Фесенко Сергій Олександрович, асистент кафедри радіотехніки та радіоелектронних систем, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Назва дисертації: &laquo;Властивості термічної плазми електродугового розряду між композитними Cu-C електродами&raquo;. Шифр та назва спеціальності 01.04.08 фізика плазми. Спецрада Д 26.001.31 Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Міністерство освіти і науки України

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця

на правах рукопису

Фесенко Сергій Олександрович

УДК 533.9

ДИСЕРТАЦІЯ

ВЛАСТИВОСТІ ТЕРМІЧНОЇ ПЛАЗМИ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО РОЗРЯДУ МІЖ

КОМПОЗИТНИМИ Cu-C ЕЛЕКТРОДАМИ

01.04.08 – фізика плазми

(фізико-математичні науки)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних

наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,

результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С. О. Фесенко

Науковий керівник – Веклич Анатолій Миколайович, доктор фізикоматематичних наук, професор

Київ – 2021

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів …. 20

Вступ ……...…………………………………………………………………. 21

1. Плазма електродугового розряду між композитними електродами …... 30

1. 1. Особливості ерозії композитних мідно-графітових електродів ……….. 32

1. 2. Опис дугового розряду між композитними мідно-графітовими електродами

в рамках магнітогідродинамічної моделі плазми ……………………………. 36

1. 3. Методи визначення напруженості електричного поля електродугового

розряду ………………………………………………………………………….. 44

1.4 Дуговий розряд між графітовим електродами в атмосфері інертних газів 47

1.5 Розрахунок компонентного складу плазми, яка знаходиться у стані локальної

термодинамічної рівноваги ...………………………………………………….. 51

1.6 Вплив металевої домішки на властивості

плазми електродугового розряду ...........…………...................................……… 53

2. Експериментальні дослідження плазми електродугового розряду …………. 59

2.1 Організація електродугового розряду ……………………………………….. 59

2. 2. Живлення електродугового розряду ……………………………………….. 60

2.2.1 Інверторне джерело живлення дугового розряду ………………………… 65

2.3 Метод вимірювання напруженості електричного поля позитивного стовпа

електродугового розряду …………………………………………………………. 73

2.3.1 Модуляція міжелектродної відстані ……………………………………….. 73

2.3.2 Визначення напруженості електричного поля ……………………………. 75

2.3.3 Особливості виділення основної гармоніки із напруги дуги ……………. 77

2.3.4 Тестування програмно-апаратного комплексу

вимірювання напруженості електричного поля ……………………………..... 78

19

2.4 Синхронізація цифрових фотокамер

із джерелом живлення дугового розряду ............................................................. 84

2.5 Організація розривної дуги ............................................................................. 85

3. Плазма електродугового розряду з домішками парів міді, срібла та вуглецю в

атмосфері повітря ………………………………………………………………… 89

3.1 Радіальні профілі температури плазми електродугового розряду між

композитними Cu-C та Ag-C електродами ……………………………………… 89

3.2 Лінійна лазерна абсорбційна спектроскопія плазми електродугового розряду

між композитними Cu-C електродами …………………………………………... 97

3.3 Визначення електронної концентрації плазми електродугового розряду з

розширення спектральної лінії за рахунок квадратичного ефекту Штарка .. 101

3.4 Розрахунок компонентного складу повітряної плазми

з домішками парів електродного походження ……………………................... 105

3.5 Розрахунок просторової межі рівноважності

плазми електродугового розряду ……………………………..……………….. 110

3.6 Методика визначення електронної концентрації

плазми з енергетичного балансу ………………………….……....…………… 120

4. Параметри плазми електродугового розряду

між композитними Cu-C та Ag-C електродами …………....….……………… 133

4.1 Параметри плазми електродугового розряду

між композитними Cu-C електродами .....……………………….………… 133

4.2 Параметри плазми електродугового розряду

між композитними Ag-C електродами ..……………………….……….…….. 142

4.3 Особливості ерозії композитних Cu-C електродів ………………………... 152

Висновки ………………………………………………………………………… 156

Список використаних джерел ………………………………………………..... 158

Додаток. Список публікацій здобувача за темою дисертації …....................... 170

ВИСНОВКИ

Удисертаційнійроботінаведеневирішеннянауковоїзадачівстановлення

фізичнихособливостейтермічноїплазмиелектродуговогорозрядуміж

композитнимиелектродами

Основнінауковірезультатитакі

Розробленооригінальнийпрограмноапаратнийкомплексвимірювання

урежиміреальногочасунапруженостіелектричногополяпозитивногостовпа

електродуговихрозрядівутомучисліміжкомпозитнимиелектродами

зокремата

Вдосконаленотавпершезастосованометодикуекспериментального

визначенняелектронноїконцентраціїпозитивногостовпаелектродугового

розрядуміжоднокомпонентнимиміднимиікомпозитнимиелектродамиіз

залученнямрозв’язкурівнянняенергетичногобалансуЕленбаасаГеллера

Запропонованометодоцінкиположеннямежіобластілокальної

термодинамічноїрівновагивплазміякийґрунтуєтьсянапорівнянні

розрахованогопросторовогорозподілурівноважногокомпонентногоскладу

плазмидуговогорозрядуізпопередньовизначенимпрофілемелектронної

концентраціїКомпонентнийскладуданомупідходірозраховуєтьсяіз

залученнямінтенсивностейвипромінюванняспектральнихлінійдомішок

електродногопоходження

Впершевиявленорозширенняканалудуговогорозрядуміжміднографітовимиелектродамиупорівняннізаналогічнимирозрядамиміж

плавкимизокремаоднокомпонентнимиміднимиелектродамиОсобливістю

ерозіїмідноїкомпонентизкомпозитнихміднографітовихелектродівє

збільшенняїхефективноїплощівипаровуванняутомучислізарахунокбічної

поверхніЯкнаслідокоб’ємміжелектродногопроміжкубільшефективно



заповнюєтьсяпарамимідітермічнаіонізаціяякихпризводитьдовідповідного

розширенняканалупровідностірозряду

Встановленощомолекулимонооксидуазотувідіграютьважливуроль

узабезпеченніелектропровідностівнизькотемпературнійзоніблизько

просторовонеоднорідногодуговогорозрядуздомішкамипарівметалів

Необхідністьврахуванняцихмолекулукомпонентномускладієособливо

важливоюпридослідженнітермодинамічногостануплазмивільноїелектричної

дугиздомішкамипарівелементівматеріалуелектродазокремаврозрядііз

силоюструмуА