

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПСЕВДОИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ КОРУНДА ДЛЯ СОЗДАНИЯ РАДИАЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ТОНКИХ СЛОЕВ

© 2025 г. Андрей Денисович Петракович^{1*}, А.И. Сюрдо^{1**}, Р.М. Абашев^{1***}

¹ – *Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, 620108 Екатеринбург,
ул. Софьи Ковалевской, д. 18*

* - *petrakovich2007.an@yandex.ru*; ** - *surdo@imp.uran.ru*; *** - *abashevrn@imp.uran.ru*

Для накопительной кожной и глазной дозиметрии ионизирующих излучений, использующей для считывания дозиметрической информации эффект оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ), требуются детекторы с тонким радиационно-чувствительным ОСЛ-активным слоем массовой толщиной 5 мг/см². Ранее при создании таких слоев у люминесцентных детекторов на основе кристаллов корунда ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) для кожной дозиметрии использовались сканирующие непрерывные и импульсные CO_2 -лазеры [1, 2]. В обоих случаях создавался люминесцентно-активный и радиационно-чувствительный слой на поверхности детекторов $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ толщиной 10-12 мкм или 5 мг/см². Если применялось импульсное воздействие, то на поверхности создавались кратеры, периферия которых оказывалась люминесцентно-активной [2]. При импульсном воздействии в отличие от непрерывного ОСЛ-выход оказывался в 3-5 раз выше, но у таких образцов появлялись трещины, часто приводящие к их растрескиванию, а, следовательно, к ухудшению эксплуатационных характеристик детекторов. Поэтому требовался поиск новых способов лазерной обработки, способствующих получению на поверхности детекторов из $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ тонких слоев с повышенным ОСЛ-выходом и с достаточной их механической прочностью. Одним из вариантов может быть применение обработки в так называемом псевдоимпульсном режиме работы непрерывного CO_2 -лазера.

У монокристаллических образцов $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ размером $\varnothing 5 \times 1$ мм исследовались ОСЛ-выходы с поверхностей, обработанных CO_2 -лазерным излучением со скоростью сканирования $v=0,01$ м/с и мощностью P от 2 до 60 Вт. Первая партия образцов обрабатывалась при непрерывном воздействии излучения CO_2 -лазера, вторая – в псевдоимпульсном режиме. Для вышеуказанных режимов обработки в программе CorelLazer были созданы шаблоны. Для имитации псевдоимпульсного режима шаблон представлял собой набор прямоугольников, расположенных в шахматном порядке. Их длина вдоль линии сканирования d задавалась равной 26 или 52 мкм, а ширина определялась следом лазерного воздействия. Расстояние между прямоугольниками вдоль (ΔX) и поперек (ΔY) линии сканирования варьировались в диапазоне от 85 до 156 мкм. При непрерывном сканировании расстояние между треками сканирования ΔY выбиралось

равным 25, 50 и 76 мкм. Исследуемые образцы облучались бета-излучением ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$) тестовой дозой 8 мГр. ОСЛ-выходы измерялись с использованием системы КОРОС-333 [3].

Итоговые данные, включающие, в том числе, ранее полученные данные по импульсной обработке [2], представлены в табл. 1. Как видно, максимальные усредненные ОСЛ-выходы (S_{OSL}) образцов, обработанных в непрерывном, «псевдоимпульсном» и импульсном режимах, достаточно близки, но достигаются они при существенно отличающихся геометрических и мощностных параметрах сканирования. Максимальное значение S_{OSL} при непрерывном режиме может быть получено при $\Delta Y=50$ мкм и $P=20-22$ Вт, при «псевдоимпульсном» – $P=35-45$ Вт, $\Delta X=156$ мкм и $\Delta Y=150$ мкм, $d=52$ мкм, а при импульсном – $P=12$ Вт, $\Delta X=75$ мкм и $\Delta Y=75-100$ мкм. Немаловажным для практических приложений является разброс по ОСЛ-выходам ($\Delta S_{\text{OSL}} / S_{\text{OSL}}$) в серии однотипных обработок, а также выход годного, учитывающий не только факт растрескивания, но и значения S_{OSL} ниже порога, равного 0,6. Из табл. 1 следует, что оптимальным сочетанием вышеуказанных параметров обладают образцы, обработанные в псевдоимпульсном режиме. У них разброс по ОСЛ-выходам и выходу годного составляют соответственно 13 и 85 %.

Таблица 1

Характеристики исследуемых детекторов						
Режим работы	S_{OSL} , о.е.	$(\Delta S_{\text{OSL}}/S_{\text{OSL}})\times 100$ %	P, Вт	ΔX , мкм	ΔY , мкм	Выход годного, %
Псевдоимпульсный	8400	13	35-45	156	150	85
Непрерывный	8000	20	20-22	–	50	60
Импульсный [2]	8300	35	12	75	75- 100	60

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России для ИФМ УрО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2747599 Российская Федерация. Способ получения тонкослойных детекторов ионизирующих излучений для кожной и глазной дозиметрии: № 2020128125: заявл. 21.08.2020; опубл. 11.05.2021/ Мильман И.И., Сюрдо А.И., Абашев Р.М.; заявитель ИФМ УрО РАН.
2. Сюрдо А.И., Волошин А.М., Абашев Р.М., Красноперов В.С., Мильман И.И., Моисейкин Е.В. Разработка люминесцентных кожных дозиметров для автоматической системы индивидуального дозиметрического контроля // Дефектоскопия. 2022. № 7. С. 70–77.
3. Сюрдо А.И., Абашев Р.М., Красноперов В.С., Мильман И.И., Моисейкин Е.В., Бояринцев А.И. Автоматизированная система индивидуального дозиметрического контроля КОРОС-333 // Дефектоскопия. 2023. № 6. С. 73–74.