

ции после своего образования. В результате этих дефектов кристалл алмаза приобретает эпигенетическое окрашивание в розовато-лиловый и дымчатый тона [2].

Петли дислокаций. Данные дефекты образуются вблизи азотосодержащих слоёв из-за конденсации вакансий рядом с ними.

Дислокации. Зачастую эти дефекты имеют форму радиально-лучистых пучков с дефектным центром в центре кристалла. Обычно источником дислокации является какой-нибудь другой дефект, как правило, это инородные включения.

Пластинчатые сегрегации. Данный дефект в алмазе возникает из-за большого количества азота в составе кристалла.

Аномальное двупреломление в кристаллах алмаза. Оно возникает тогда, когда в кристалле присутствуют напряжения и искажения структуры [2].

Лазерная система сканирования структуры драгоценных камней. Была создана лазерная система, которая способна производить сканирование каждого алмаза. Результаты сканирования заносятся в «паспорт» алмаза и хранятся в общей базе данных [3].

При продаже, каждый покупатель сможет проверить подлинность своего алмаза. Достаточно будет просто перейти по специальной ссылке прямо в паспорт изделия. В нашей работе мы использовали лазер с длиной волны 405 нм [3]. Им производилось сканирование объекта, в результате чего на экране получалась уникальная картина распределения дефектов.

В состав оптической системы входит лазер, уширяющая пучок оптика. Её задача сделать лазерный пучок сопоставимым с размерами исследуемого объекта. Изображение проецируется на ячеистый экран. В зависимости от того, как распределены тёмные области, какова их величина и форма, говорится о наличии или отсутствии дефектов.

Созданная база данных, которая формировалась в процессе экспериментов, свидетельствует о том, что данная установка по сканированию

кристаллов алмаза полностью пригодна к использованию [3].

Выводы. Таким образом, наши исследования оптически прозрачных материалов показали, что возможно создать сканирующую систему, которая позволит с высокой точностью запечатлеть дефекты в кристаллах алмаза, сформировать их карту и, подобно отпечаткам пальцев, занести их в базу данных. Исходя из полученной информации, для каждого драгоценного камня формируется свой уникальный паспорт, по которому в дальнейшем можно будет опознать то или иное изделие из драгоценных камней.

В целях повышения эффективности опознавания драгоценных камней, нами была создана база данных дефектов, которые часто встречаются в алмазах. Она была организована в виде иерархической базы данных. Это позволило улучшить качество и скорость обработки информации. При совпадении сочетания тёмных пятен на экране с аналогичными в базе данных, то можно будет говорить, что данный драгоценный камень с определённой вероятностью подлинный. Чем больше таких совпадений, тем выше вероятность.

Литература

1. Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. Изд. 2-е. – Москва: Академия наук СССР Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана, 1984. – 170 с.
2. Палабугин М.В. Разработка базы данных дефектов драгоценных камней / М.В. Палабугин, В.П. Усольцев // Новые направления развития приборостроения: материалы 13-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 15–17 апреля 2020 г. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О.К. Гусев (пред. редкол.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – С. 35–36.
3. Палабугин М.В. Методы дефектоскопии кристаллов драгоценных камней / М.В. Палабугин, В.П. Усольцев // Актуальные вопросы и перспективы развития науки, техники и технологии: материалы Международной научно-практической конференции, 27 марта 2020 г. / ЧУДПО «НИОЦ»; под общ. ред. Е.А. Назарова. – Казань: ЧУДПО «НИОЦ», 2020. – С. 64–69.

УДК 004.932, 681.325, 528.831.1

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ДИКМ, JPEG И JPEG 2000 ПРИ ОБРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Романов Д.В., Фёдорцев Р.В.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

В связи с быстрыми темпами развития космического приборостроения появилась необходимость передачи большого объема данных по высокоскоростным радиопередачам с ограниченной пропускной способностью. Для реализации данного процесса широко используется сжатие

информации. Основной задачей для производителя при выборе метода сжатия является выбор алгоритма, который обеспечит необходимый поток видеoinформации без значительных потерь качества изображения. В данной публикации приведены результаты сравнения трех

наиболее распространенных методов сжатия информации.

Для сравнения были выбраны алгоритмы сжатия ДИКМ, JPEG и JPEG 2000.

Существует достаточно большое разнообразие алгоритмов сжатия ДИКМ (на основе дифференциальной импульсно-кодовой модуляции), отличающихся предсказателями. Из 10 предсказателей был выбран один, с минимальным искажением на резких границах и минимальным среднеквадратическим отклонением (СКО) искажения сигнала.

JPEG – один из самых новых и достаточно мощных алгоритмов. Оперирует алгоритм областями 8×8 , на которых яркость и цвет меняются сравнительно плавно. Вследствие этого, при разложении матрицы такой области в двойной ряд по косинусам, значимыми оказываются только первые коэффициенты. Таким образом, сжатие в JPEG осуществляется за счет плавности изменения цветов в изображении.

JPEG 2000 – графический формат, который вместо дискретного косинусного преобразования, применяемого в формате JPEG, использует технологию вейвлет-преобразования, основывающуюся на представлении сигнала в виде суперпозиции базовых функций – волновых пакетов.

Для сравнения алгоритмов использовались контрастные изображения с большим количеством границ «Город» (рисунок 1). Разрядность исходного файла 12 бит. Качественная оценка снимков проводилась по показателю линейное разрешение на местности (ЛРМ). Известно, что величина ЛРМ зависит от величины суммарной функции передачи модуляции (ФПМ) и отношения сигнал-шум (ОСШ). В результате исследования влияния сжатия на составляющие ЛРМ (обработано более 50 снимков), стало известно, что сжатие влияет на ОСШ, а именно, на величину СКО, ввиду чего, оценка влияния сжатия на качество изображения проводилась по СКО. К снимкам применялось сжатие 4 бит/выборку (трехкратное сжатие) тремя различными методами, после чего получался разностный кадр (восстановленного после сжатия снимка и исходного изображения без сжатия). Для восстановления снимка после сжатия использовались встроенные программные средства MathLab. По разностным кадрам строились гистограммы искажений и рассчитывалось СКО.

Результаты сравнительного анализа. Гистограммы искажений при сжатии 4 бит/выборку с помощью алгоритмов ДИКМ, JPEG и JPEG 2000 для снимка с условным названием «Город» показаны в таблице 1.

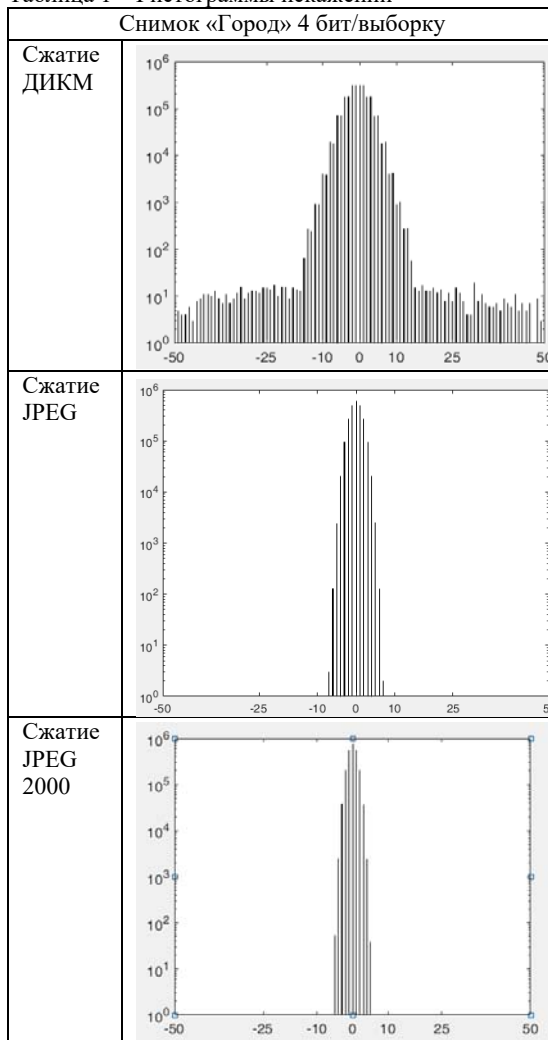
Анализ данных таблицы 1 показывает, что для сжатия ДИКМ характерна широкая гистограмма из-за искажений на резких границах, а также широкая центральная часть гистограммы,

относящаяся к зонам снимков с небольшими изменениями яркости.



Рисунок 1 – Исходный снимок «Город»

Таблица 1 – Гистограммы искажений



В таблице 2 даны соответствующие таблице 1 СКО искажения сигнала по кадру (разностного кадра: восстановленного после сжатия снимка и исходного без сжатия снимка).

Таблица 2 – СКО искажения сигнала по кадру

СКО разностного кадра	Сжатие 4 бит на выборку	Сжатие 2 бит на выборку
ДИКМ	9,6	не обеспечивает
JPEG	1,56	5,56
JPEG 2000	1,22	4,21

Анализ данных таблицы 2 показывает, что из трех алгоритмов сжатие JPEG 2000 обеспечивает наименьшее СКО искажения сигнала для контрастных изображений с большим количеством границ при одинаковых коэффициентах сжатия. Для оценки влияния сжатия изображений ЛРМ на рисунке 2 приведен график зависимости ЛРМ от СКО.

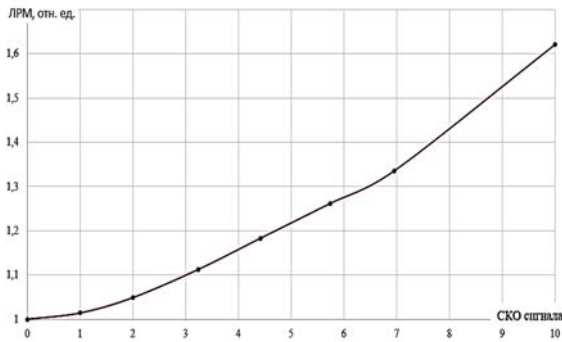


Рисунок 2 – График зависимости ЛРМ от величины СКО

По сравнению с ДИКМ, алгоритмы сжатия JPEG и JPEG 2000 обеспечивают более высокое качество изображения. А при больших коэффициентах сжатия (6–10 крат) алгоритмы сжатия JPEG и JPEG 2000 являются единственными возможными к применению. По сравнению с JPEG, алгоритм сжатия JPEG 2000 обеспечивает СКО искажения сигнала меньше на $\approx 30\%$, что позволяет проводить сжатие (в 5–10 крат) и восстановление снимков без видимых потерь качества (ЛРМ) за счет высокого ОСШ.

Литература

1. Д. Сэломон. Сжатие данных, изображения и звука. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
2. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории // – М.: Техносфера, 2006. – 272 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. // Пер. с англ. – М.: Техносфера. – 2006. – 1104 с.
4. Тропченко А.А., Молчанов В.А. Особенности сжатия цветных изображений JPEG-подобными алгоритмами // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО / Вып.32. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. – С. 22–26.
5. Тропченко А.Ю., Курносенков И.Н. Анализ современных стандартов сжатия видеоданных // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО / Вып.32. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. – С.17–21.
6. <https://habr.com/ru/post/251417/>
7. Алгоритмы сжатия. 2006. Гродненский государственный университет им. Янки Купалы. Факультет математики и информатики. Режим доступа: http://mf.grsu.by/UchProc/livak/po/comprsite/theory_image_02.html http://www.compression.ru/book/part2/part2_3.htm

УДК 621.3.038.825.2

РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ЧИРПИРОВАННЫХ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА КРИСТАЛЛЕ Yb:YAP

Руденков А.С.^{1*}, Кисель В.Э.¹, Ясюкевич А.С.¹, Ованесьян К.Л.², Петросян А.Г.², Кулешов Н.В.¹

¹НИЦ Оптических материалов и технологий БНТУ
Минск, Республика Беларусь

²Институт физических исследований НАН Армении
Аштарак-2, Армения

Анотация. В данной работе представлены результаты разработки регенеративного усилителя чирпированных фемтосекундных лазерных импульсов на кристалле Yb:YAP.

Получены импульсы длительностью 600 фс на центральной длине волны излучения около 1041 нм. Средняя выходная мощность составила 3,5 Вт при оптической эффективности усиления 18 % и частотах следования 50 и 200 кГц.

Введение. Кристаллы иттриевого алюмината со структурой перовскита YAlO₃ (YAP), легированные ионами редкоземельных элементов были широко изучены в качестве активных сред лазеров с диодной накачкой. Интерес к данным кристаллам обусловлен хорошими теплофизически-

ми и механическими свойствами, высокой анизотропией, использованием широкораспространенного метода роста Чохральского.

В данной работе представлены результаты исследования кристалла Yb³⁺:YAlO₃ в качестве активной среды регенеративного усилителя чирпированных фемтосекундных импульсов.

Кристаллы иттриевого алюминат, легированные трехвалентными ионами иттербия характеризуются широкими и относительно гладкими полосами сечений стимулированного излучения (СИ) (рисунок 1).

Наиболее интенсивная полоса сечений СИ имеет пик на длине волны около 999 нм с характерным значением $3,13 \cdot 10^{-20}$ см² для E//с-