

НАНОФИЗИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

**Труды XXIV Международного
симпозиума**

10–13 марта 2020 г., Нижний Новгород

Том 2

Секции 3, 5

Нижний Новгород
Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского
2020

Оптимизация анодной мембраны с прострельной мишенью в системе источников мягкого рентгеновского излучения для проведения процессов рентгеновской литографии

П.Ю. Глаголев^{1*}, Г.Д. Демин¹, Н.А. Дюжев¹, Г.И. Орешкин¹

¹ Национальный исследовательский университет «МИЭТ», пл. Шокина, 1, Москва, Зеленоград, 124498.

*glagolev@ckp-miet.ru

В настоящей работе рассматривается необходимость оптимизации конструкции анодной мембраны с прострельной мишенью в системе источников мягкого рентгеновского излучения. Рассматривается введение в конструкцию компенсационного электрода, служащего для предотвращения деформации анодной мембраны. Построена физико-математическая модель электростатического прогиба анодного узла. Рассчитано оптимальное расстояние и напряжение между анодом и компенсационным электродом. Полученные результаты также могут быть применимы в процессе разработки миниатюрных устройств генерации рентгеновского излучения

Введение

Направленный поток высокоэнергетичных электронов, возникающих в процессе автоэлектронной эмиссии, в результате воздействия на атомы прострельной мишени может приводить к генерации электромагнитных волн в рентгеновском диапазоне. Это, в свою очередь, может быть применимо для задач рентгеновской литографии, актуальным направлением развития которой является создание массива микрофокусных рентгеновских трубок на основе электронной системы из матрицы анодных узлов и матрицы автоэмиссионных катодных узлов (АКУ), что было рассмотрено ранее в работах [1-3].

Оптимизация конструкции матрицы анодных узлов

Одиночный АКУ, как правило, состоит из кремниевго нанокатода, управляемого шиной сеточного электрода. В свою очередь, матрица анодных узлов включает в себя рентгенопрозрачную бериллиевую пленку, создающую мягкое рентгеновское излучение, и анодную мембрану, предназначенную для создания электрического поля в межэлектродном пространстве между анодным узлом и АКУ. Данная матрица одновременно выполняет функцию самосовмещения с АКУ рентгеновских окон и теплоотвод с мишени, что становится критичным при эмиссии электронов с высокой энергией (более 1 кэВ).

В связи с этим важной задачей является выбор оптимального состава и конструкции матрицы анодных узлов для обеспечения быстрого оттока тепла в процессе генерации рентгеновского излучения. Более того, вследствие сильных электрических полей, необходимых для генерации автоэлектронной эмиссии (выше 1 В/нм), матрица анодных узлов подвергается значительной электростатической деформации (см. рис. 1), что в значительной степени может препятствовать стабильной работе микрофокусных рентгеновских трубок в составе рентгеновского литографа.

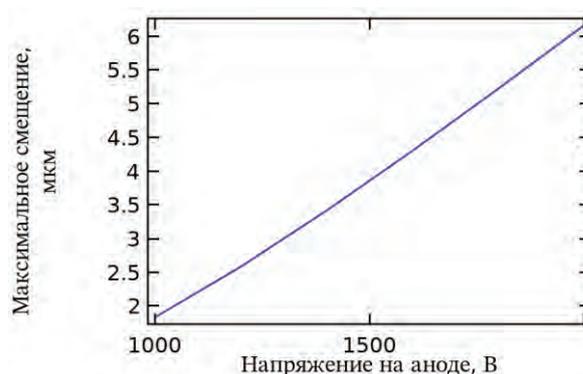


Рис. 1. Зависимость максимальной электростатической деформации анодного узла от напряжения на нем

Для предотвращения электростатической деформации анодной мембраны в работе предлагается введение в систему дополнительного электрода, компенсирующего электростатический прогиб анодного узла. В качестве материала компенсационного

электрода были рассмотрены кремний, алюминий, поликремний и алмазоподобные пленки.

Вследствие высокой теплопроводности и высокой механической прочности алмазоподобные пленки могут быть выбраны в качестве наиболее перспективного материала для анодного узла. На рисунке 2 представлена деформация матрицы анодного узла, скомпенсированная дополнительным электродом при разности напряжений между анодом V_A и компенсирующем электродом V_{CE} 4500 В.

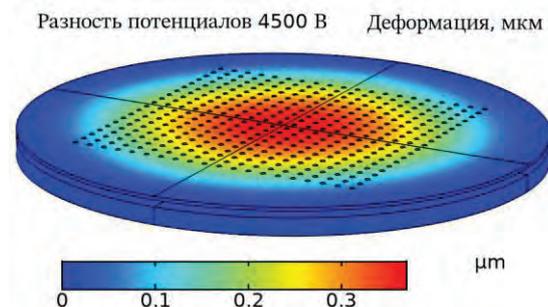


Рис. 2. Величина электростатической деформации матрицы анодного узла в присутствии компенсационного электрода

Важным фактором, влияющим на формирование направленности рентгеновского пучка (излучения) является пространственное расположение рентгеновских окон в анодном узле. Из экспериментальных результатов наших исследований была определена критическая деформация анодного узла, которая не должна превышать предельного значения 100 нм. Превышение данного параметра существенно образом влияет на размытие рисунка на рентгенорезисте.

Задачей данного исследования является нахождение оптимальных физико-геометрических параметров системы матрицы анодных узлов и компенсирующего электрода.

На рисунке 3 представлены зависимости максимального электростатического смещения от разности напряжений на анодном узле V_A и компенсирующем электроде V_{CE} при различных расстояниях анодный узел - компенсирующий электрод h_{ACE} .

Следует отметить, что толщины анодного узла и компенсирующего электрода оставались неизмен-

ными и величина напряжения на аноде составляла $V_A=2000$ В.

Результаты данного исследования в значительной степени облегчают решение проблемы электростатического прогиба анодного узла, входящего в состав в системы источников мягкого рентгеновского излучения для проведения процессов рентгеновской литографии.

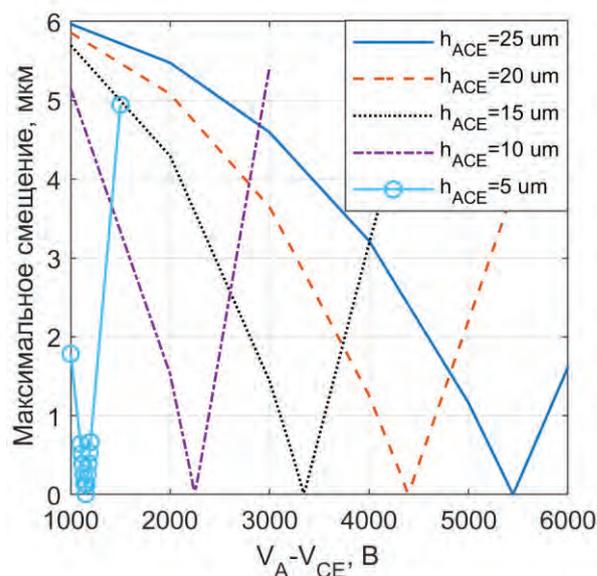


Рис. 3. Зависимость максимальной электростатической деформации анодного узла от разности напряжений на анодном узле V_A и компенсирующем электроде V_{CE} при различных расстояниях анодный узел - компенсирующий электрод h_{ACE}

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № 14.578.21.0250, RFMEFI57817X0250) с использованием оборудования ЦКП «МСТ и ЭКБ» МИЭТ.

Литература

1. Н.А. Дюжев и др., Журнал технической физики. 89 (2019), 1836-1842.
2. G.D. Demin, et al, J. Vac. Sci. Technol. B. 37 (2019), 022903.
3. N.N. Salashchenko, N.I. Chkhalo, N.A. Djuzhev. J. Surf. Invest.: X-Ray, Synchrotron Neutron Tech. 10 (2018), 10.