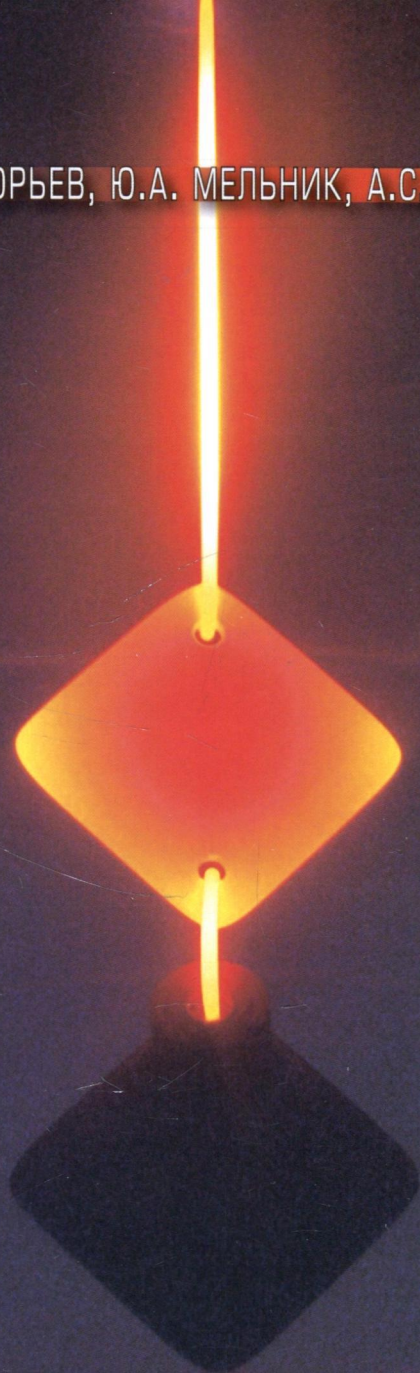


НАУКА
SCIENCE



С.Н. ГРИГОРЬЕВ, Ю.А. МЕЛЬНИК, А.С. МЕТЕЛЬ

ИСТОЧНИКИ БЫСТРЫХ АТОМОВ ГАЗА И АТОМОВ
МЕТАЛЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ



МОНОГРАФИЯ

**С.Н. ГРИГОРЬЕВ, Ю.А. МЕЛЬНИК,
А.С. МЕТЕЛЬ**

**ИСТОЧНИКИ
БЫСТРЫХ АТОМОВ ГАЗА
И АТОМОВ МЕТАЛЛА
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ**

МОНОГРАФИЯ

Москва
КУРС
2021

УДК 621.793.18(075.4)

ББК K557

Г83

ФЗ
№ 436-ФЗ

Издание не подлежит маркировке
в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-29-00297 от 06.08.2014 г)

Рецензенты:

А.А. Грибков — д-р техн. наук, доцент кафедры «Высокоэффективные технологии обработки», директор аналитического центра;

В.В. Панин — канд. техн. наук, зам. начальника отдела 21 ОАО «Научно-исследовательский институт точного машиностроения»

Григорьев С.Н.

Г83 Источники быстрых атомов газа и атомов металла для обработки изделий : монография / Григорьев С.Н., Мельник Ю.А., Метель А.С. — Москва: КУРС, 2021. — 176 с.

ISBN 978-5-906923-01-1 (КУРС)

В монографии рассматриваются источники широких пучков быстрых нейтральных атомов газа и потоков атомов металла для обработки поверхности изделий. Излагаются физические основы генерации используемого в них плазменного эмиттера ионов в тлеющем разряде с электростатическим удержанием электронов. Описаны источники для синтеза покрытий на изделиях сложной геометрической формы из диэлектрических материалов с единой эмиссионной сеткой для атомов металла и сопровождающих их быстрых атомов газа. Анализируются результаты применения источников для активации поверхности перед осаждением покрытий на изделия из любых материалов, травления поверхности диэлектриков, осаждения и удаления износостойких покрытий.

Книга предназначена студентам и аспирантам, специализирующимся в области ионно-плазменной обработки материалов.

УДК 621.793.18(075.4)

ББК K557

ISBN 978-5-906923-01-1 (КУРС)

© Григорьев С.Н., Мельник Ю.А.,
Метель А.С., 2016

© КУРС, 2016

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве «КУРС»

Подписано в печать 21.05.2021.

Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Newton.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 11,0.

Доп. тираж 100 экз. Заказ №2966.

ТК 652591-775357-211116

ООО Издательство «КУРС»

127273, Москва, ул. Олонецкая, д. 17А, офис 104.

Тел.: (495) 203-57-83. E-mail: kursizdat@gmail.com

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА С ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ЛОВУШКОЙ	5
1.1. Заполнение вакуумной камеры плазмой тлеющего разряда и пространственное распределение ее параметров.....	5
1.2. Снижение разрядного напряжения при бомбардировке катода ускоренными электронами.....	22
Глава 2. ИСТОЧНИКИ ПУЧКОВ БЫСТРЫХ АТОМОВ ГАЗА С ГЕНЕРАЦИЕЙ ПЛАЗМЕННОГО ЭМИТТЕРА ИОНОВ В РАЗРЯДЕ С ЛОВУШКОЙ БОЛЬШОГО РАЗМЕРА	33
2.1. Регулировка энергии быстрых атомов газа изменением потенциалов анода и эмиссионной сетки.....	34
2.2. Измерение кинетической энергии быстрых атомов и плотности транспортируемой ими в камеру мощности.....	41
2.3. Параметры плазменного эмиттера и вторичной плазмы в камере.....	46
2.4. Источники пучков быстрых атомов с секционированными полами катодами и эмиссионными сетками.....	57
Глава 3. ТЛЕЮЩИЙ РАЗРЯД В ИСТОЧНИКАХ БЫСТРЫХ АТОМОВ С МАЛОГАБАРИТНЫМИ ЛОВУШКАМИ	66
3.1. Повышение тока электронной эмиссии полого катода источника быстрых атомов бомбардировкой электронами из вакуумной камеры.....	67
3.2. Определение эквивалентного тока быстрых атомов и молекул при инжекции электронов в источник пучка через его эмиссионную сетку.....	74
3.3. Источники быстрых молекул с плазменным анодом.....	84
Глава 4. ИСТОЧНИКИ СМЕШАННЫХ ПОТОКОВ АТОМОВ МЕТАЛЛА И БЫСТРЫХ АТОМОВ ГАЗА	90
4.1. Источники атомов металла с мишенью, распыляемой высокоэнергетическими ионами из плазмы разряда с полым катодом в магнитном поле.....	91
4.2. Источник смешанного потока быстрых молекул газа и атомов мишени на дне полого катода, распыляемой ионами из плазменного эмиттера.....	101
4.3. Аксиально-симметричные источники смешанного потока атомов металла и быстрых молекул газа.....	112
Глава 5. ПОВЕРХНОСТНАЯ И РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСТОЧНИКОВ БЫСТРЫХ АТОМОВ ГАЗА И АТОМОВ МЕТАЛЛА	117
5.1. Поверхностная обработка изделий быстрыми атомами и молекулами.....	117
5.2. Размерная обработка деталей машин и инструмента пучком быстрых атомов аргона.....	127

5.2.1. Пространственное распределение скорости распыления материалов в рабочей вакуумной камере	127
5.2.2. Травление через маску фасонных газодинамических канавок на поверхности бесконтактных торцовых уплотнений компрессоров и газовых подшипников, изготовленных из твердых диэлектриков.....	136
5.2.3. Уменьшение радиуса скругления режущей кромки инструмента в результате однородного распыления его поверхности быстрыми атомами аргона и удаление с его поверхности износостойких покрытий.....	142
5.3. Комбинированная поверхностная обработка инструмента и деталей машин с помощью универсальных источников пара и быстрых молекул	146
5.3.1. Параметры химически активной плазмы, образующейся в вакуумной камере при инжекции в нее ускоренных ионов и их перезарядке	146
5.3.2. Повышение однородности и концентрации образованной пучком плазмы с помощью самостоятельного разряда с электростатическим удержанием электронов в камере	150
5.3.3. Активация поверхности инструмента быстрыми атомами аргона, азотирование в плазме самостоятельного разряда в камере и синтез на поверхности износостойкого покрытия.....	158
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	161