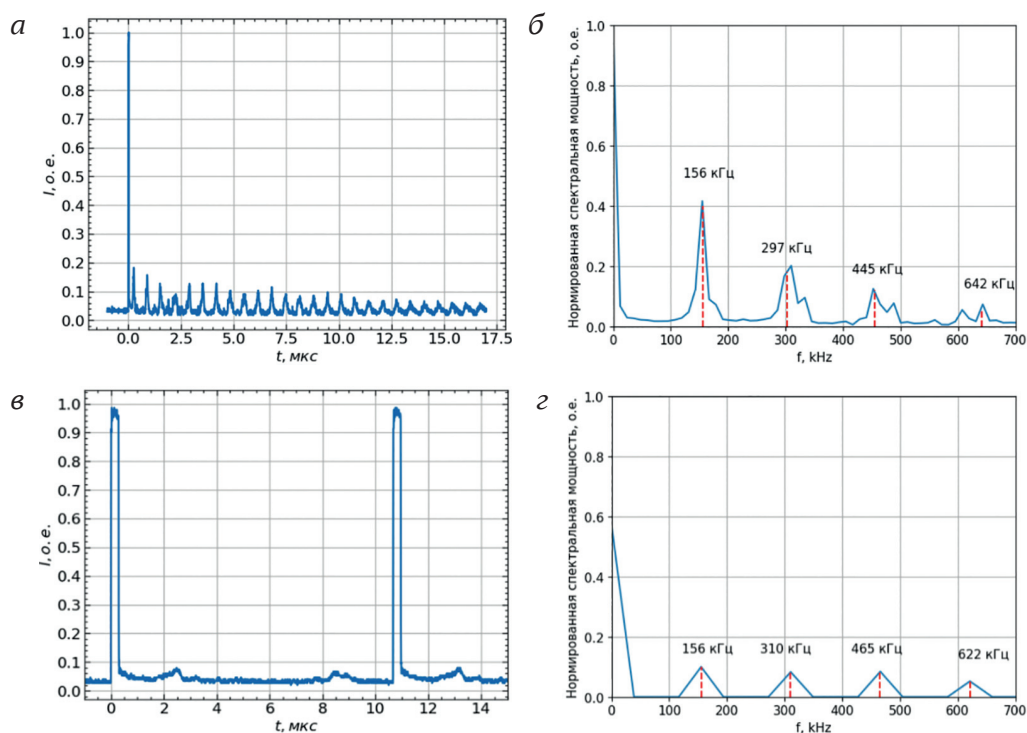


Рис. 2. Осциллограммы сигналов фотодиода PD для импульсов с напряжением 2,4 кВ на ЭОМ и длительностью 300 нс при частотах повторения 1 кГц (а) и 94 кГц (в) и соответствующие нормированные спектральные мощности сигнала для 1 кГц (б) и 94 кГц (г)

Как видно на графиках, приведенных на рис. 2, увеличение частоты повторения импульсов и уменьшение их длительности приводит к существенному подавлению пьезоэлектрического эффекта в DKDP, что позволяет реализовать высокочастотный режим работы модулятора простым подбором рабочей частоты и длительности высоковольтных импульсов, не прибегая к сложным схемам модуляции [3].

В заключение, нами продемонстрировано, что влияние пьезоэффекта в кристалле DKDP на деполяризацию лазерного излучения можно минимизировать выбором режима работы ЭОМ. Полученные результаты будут использованы при создании высокочастотного фемтосекундного регенеративного усилителя и могут быть полезны при разработке высокочастотных ЭОМ. Генератор высоковольтных импульсов для данной работы был предоставлен ООО «Парамерус».

Литература

1. Vengelis J., Sinkevičius G., Banys J. et al. Investigation of piezoelectric ringing effect in Pockels cells based on beta barium borate crystals // Appl. Opt. Lett. 2019. Vol. 58. P. 9240.
2. Sinkevicius G. Investigation of piezoelectric ringing effect in deuterated potassium dihydrogen phosphate crystals // Opt. Eng. Lett. 2020. Vol. 59. P. 3610.
3. Sinkevicius G., Baskys A., Tamošauskas G. Active Suppression of Piezoelectric Ringing in Pockels Cells for laser Cavity Application // Symmetry Lett. 2021. Vol. 13. P. 677.
4. Yang S., Zhang L. Characterization of mechanical properties and failure of potassium dihydrogen phosphate under mechanical stressing // Ceram. Int. Lett. 2021. Vol. 47. P. 15875.