

УДК 671.153

## ЛАЗЕРНАЯ СИСТЕМА СКАНИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ Палабугин М.В., Усольцев В.П.

Ижевский Государственный Технический Университет имени М.Т. Калашиникова  
Ижевск, Российская Федерация

**Введение.** В современной России проблема обеспечения законности оборота драгоценных камней стоит остро. Во многом это связано с многовековой любовью русской знати к ювелирным украшениям, опасной криминальной обстановкой, из-за чего вероятность подмены тех или иных драгоценных камней увеличивается. Плюс ко всему вышперечисленному, есть необходимость в усовершенствовании текущих систем по регистрации драгоценных камней и созданию новых. Это поможет снизить риски продажи подделок в ювелирных магазинах, а сбывать краденый товар станет намного сложнее.

Известно, что драгоценные камни чем-то похожи на человеческие отпечатки пальцев. Дело в том, что не существует двух одинаковых драгоценных камней. Дело в том, что у природных камней всегда уникальный химический состав. Также, у каждого камня есть свой набор дефектов. Совокупность всех этих составляющих и делает драгоценный камень уникальным [1].

Нашей задачей было разработать лазерную установку, которая могла бы с высокой точностью сканировать тот или иной кристалл алмаза, тем самым создавая карту его дефектов. Полученные данные заносились бы в базу данных. При покупке того драгоценного камня, покупателю выдавалась бы уникальная ссылка, перейдя по которой в сеть Интернет, он смог бы удостовериться о подлинности купленного им изделия.

**База данных дефектов драгоценных камней.** Для того, чтобы идентификация драгоценных камней происходила быстрее и качественнее мы создали базу данных. В её основу легла иерархическая структура. Она основана на том, что каждый дефект в конкретном кристалле даёт свою тень на экране, а совокупность этих дефектов образует уникальный рисунок из дефектов, который больше нигде не встречается. Занесённый в базу данных, данный «отпечаток пальца» будет присвоен к конкретному бриллианту. При совпадении формы темных пятен и их распределения по кристаллу можно будет судить об идентичности алмаза с данными из базы данных.

Дефекты алмаза можно разделить на микро и макродефекты. Это показано на рисунке 1 [2]:

Точечные дефекты – это включения различных атомов непосредственно в кристаллическую решётку алмаза. Наиболее часто встречаемые инородные атомы – это водород, кремний, азот, бор.

Дефект С – это единичный атом азота, который замещает соответствующий атом углерода.

NV-Дефект – атом азота в позиции замещения рядом с вакансией в кристаллической решётке.

Дефект А – два атома азота, расположенных в соседних узлах кристаллической решётке алмаза [2].

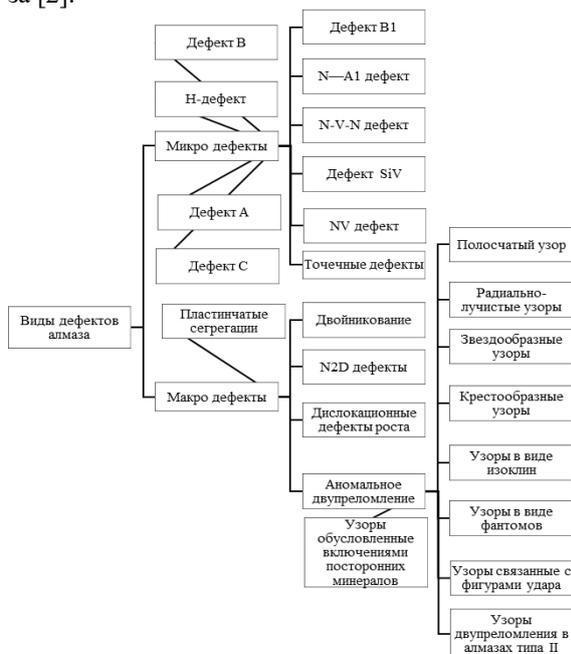


Рисунок 1 – Виды микро и макродефектов в алмазе

Дефект В1 – это дефект, который характеризуется тем, что в кристаллической решётке алмаза заменяются четыре атома углерода на азот.

Н-Дефект – это дефект, напрямую связанный с водородом в составе алмаза.

Дефект В – в данном случае атом бора замещает в кристаллической решётке алмаза атом углерода. Алмаз при этом приобретает полупроводниковые свойства [2].

SiV – Дефекты – это кремний-вакансионные дефекты. Он состоит из двух вакансий между которыми располагается атом кремния.

Теперь перейдём к рассмотрению макродефектов. К ним можно отнести изменения в кристалле на уровне кристаллической решётки. Существуют следующие виды макродефектов [2].

Двойникование. При данном дефекте в кристаллической решётке происходит изменение закономерно упорядоченной её структуры, в результате чего возникают отражения кристаллической структуры относительно плоскости двойникования [2].

N2D дефекты. Эти дефекты образуются в кристаллах алмаза из-за пластической деформации

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 радиолиниям 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