

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

(повне найменування інституту/факультету)

Кафедра загальної фізики і фізики теплоенергетичних та хімічних процесів

(повна назва кафедри)

Д и п л о м н а р о б о т а

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **«Роль поляризаційних ефектів у формуванні локального електростатичного поля у наноструктурованих композитах»**

«The role of polarization effects in the formation of a local electrostatic field in nanostructured composites»

Виконав: студент денної форми навчання
Спеціальність: 105 - прикладна фізика та наноматеріали

Коровіченко Валентин Вячеславович

Керівник к.ф.- м.н., доц. Маренков В.І. _____

Рецензент д.ф.- м.н., проф. Ваксман Ю.Ф.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ 5 від 10.12.2019 р.

Захищено на засіданні ЕК № __

протокол № __ від __.__.2019 р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

Голова ЕК

(підпис) Гоцульський В.Я.

(підпис) Шевчук В.Г.

Одеса – 2019

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Гетерогенна плазма (ГП) у сучасних технологіях.....	5
1.1. Характеристики та параметри гетерогенної плазми	5
1.2. Іонізаційна рівновага в плазмозолях	13
1.3. Поляризаційний внесок в локальні мікрополя гетерогенної плазми	16
2. Статистичний підхід квазінейтральних чарунок щодо опису електроніонних властивостей гетерогенної плазми	25
2.1. Гальмівна радіація зарядів плазми продуктів згоряння	25
2.2. Амплітудно-частотна функція (АЧФ) гальмівних мод радіочастотного випромінювання зарядів плазмозоля	30
3. Вплив електростатичного поля джерел термостату на розподіл зарядів в стаціонарній плазмі з конденсованими макрочастинками	37
3.1. Опис поляризації чарунок у наближенні локально-термодинамічної рівноваги	37
3.2. Розподіл локального максвелівського поля в усередненій чарунці квазінейтральності ГП	39
4. Поляризація структурних одиниць плазми продуктів згоряння та спектральні складові потужності гальмівних мод її радіації в радіодіапазоні. Комп'ютерний експеримент	43
4.1. Радіовипромінювання гетерогенної плазми, утвореної продуктами згорання ракетного палива	43
4.2. Комп'ютерний експеримент	48
Висновки.....	52
Література.....	53

ВСТУП

Розробка модельних теоретичних підходів, щодо опису рівноважної іонізації гетерогенної плазми (ГП) зі стаціонарним струмом в об'ємі, із врахуванням поляризації макрочастинок (МЧ) в електричному полі джерел термостату, ставить представляє значний інтерес для ряду сучасних впроваджень ГП. Визначальний момент теорії – чарункова модель електростатичного екранування у ГП при наявності зовнішнього поля [1-3]. Для плазми продуктів згоряння конденсованих пального зі сферичними частинками конденсованої дисперсної фази (КДФ) визначено вплив поляризації на рівноважну іонізацію ГП зі стаціонарним струмом в об'ємі. На відміну від рівноважної плазми, яка не взаємодіє із зовнішнім полем умовою, що виокремлює електронейтральну чарунку в даному випадку на межі чарунки обирається наступна:

$$\left. \frac{d\varphi}{d\vec{r}} \right|_{\vec{r} \in S_C} = \vec{E} \quad (1)$$

Тут φ – самоузгоджений потенціал в плазмі; S_C – поверхня, що виокремлює чарунку; \vec{E} – усереднене максвеллівське поле в плазмі. При відсутності зовнішнього електричного поля, виокремлюючи умова для градієнту поля (1) на границях ефективних чарунок електронейтральності ГП є однорідною, і отже ефекти поляризації відсутні. Наявність поля джерел термостату призводить до зміни розподілу локального електростатичного поля в околах дисперсних макрочастинок.

Метою даної роботи є визначення впливу зовнішнього електричного поля на випромінювальні характеристики плазми продуктів згоряння (ППЗ) конденсованих палив.

Для виконання поставленої мети було поставлено та вирішено декілька актуальних проблем:

1. Проблема адекватного врахування розподілу внутрішніх електронів макрочастинок (МЧ) за енергією на рівень іонізації гетерогенної плазми продуктів згоряння (ППЗ) конденсованих палив;

2. Вплив зарядів частинок конденсованої дисперсної фази (КДФ) в ППЗ на їх іонізаційні характеристики (роботу виходу електронів з поверхні). Геометрія макрочастинок (планарна, сферична, циліндрична) та розподіл самоузгодженого електростатичного потенціалу у власному об'ємі (МЧ) у наближенні Томаса-Фермі;

3. Зв'язок заряду та поляризації МЧ в умовах дії джерел термостату з гальмівною радіацією вільних зарядів гетерогенної плазми (ГП).

4. Моделювання і комп'ютерний експеримент із визначенням генерації та амплітудно-частотної функції гальмівної радіації ППЗ в радіо-частотному діапазоні . Прикладні проблеми теледіагностики ГП.

ВИСНОВКИ

1. В наноструктурованих агломератах макрочастинок ППЗ металізованого пального РД знайдено значення ефективного електростатичного потенціалу носіїв та його функціональна залежність від зовнішнього електростатичного поля накладеного на факел продуктів згоряння. Обговорено вплив поляризації факелу на спектральні компоненти АЧФ гальмівної радіації гетерогенної плазми (ГП).

2. Визначене ефективне локальне електростатичне поле, що діє на електрони в чарунці електронейтральності. Знайдена ефективна “повертаюча сила” для зміщених електронів, МЧ та їх агломератів у збурених чарунках факелу продуктів згоряння;

3. В рамках моделі знайдено ефективний коефіцієнт квазіпружності виділеної чарунки щодо активованих зміщень окремих зарядів (макрочастинок, їх агломератів, іонів та електронів);

4. Спектр ангармонійних коливань електронів і макрочастинок (МЧ), що утворюють завись у розрідженому буферному газі у плазмозолях, та емітованих ансамблем МЧ електронів обчислено в рамках комп’ютерного експерименту на основі програм розроблених для MATLAB’у.

5. Одержано функціональні залежності спектру коливних мод МЧ та газових електронів від визначальних параметрів ППЗ. Відмічено добре узгодження з даними натурного експерименту.

6. Результати комп’ютерної симуляції із визначення спектральних компонентів радіовипромінювання плазми продуктів згоряння порошку алюмінію в атмосферному повітрі порівняно з даними натурних експериментів [3-6].

_____ В. В. Коровіченко

ЛІТЕРАТУРА

1. Marenkov V.I. Physical modelling of ionization processes in dense high-temperature plasmas // Journal of Molecular Liquids. - 2003.- Vol. 105, No. 2, pp. 299–305.
2. Marenkov B.I. «Polidispersed» ionization of macroparticles in heterogeneous plasma systems // Physics of aerodisperse systems. – 2002. – Iss. 39. – P. 270-280.
3. Marenkov V.I. Conceptual aspects of the electrophysical heterogeneous plasma properties theory //
4. Marenkov V.I. Collective Mode of Vibrations in the Subsystems of Charged Macroparticles in Liquid Heterogeneous Plasma Medium.- PLM MP, May 21-24, 2010, Kyiv, Ukraine, Abstracts. – P. 32.
5. Marenkov V.I. The Equilibrium Ionization of Plasma with Macroparticles Interacting with Thermostat. - 24-th Symposium in Plasma Physics and Technology, 14th-17th June, 2010, Prague, Czech Republic, – P. 130-131.
6. Marenkov V.I., Kuchersky A.Yu. Statistical Concept Review and the Thomas-Fermi Approximation in the Theory of Heterogeneous Plasma Systems Properties // Physics of Aerodisperse Systems. –2007. - Iss. 44. - P. 107-120 (In Ukrainian).
7. Marenkov V.I., Kuchersky A.Yu., Slobodenjuk A.V. Vibration Modes of Condensed Dispersed Phase Macroparticles in Metallized Fuels Combustion Products // Physics of Aerodisperse Systems. – 2008.-Iss. 45.- P. 116-126 (In Ukrainian).
8. Marenkov, V. I. Manifestation of Polarization Effects in Dusty Plasma // Journal of Molecular Liquids. - 2005.- Vol.120, Nu. 2, P. 181-184.
9. Marenkov V.I., Kuchersky A.Yu., Slobodenjuk A.V. Vibration Modes of Condensed Dispersed Phase Macroparticles in Metallized

- Fuels Combustion Products // Physics of Aerodisperse Systems. - 2008. – Iss. 45. - P. 116-126 (In Ukrainian).
10. Marenkov V.I. . 24th Symposium on Plasma Physics and Technology, 14th - 17th June, 2010. - Prague, Czech Republic. - P.130 - 131.
 11. Маренков В.І. В Кн.: XXIV конф. Дисперсные системы. – 20 - 24 сентября 2010. - С. 210 - 211.
 12. Marenkov V.I. Fermi Level of Carriers in the Volume Filling Defects Structure Based on Heat-Resistant Metals// Nanomaterials: Applications & Properties (NAP-2011). - 2011, P. 82 - 84.
 13. N. I. Poletaev, A. V. Floriko, Yu. A. Doroshenko, D. D. Polishchuk. On a Possibility of the Existence of Dusty Plasma Oscillation in the Front of an Aluminum Particle Flame//Ukrainian Journal of Physics 2008, vol.53, N. 11, p.1066-1074.
 14. Маренков В. І., Чесноков М. Н. Фізичні моделі плазми з конденсованою дисперсною фазою.- Київ.- УМК ВО.- 1989.-188 с.
 15. Marenkov V. I. XXI Galyna Puchkovska International School-Seminar SPECTROSCOPY OF MOLECULES AND CRYSTALS. - Beregove, Crimea, Ukraine. - September 22-29, 2013.-P. 332-333.
 16. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Электродинамика сплошных сред. - 2-е изд., испр. -М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1982. - 621 с. (т. VIII)