

Большим достоинством предложенного метода является возможность формирования высокоинтенсивных лазерных БСП₂, что обеспечивается высокой лучевой прочностью использованных для реализации метода одноосного кристалла KDP (дигидрофосфат калия KH_2PO_4), четвертьволновых пластинок и кристаллических поляризаторов.

Радиальное распределение интенсивности в БСП₂, полученном с помощью аксикона с углом при основании конуса порядка 2,5 градуса, хорошо соответствует квадрату функции Бесселя второго порядка. Высокоинтенсивные БСП₂ могут применяться для точной лазерной обработки материалов, управления частицами в био- и нанотехнологиях, локального воздействия на биоткани.

Список литературы

1. Belyi, V. N. Propagation of high-order circularly-polarized Bessel Beams and vortex generation in uniaxial crystals / V. N. Belyi, N. A. Khilo, N. S. Kazak, A. A. Ryzhevich, A. Forbes // Opt. Eng. – 2011. – Vol. 50, № 5. – P. 1–9.
2. Хило, Н. А. Преобразование порядка бесселевых световых пучков в одноосных кристаллах / Н. А. Хило, А. А. Рыжевич, Е. С. Петрова // Квантовая Электроника – 2001. – Т. 31, № 1. – С. 85–89.

We investigate the effective method for shaping the Bessel light beam of the second order from the initial Gaussian beam using a uniaxial crystal. We propose optimal configuration of optical scheme for the method.

Балыкин Игорь Валерьевич, студент 4 курса факультета радиофизики и компьютерных технологий БГУ, Минск, Беларусь, b97@dragon.bas-net.by.

Научный руководитель – *Рыжевич Анатолий Анатольевич*, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь, tol@dragon.bas-net.by.

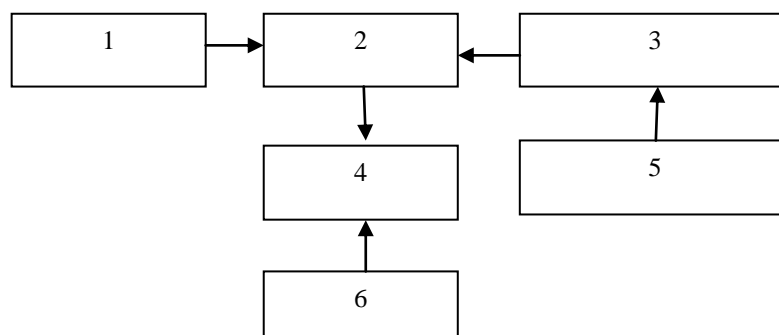
УДК 533.9.072

А. Л. БАРАХОЕВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ РАЗРЯДА АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ БАРЬЕРНОГО ТИПА

Для проведения технических и технологических экспериментов с использованием разряда барьерного типа при атмосферном давлении разработана экспериментальная установка, обеспечивающая возможность программно-управляемого перемещения зоны плазмообразования. Рассмотрены структурная схема установки, особенности работы системы перемещения разрядного узла. Приведены электрические характеристики разряда барьерного типа.

Барьерный разряд до сих пор остаётся малоизученным, несмотря на долгие годы исследований и количество перспективных промышленных приложений [1], его применение в основном сосредоточено на генерации озона [2]. Для проведения экспериментов с барьерным разрядом при атмосферном давлении, в том числе обработки разного рода объектов в плазме барьерного разряда, разработан экспериментальный стенд, структурная схема которого показана на рисунке 1.



1 – высоковольтный регулируемый источник питания; 2 – электроразрядная система; 3 – система перемещения; 4 – объект обработки; 5 – ПЭВМ; 6 – регулируемый держатель

Рисунок 1 – Структурная схема экспериментального стенда

Система перемещения дает возможность программно-управляемого движения электрода над поверхностью объекта обработки, располагаемого на регулируемом столике.

Установка создана на основе барьерного разряда, возбуждаемого последовательностью импульсов с частотой нескольких сотен Гц, и имеет возможность регулировки объёмного энерговклада в разряд. Временная структура электрического поля в межэлектродном промежутке барьерного разряда представлена на рисунке 2.

Разработанная конструкция экспериментального стенда позволяет проводить обработку объектов в условиях атмосферного давления, как в среде воздуха, так и в других газах (к примеру, N_2 , Ar).

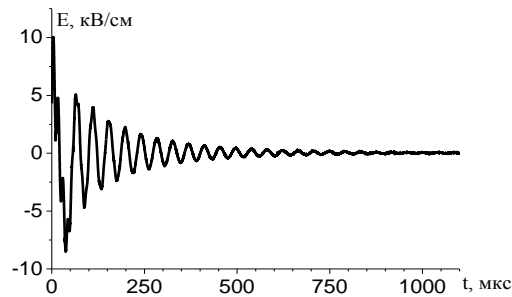


Рисунок 2 – Временная структура электрического поля в межэлектродном промежутке барьерного разряда

Возможно осуществлять обработку плоскости поверхностей при расстоянии от разрядного электрода до обработанной поверхности в диапазоне от 1 до 8 мм. Также возможно проведение длительной процедуры обработки (в течение нескольких десятков минут), при этом разрядный электрод может перемещаться, либо может быть неподвижен (рисунок 3).



Рисунок 3 – Барьерный разряд атмосферного давления

Задающий генератор источника питания барьерного разряда работает на частоте до 1 кГц. Сформированные высоковольтные импульсы имеют внутреннюю структуру – высокочастотное заполнение в виде затухающих колебаний, обусловленных резонансными свойствами выходного высоковольтного трансформатора. Источник питания энергетической системы барьерного разряда позволяет регулировать амплитуду напряжения в пределах 20–40 кВ, выходную мощность регулировать в пределах 30–60 Вт. Возможна обработка материалов как одиночными импульсами с частотой их следования 100 Гц, так и пачками импульсов (рисунок 4).

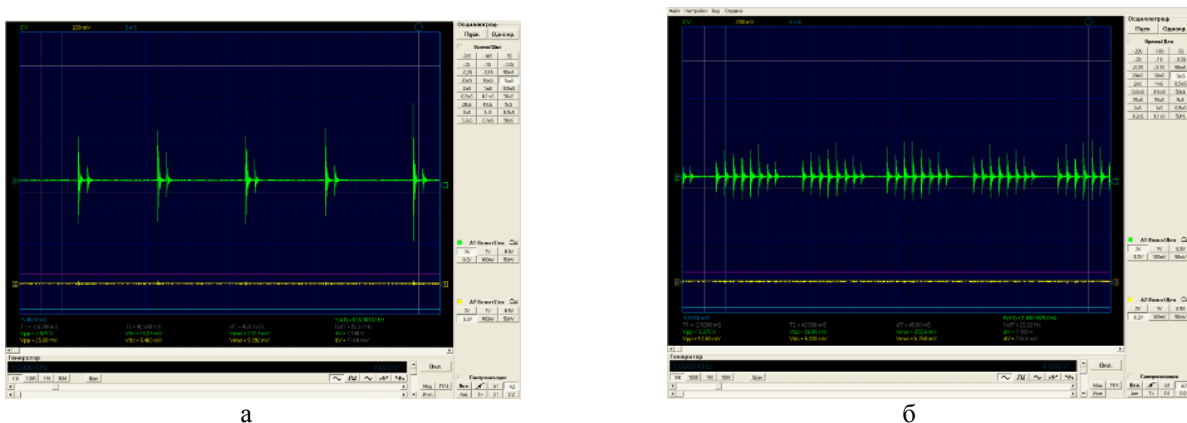


Рисунок 4 – Осциллограммы импульсов высоковольтного напряжения (а - $f \approx 100$ Гц, б - $f \approx 800$ Гц)

Средняя мощность, подводимая к разряду, составляла 30 Вт. Система перемещения позволяет программировать траекторию движения трубки барьерного разряда параллельно плоскости основания

равномерно со скоростью от 5 мм/с до 1000 мм/с, а также циклически ступенчато (когда скорость перемещения на разных участках траектории движения различна).

Список литературы

1. Автаева, С. В. Барьерный разряд. Исследование и применение / С. В. Автаева – Бишкек. : КРСУ, 2009. – 152 с.
2. Самойлович, В. Г. Физическая химия барьерного разряда / В. Г. Самойлович, В. И. Гибалов, К. В. Козлов. – М. : Изд-во МГУ, 1989 – 176 с.

An experimental stand for excitation of a dielectric barrier discharge at atmospheric pressure was developed. The structural scheme of the setup and electrical characteristics of the discharge are presented.

Барахоев Андрей Леонидович, магистрант кафедры электронной техники и технологии факультета компьютерного проектирования БГУИР, Минск, Беларусь, andreibarahoiev@gmail.com.

Научный руководитель – *Бордусов Сергей Валентинович*, доктор технических наук, профессор кафедры электронной техники и технологии БГУИР, Минск, Беларусь, bordusov@bsuir.by.

УДК 66.088

Д. В. БЕЛЬСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ КРЕМНИЕВЫМИ ПЛАСТИНАМИ НА СКОРОСТЬ СВЧ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО УДАЛЕНИЯ ФОТОРЕЗИСТИВНЫХ ПЛЁНОК

Исследовано влияние расстояния между обрабатываемыми кремниевыми пластинами, расположенных в области локального максимума СВЧ энергии, на скорость СВЧ плазмохимического удаления с их поверхности фоторезистивных пленок. Установлено, что уменьшение расстояния между обрабатываемыми пластинами может приводить к уменьшению скорости удаления фоторезиста до двух раз.

СВЧ газоразрядное оборудование технологического назначения широко используется на операциях непрецизионной обработки материалов микроэлектроники, предусматривающих индивидуальную обработку полупроводниковых пластин диаметром 300 и 200 мм и групповую обработку пластин с меньшим диаметром. Анализ литературных источников показывает, что в конструкциях таких СВЧ плазматронов в качестве систем для возбуждения и поддержания СВЧ разряда используются резонаторы прямоугольной формы. В резонаторных СВЧ плазматронах для получения разряда используется энергия «стоячих волн» [1]. Полученные результаты измерений структуры распределения СВЧ поля в зоне газового разряда в резонаторе прямоугольной формы указывают на существование устойчивой формы неравномерности распределения плотности мощности в объеме разрядной зоны [2]. Это свидетельствует о наличии существенной пространственной неоднородности в параметрах СВЧ разряда применительно к цилиндрическим разрядным камерам туннельного типа, что в свою очередь предполагает разброс скоростей гомогенных и гетерогенных процессов по сечению и длине разрядной камеры.

Для эффективного проведения плазменных процессов обрабатываемые материалы необходимо размещать в областях СВЧ разряда, где его химическая активность максимальна [1]. При групповой обработке полупроводниковых пластин одним из факторов, влияющих на скорость удаления фоторезиста, является расстояния между подложками, что может быть связано с изменением плотности травящих фоторезист частиц, ухудшением отвода отработанных продуктов реакции, увеличением сопротивления движению газового потока.

Экспериментальные исследования влияния расстояния между подложками на скорость удаления с их поверхности фоторезиста в области локального максимума СВЧ энергии проводились на базе лабораторной СВЧ плазменной установки резонаторного типа [3], используемой на операциях очистки полупроводниковых подложек, удаления фоторезистивных покрытий, лаков и мастик, плазменного осаждения пленок, модификации поверхности материалов, деталей и узлов сложной формы [1].

Внутри кварцевого туннельного реактора объемом около 9000 см³ на подложкодержателе из кварцевого стекла размещались пластины из монокристаллического кремния диаметром 100 мм с нанесенным на его поверхность фоторезистом марки S 1813 G 2 SP 15 толщиной 1,5 мкм. Пластины располагались вдоль оси напуска газа. Регистрация момента окончания процесса удаления фоторезиста проводилась при помощи спектрометра SL 40-2-2048 ISA по интенсивности спектральной линии кислорода $\lambda = 777,46$ нм. В качестве рабочего газа использовался воздух. Процесс плазмохимического удаления проводился при давлении 130 Па.

Результаты исследования влияния расстояния между обрабатываемыми кремниевыми пластинами на скорость СВЧ плазмохимического удаления с их поверхности фоторезистивных пленок представлены на рисунке 1.