

Рисунок 3 – Результат переноса наноструктур с использованием деионизированной воды

Отсутствие наноструктур на кремниевой пластинке, после проявления свидетельствует о том, что структура не была перенесена. Объяснение

УДК 681.7.069.24:633.81

ЛАЗЕРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СТИМУЛИРОВАНИЯ РОСТА СЕМЯН РАСТЕНИЙ

Гурман Д. В.², Федорцев Р. В.^{1,2}

¹Белорусский национальный технический университет

²Национальный детский технопарк

Минск, Беларусь

Аннотация. Проведены оптические расчеты, подобраны компоненты и представлен вариант конструкции лазерной технологической установки компактного исполнения, предназначенной для стимулирования роста семян редких видов растений в исследовательских лабораториях в малых сериях.

Ключевые слова: лазерный диод, оптическая система, расширитель пучка, семена растений.

LASER SYSTEM FOR STIMULATING THE GROWTH OF PLANT SEEDS

Gurman D.V.², Fiodartsau R.V.^{1,2}

¹Belarusian National Technical University

²National Children's Technology Park

Minsk, Belarus

Abstract. Optical calculations were performed, components were selected, and a design variant of a compact laser technological installation was presented, intended for stimulating the growth of seeds of rare plant species in research laboratories in small batches.

Keywords: laser diode, optical system, beam expander, plant seeds.

Адрес для переписки: Гурман Д. В., пр-т. Независимости 65, уч.к.17, г. Минск 220013, Республика Беларусь e-mail: psf-ltt@bntu.by

Лазерные установки для стимуляции роста семян растений представляют собой экологически чистые промышленные или лабораторные устройства, в качестве источника в которых используется лазерное излучение низкой интенсивности, воздействию которого на семена, приводит к повышению их всхожести, усилению роста и повышению стрессоустойчивости растений. Механизм воздействия лазера происходит на молекулярном уровне – активирует внутренние процессы в межклеточной жидкости и способствует более быстрому и качественному развитию растения, повышает урожайность на 20–30 %, а также устойчивость к неблагоприятным условиям.

В работах ряда авторов представлены результаты оценки эффективности воздействия лазерного излучения на семена растений [1–3].

В таблице 1 представлены сравнительные характеристики лазерных промышленных установок.

данного результата связано с физическими свойствами глицерина: высокой плотностью и вязкостью.

Применение иммерсионной жидкости для компенсации дифракционных явлений в фотолитографии является простым и эффективным способом устранения интерференционных картин на кремниевой пластинке.

Литература

1. Mack, C. A. Field Guide to Optical Lithography / C. A. Mack. – 2nd ed. – Bellingham: SPIE Press, 2020. – 220 p.

2. Van Zant, P. Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing / P. Van Zant. – 7th ed. – New York: McGraw-Hill, 2021. – 784 p.

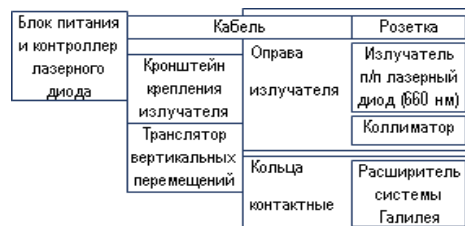


Рисунок 1 – Структурная блок-схема лазерной установки

В программном пакете Zemax OpticStudio проведен габаритный расчет оптической системы установки, основные геометрические параметры компонентов представлены в таблице 2. Технологическая лазерная установка имеет вертикальный вариант исполнения и построена на элементной базе компонентов компании Thorlabs, Inc. Проектирование и компоновку 3D изделия выполняли в CAD SolidWorks. Установка включает базовый элемент

конструкции – стойку с вертикальным линейным транслятором модели VAP10/M длиной хода 254 мм и ручной регулировкой расстояния посредством маховика. На подвижной платформе посредством двух монтажных колец SM2RC жестко закреплен расширитель пучка GBE15-A и кронштейн крепления излучателя, удерживающий оправу LD LTN330-A через контактное кольцо для тубусов SM05RC (рисунок 2).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика лазерных аппаратов для стимулирования роста семян

Модель / Наименование параметра	Аппарат квантовой терапии «Витязь», «АКТ-01»	Источник низкоинтенсивного когерентного излучения (НКИ) установка ЛОС-25А	Промышленная унифицированная лазерная установка "ЛУ-2; ЛУ-3"
Производитель	ЧТУП «Воркаут Групп»	НИИ генетики и селекции плодовых растений	ООО «НПФ Биолазер»
Длина волны, нм	650; 850	632,8	632,8
Диаметр пучка, м	0,01	0,1	н/д
Выходная мощность, мВт	5±2	100	н/д
Плотность мощности, Вт/м ²	0,01	3,185	н/д
Время экспозиции, мин	10 080	5, 10, 15	7 200

Внутри оправы размещаются розетка S7060R с лазерным диодом модели L660P120 (длина волны 660 нм, выходная мощность 120 мВт, посадочный диаметр 5,6 мм), зафиксированного резьбовым кольцом. Диод подключается к источнику питания через кабель SR9HF-DB9. Диод имеет исходные углы расходимости: $\theta_{\parallel} = 10^{\circ}$ (в вертикальной плоскости) и $\theta_{\perp} = 17^{\circ}$ (в горизонтальной плоскости). Поэтому с противоположной стороны в оправу по резьбе вкручивается втулка с асферической линзой (354330-A) для формирования коллимированного пучка диаметром 4 мм гауссовой формы продольного сечения. Диапазон подвижки асферической линзы находится в пределах 0...2,5 мм и обеспечивает подстройку оптимального фокусного расстояния $f' = 3,1$ мм.

Ахроматический галилеевский расширитель пучка представляет собой двухлинзовую систему и обеспечивает увеличение исходного значения диаметра с 4 мм до 60 мм ($\Gamma = 15\times$) (рисунок 3) [4].

Семена редких видов растений (ориентировочно 10 шт.) равномерно распределяются в центральной части алюминиевой чашки-кюветы Vochem (объемом 110 мл, $\varnothing 99 \times 25$ мм) и находятся на рабочем расстоянии $L=150$ мм от оптической поверхности расширителя пучка.

Небольшая мощность лазерного диода и продолжительное время непрерывной работы (до 24 часов) предусматривает необходимость подключения его к комбинированному контроллеру ИТС4001. Контроллер обеспечивает для лазерного

диода стабилизацию постоянного тока (СС) и постоянной мощности (СР), а также стабилизацию температуры 0,002 °С (24 часа).

Таблица 2 – Параметры оптических компонентов

№	R, мм	d, мм	Øсв., мм
1	~2,979 (асфер.)	–	3,84
2	–2,725	3,214	5,00
3	–13,57	3,10	5,77
4	∞	0,57	7,78
5	∞	182,75	46,50
6	–98,21	3,97	46,50

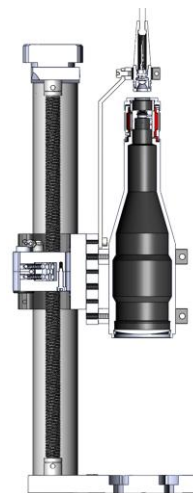


Рисунок 2 – 3D модель лазерной установки

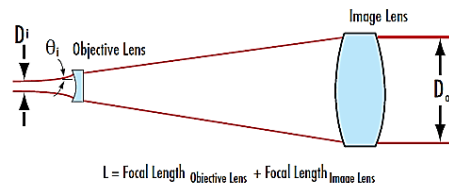


Рисунок 3 – Оптическая схема расширителя лазерного пучка

Заключение. Представленная модель лазерной технологической установки имеет компактное исполнение и предназначено для стимулирования роста семян редких видов растений в исследовательских лабораториях в малых сериях.

Литература

1. Пикереня, П. И. Влияние сочетанного лазерного облучения на начальные этапы онтогенеза пшеницы озимой / П. И. Пикереня, А. А. Дранкевич, В. А. Кравченко. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2018. – 2 с.
2. Журба, П. С. Практика применения лазерных агротехнологий на Кубани / П. С. Журба // Фотоника. – 2014. – № 5(47). – С. 90–103.
3. Подвигина, О. А. Влияние лазерного облучения семян сахарной свеклы на продуктивность, технологическое качество и сохранность корнеплодов / О. А. Подвигина, Л. Н. Путилина, Н. А. Лазутина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2022. – № 3. – С. 44–52.
4. Устройство расширения лазерных пучков / Edmund Optics Inc. // InScience. – 2016–2025. – URL: <https://inscience.ru/science/post/ustrojstva-rasshireniya-lazernyh-puchkov> (дата обращения: 20.04.2025).