

Исследование процесса и разработка установки для лазерной маркировки изделий из монокристаллических сверхтвердых материалов

А. Н. ХОДИНСКИЙ¹, Е. Б. ШЕРШНЕВ², А. Е. ШЕРШНЕВ³

Одним из наукоемких и перспективных направлений в промышленности является создание синтетических сверхтвердых материалов, которые по своим характеристикам превосходят природный алмаз [1]. В частности на НРУП «Адамас – БГУ» созданы производственные мощности по выпуску СТМ «Алмазот», который с успехом может быть применен для изготовления монокристаллического и однолезвийного инструмента, а также для изделий электронной техники: теплоотводы, ИК окна, электронные подложки, пластины.

В настоящее время разработаны технические условия на вставки из СТМ «Алмазот» для ювелирных изделий и изготовлены опытные образцы данной продукции. Одним из этапов изготовления ювелирных вставок является нанесение маркировки на рундисте [2] или одной из граней ювелирной вставки (рисунк 1). Высота символов маркировки выбирается исходя из геометрических размеров рундиста в области нанесения маркировки (таблица 1)

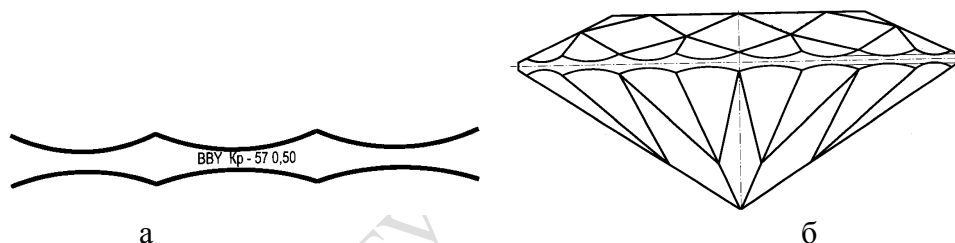


Рисунок 1 – Общий вид ювелирной вставки и маркировки на рундисте
а) маркировка нанесенная на рундист ювелирной вставки; б) общий вид ограненного кристалла алмаза.

Таблица 1

Высота рундиста ювелирной вставки в области нанесения маркировки.

Масса бриллианта, карат	Диаметр бриллианта, Мм	h _r , %	Высота рундиста, Мм	
			от	До
0,5	5,25	0,7-2,5	0,037	0,131
1,0	6,55	0,7-2,5	0,046	0,164

Актуальность разработки технологий маркировки подтверждена мировой практикой [3,4] и, в частности отражены в п.5 протокола совещания у Премьер-министра Республики Беларусь от 12.03.04г. № 05/209-89 «О стратегии продвижения нового товарного бренда «Бриллиант Беларуси», основанного на изготовлении эксклюзивных ювелирных изделий из отечественного сверхтвердого материала «Алмазот».

Для эффективной защиты потребителя ювелирных изделий от подлога и «технического» обмана, ему нужно гарантировать не только подлинность, но и соответствие заявленным фактическим характеристикам самого дорого в ювелирном изделии – бриллианта. Ценность бриллианта, как правило, определяется его весом, а также качественными характеристиками: цветом, чистотой, качеством огранки. На самом деле этого мало. Для точной оценки нужно иметь еще информацию, которая необходима для эксклюзивных изделий: когда и где был добыт и огранен, был ли облагорожен, и если был, то каким методом и другие параметры.

Разработан ряд способов для маркировки алмазов [1] в патентах США N4467172 и N4392476. Лазерные системы маркирования используют лазеры типа АИГ или Nd АИГ, ра-

ботающие на длине волны 1.06 мкм или с удвоителями частоты. Таким образом, описанное лазерное излучение, падающее на алмаз, составляет длину волны либо 1.06 мкм, либо 0.532 мкм. Излучение на длине волны 0.532 мкм может проникать через поверхность алмаза и может нагревать или испарять части нижележащего материала, а также на поверхности алмаза. Дополнительно, поскольку алмаз является по существу прозрачным, выше приведенные способы маркировки включают применение энергопоглощающих покрытий таких, как углеродная сажа, что усложняет способ маркировки.

В патенте России RU 2102231 описывается способ выполнения маркировки на алмазе, жемчуге и других драгоценных и полудрагоценных камнях. Маркировка наносится на поверхность объекта с помощью Ar- F- эксимерным лазером, выходной луч которого пропускается через маску. Информация клеймения определяется маской.

Специалистам в этой области техники известно, что алмазы редко являются «чистыми» кристаллами. Примеси в форме атомов азота, расположенные в кристаллической структуре, существуют почти в каждом камне. Предельная чистота конкретного алмаза возрастает с уменьшением азотных примесей и длина волны поглощения может достигать 300нм. Поэтому для маркировки может быть использовано излучение Ar-F эксимерного лазера, излучение других лазеров, с длинами волн генерации от 200 нм до 300 нм. Длина волны наиболее эффективного лазера в отношении конкретного алмаза будет всегда зависеть от наличия примесей в данном монокристалле.

Обзор зарубежных патентов ясно показывает: проблема информационного клеймения бриллиантов существует и имеет различные варианты технического решения. Этой проблемой активно и плодотворно занимаются производители изделий из алмазов во всем мире, причем чаще всего в решении этой задачи используются лазерные технологии.

Исходя из анализа имеющихся данных, нами при разработке и изготовлении опытного образца установки использовано излучение АИГ +Nd лазера на длинах волн от 1.064 мкм до 0.266 мкм. Использование различных частот обусловлено спецификой качественных параметров конкретного объекта маркировки. Для нанесения информационного клеймения на изделия, имеющих много не однотипных характеристик, представляется наиболее целесообразным использование изображение клейма, формируемого растровой либо масочной системой, (маркировка на рундисте), при этом высота знаков информационного клейма определяется исходя из размеров рундиста и составляет величину порядка 17-150 мкм.

В ходе выполнения работы изготовлен опытный образец установки М 1617.00.00.000 в составе: Стойки управления М 1617.20.00.000 и стола установки ЛММ М 1617.50.00.000.

Стойка управления М 1617.20.00.000 включает в себя блок питания лазера БПЛ 66/33, блок охлаждения типа УО-1, модуль управления М 1617.10.00.000.

Стол установки ЛММ М 1617.50.00.000 включает в себя излучатель М1617.30.00.000, узел позиционирования М1617.40.00.000, узлы сканирования М 1617.05.00.000, М 1617.06.00.000, М 1617.07.00.000, узел перемещения маски, блок управления шаговыми двигателями БУП-4, блок управления электророптическим затвором БП ЭОЗ, видеокамеру, устройство управления на базе компьютера IBM PC. SEMTRON 2400, стабилизатор сетевой «Лидер 500». Основные характеристики установки приведены в таблице 2, общий вид установки представлен на рисунке 1.

Таблица 2

Характеристики установки для нанесения лазерной маркировки на монокристаллы СТМ.

Контролируемые параметры	Фактические значения
Энергия импульса, мДж	
1,064 нм	200
0,533 нм	100
0,266 нм	20
Частота следования импульсов, Гц	до 25
Высота маркируемых знаков, мкм	17-150
Средняя производительность, (маркировок/час)	до 10
Увеличение ТВ – системы, крат	40- 100



Рисунок 2 – Общий вид установки для лазерной маркировки монокристаллов СТМ M1617.00.00.000

В результате проведенных испытаний получены следующие характеристики установки.

Плоско-сферический резонатор лазерного излучателя (ЛИ) на базе АИГ +Nd образуют сферические глухое и полупрозрачное зеркала резонатора ($R \sim 25\%$). Энергетические, пространственные характеристики ЛИ определяются энергией возбуждения, добротностью и качеством юстировки резонатора ЛИ. Для осуществления режима генерации коротких импульсов использовался электрооптический затвор, который позволял получать импульсы с длительностью до 20 нс.

Блок питания (БП) – БПЛ66/33) служит источником электропитания для лампы накачки. БП представляет собой генератор мощных электрических импульсов с прямым перезарядом рабочих конденсаторов, содержащий устройство для поджига и поддержания дежурной дуги в лампе накачки

Для обеспечения получения излучения с длинами волн 0,533 нм (2-я гармоника) и 266 нм (4-я гармоника) служат узлы преобразования длин волн, выполненные на базе нелинейных кристаллов, соответственно КТР и ВВО. Для выделения длин волн 2-й 4-й гармоник использовались соответствующие зеркальные селективные спектроделители.

Как базовый для построения маркировочной надписи на кристаллах использовался

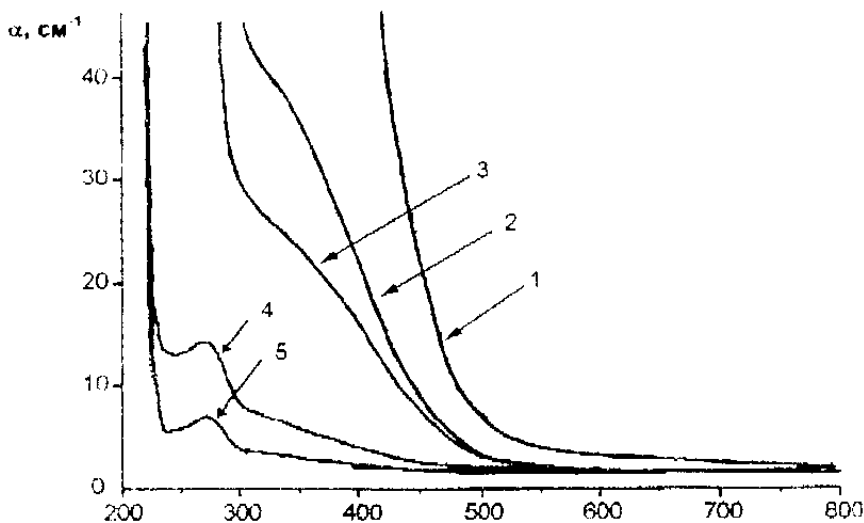


Рисунок 3 – Спектры поглощения света в УФ и видимом диапазоне длин волн кристаллов из СТМ «Алмазот»

проведения исследований применялся интерференционный микроскоп типа МИИ-4 с увеличением до 200 крат;

Для изучения спектральных характеристик были изготовлены 5 образцов из СТМ Алмазот и проведены спектральные измерения коэффициентов поглощения. Визуально отличия

проекционный метод. Для его реализации был разработан специальный узел масок, оптическая система построения изображения с кратностью до 70. Это позволило получать маркировочные знаки на поверхности образцов с высотой от 17 до 150 микрон.

Исследования процесса маркировки проводились на монокристаллах СТМ «Алмазот» выращенных на НРУП «Адамас – БГУ».

Для изучения глубины разрушения материала при маркировке в процессе

между образцами состояли в степени насыщенности желтого оттенка (увеличивался с уменьшением номера образца). Исследования показали, что на длине волны 10,6 мкм, поглощение не существенно, растет с уменьшением длины волны (для излучения на 2-й гармонике 0,533 мкм коэффициент поглощения составляет порядка 10 см^{-1}) и приближается к пиковому значению в районе по мере дальнейшего уменьшения длины волны (см. рисунок 3).

Нами были проведены дополнительные эксперименты по маркированию образцов с использованием излучения 0,533 мкм, которые показали неустойчивый характер такого процесса ввиду высоких порогов повреждения поверхности образцов и сильной критичности пороговой зависимости от поглощательной способности материала «Алмазот» и состояния поверхности (загрязнения, качество полировки). Это делает использование такого излучения менее выгодным с практической точки зрения, чем излучение 0.266 мкм. Примеры маркировки на рундисте излучением АИГ +Nd лазера СТМ «Алмазот» приведены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Примеры маркировки на рундисте ювелирных вставок из СТМ «Алмазот»

Таким образом в результате выполнения задания 2.46 ГНТП «Номатех» подпрограмма «Алмазы» разработан опытный образец установки для лазерной маркировки изделий из сверхтвердого материала «Алмазот». Установка предназначена для нанесения скрытой защитной маркировки на эксклюзивные ювелирные изделия из СТМ «Алмазот». Прикладное значение нового оборудования заключается в использовании простых исполнительных узлов, нанесения с необходимой точностью маркировки, без использования прецизионных устройств, в надежности при длительной эксплуатации. Данное оборудование и технологически процесс внедрены в производство на РАУП «Гомельское ПО «Кристалл».

Abstract. Были проведены эксперименты по маркированию образцов с использованием излучения 0,533 мкм, которые показали неустойчивый характер такого процесса ввиду высоких порогов повреждения поверхности образцов и сильной критичности пороговой зависимости от поглощательной способности материала «Алмазот» и состояния поверхности (загрязнения, качество полировки). Это делает использование такого излучения менее выгодным с практической точки зрения, чем излучение 0.266 мкм.

Разработанный опытный образец установки для лазерной маркировки изделий из сверхтвердого материала «Алмазот» предназначен для нанесения скрытой защитной маркировки на эксклюзивные вставки ювелирные из сверхтвердого материала «Алмазот». Данное оборудование внедрено на РАУП «Гомельское ПО «Кристалл».

Литература

1. В. Н. Бакуль, М. Г. Лошак, В. И. Мальнев, Синтетические алмазы, 1978. № 1, 7–10.
2. В. И. Епифанов, А. Я. Песина, Л. В. Зыков, Технология обработки алмазов в бриллианты. М., 1987.
3. Проспект фирмы Quantronix. USA 1997.
4. Проспект фирмы CNC laser technology Belgium 2004.

¹НРУП «Аксикон» г. Минск

Поступило 11.09.06

²Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины

³Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники