

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

щодо діяльності спільної проблемної науково-навчально-дослідницької  
лабораторії «Електроніка-Оріон»  
кафедри «Фізичних основ електронної техніки»  
Харківського національного університету радіоелектроніки

Проблемна науково-навчально-дослідницька лабораторія (ПННДЛ) "Електроніка-Оріон" створена з метою об'єднання зусиль професорсько-викладацького складу, наукових співробітників, докторантів, аспірантів, магістрів та студентів кафедри фізичних основ електронної техніки Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ) Міністерства освіти і науки України і науковців державного підприємства Науково-дослідний інститут (НДІ) «ОРИОН» Міністерства промислової політики України (м. Київ) для проведення прикладних досліджень, які направлені на створення нових перспективних зразків приладів і пристроїв в НВЧ і оптичному діапазонах, в тому числі їх математичного моделювання і проектування, а також розробку експериментальних зразків і макетів даних приладів і пристроїв.

### 1. Історія лабораторії

Історія створення лабораторії бере свій початок з 1966 року. В цей період було створено галузеву науково-дослідну лабораторію (ГНДЛ) "Електроніка" відповідно до постанови Ради Міністрів СРСР (№ 163 від 20.02.1964 р.) і спільним наказом Міністерства електронної промисловості СРСР і Міністерства освіти УРСР (№ 518/585 від 15.10.1966 р.). Наукова діяльність ГНДЛ «Електроніка» була пов'язана з фундаментальними і прикладними задачами НВЧ електроніки, включаючи вивчення фізичних процесів нелінійної взаємодії в приладах з схрещеними електричним і магнітним полями. Першим науковим керівником лабораторії був доктор фізико-математичних наук, професор Шеїн О. Г.

В період з 1966 по 1975 рр. робота лабораторії була тісно пов'язана з теоретичними і експериментальними дослідженнями магнетронних генераторів і підсилювачів. В роботі приймали участь провідні підприємства Міністерства електронної і радіотехнічної промисловості СРСР.

В 1976 році науковий напрямок лабораторії було переорієнтовано на вивчення проблем електромагнітної сумісності вакуумних НВЧ приладів і, зокрема, на вивчення фізичних механізмів багато частотної взаємодії в приладах магнетронного типу. Наукові результати цієї роботи увійшли в галузевий довідник по рівням побічних коливань приладів магнетронного типу. В цей період співробітництво лабораторії значно розширилося і було пов'язано з НВО ІСТОК (м. Фрязино, Московська область), ОКБ при заводі ПЛУТОН (м. Москва), ОКБ при заводі ГРАНИТ (м. Ростов-на-Дону), ОКБ при заводі ГАНТАЛ (м. Саратов), а також з рядом академічних інститутів АН СРСР и УРСР. Тривала і плідна праця в цей період відбилась у створенні наукової школи по математичному моделюванню нелінійних процесів в приладах магнетронного типу. Результати роботи лабораторії були визнані провідними спеціалістами в галузі вакуумної НВЧ електроніки. Розроблене спеціалізоване програмне забезпечення співробітниками і аспірантами лабораторії, включаючи двовимірні і тривимірні математичні моделі приладів магнетронного типу, було на той час унікальним і

відповідало найкращім світовим програмним продуктам, які застосовувались для вивчення особливостей нелінійної взаємодії і проектування НВЧ приладів магнетронного типу.

В 1996 році за ініціативою наукового керівника лабораторії доктора фізико-математичних наук, професора Чурюмова Г.І. ГНДЛ "Електроніка" була реорганізована в НДЛ "Електроніка" кафедри мікроелектроніки, електронних приладів і пристроїв (МЕРУ) Харківського технічного університету радіоелектроніки (наказ № 72 кн від 04.12.1996 р.). Це дозволило зберегти науковий напрямок і науково-технічний потенціал лабораторії та продовжити роботу, що пов'язана з дослідженням нелінійних процесів у вакуумних приладах НВЧ.

Найбільш ефективною робота лабораторії реалізувалась в 2001 році. НДЛ "Електроніка" кафедри МЕРУ Харківського національного університету радіоелектроніки була реорганізована в спільну проблемну науково-навчально-дослідну лабораторію (ПННДЛ) "Електроніка-Оріон" ХНУРЕ Міністерства освіти і науки України і державного підприємства НДІ «Оріон» Міністерства промислової політики України (наказ № 11 від 23.01.2002 р.) з розміщенням в ауд. 115-і (наказ № 43 від 25.01.2007 р.).

## **2. Наукова діяльність ПННДЛ «Електроніка-Оріон»**

В лабораторії проводяться науково-дослідні роботи із застосуванням сучасних технологій, заснованих на досягненнях мікрохвильових процесів, які відбуваються в вакуумних приладах НВЧ. Співробітники лабораторії беруть участь у науково-дослідних роботах, пов'язаних з проектуванням сучасних мікрохвильових генераторів, джерел оптичного діапазону на основі сірчаної лампи з НВЧ збудженням, антен для випромінювання надширококузових сигналів, автоматизацією вимірювань мікрохвильових параметрів НВЧ приладів та пристроїв, а також використанням мікрохвильових енергій в різноманітних технологіях.

Реалізація таких завдань можлива тільки з використанням сучасного програмного забезпечення, включаючи спеціалізовані пакети AutoCAD, КОМПАС, MathCAD, Microwave Office і ін. Особлива роль відводиться розробці власного програмного забезпечення для реалізації сучасних 2-D і 3-D математичних моделей з використанням алгоритмічних мов C /C++ та Fortran 90.

Наукова діяльність лабораторії проходить в тісній співпраці з організаціями національної Академії наук України та з різними вищими навчальними закладами України.

## **3. Наукові напрями діяльності лабораторії**

### ***3.1 Обчислювальний експеримент в електродинаміці, мікрохвильовій електроніці і фотоніці***

Основні наукові результати, які отримані в цьому напрямку, пов'язані з 3-D математичним моделюванням розповсюдження електромагнітних хвиль в наноструктурах (фотонних кристалах).

На рис. 1 показана нанорозмірна система фокусування електромагнітного поля (а, б) та приведені результати її чисельного моделювання (с, д) методом кінцевих різниць (Finite Difference Time Domain (FDTD) Method). Представлена система фокусування включає фотонний кристал та металевий конусоподібний хвилевід і може бути використана в спектроскопічних приладах нового покоління.

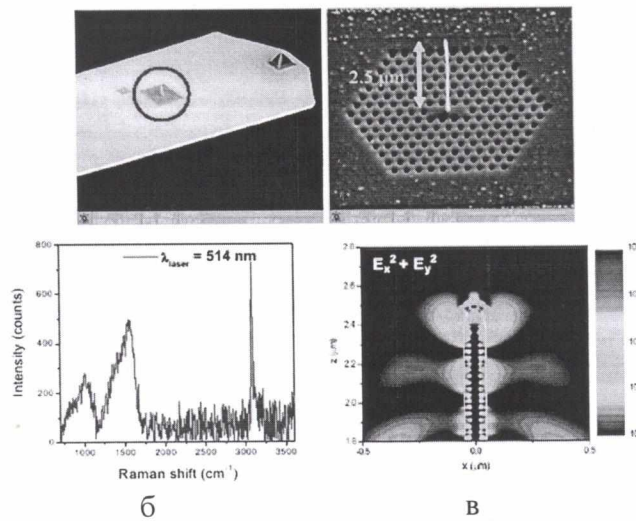


Рис. 1. Результати моделювання системи фокусування електромагнітного поля

### 3.2 Фізика процесів у системах частинок з електромагнітною взаємодією

Для вирішення задач даного напрямку розроблені 3-D математична модель магнетрона методом крупних часток та 3-D математична модель магнетронної гармати з холодним вторинно-емісійним катодом для генерації потужних електронних потоків, а також запропоновані ряд аналітичних моделей магнетрону.

Розроблена 3-D математична модель двокаскадного магнетрона. Результати математичного моделювання за допомогою даної моделі показані на рис. 2.

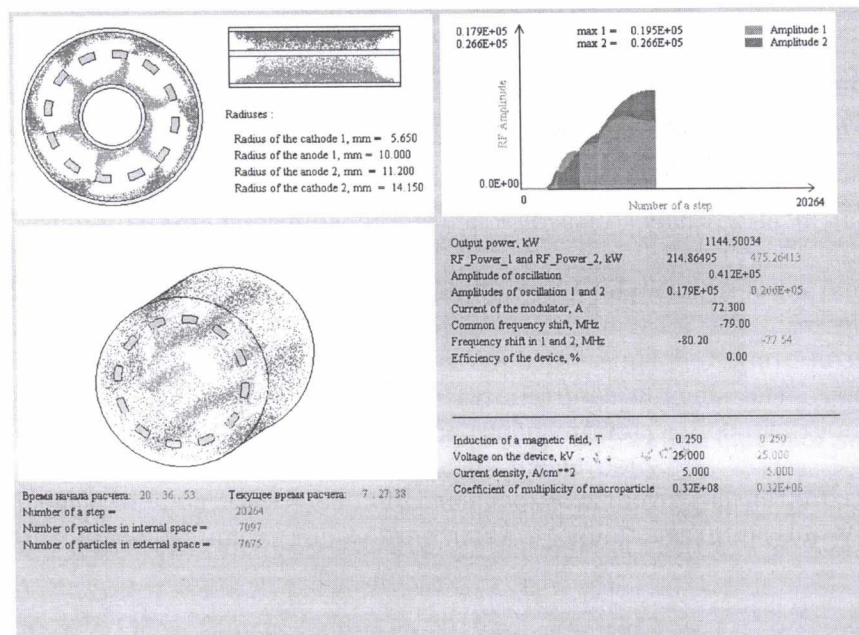


Рис. 2. Результати математичного моделювання двокаскадного магнетрона

### *3.3 Нелінійні явища, нестійкості і динамічний хаос*

Проведені теоретичні дослідження збудження хаотичних коливань в нелінійних системах і визначено новий сценарій переходу від регулярних коливань до хаотичних.

### *3.4 Автоматизація вимірювань в наукових дослідженнях.*

В період з 2007 по 2008 рр. була проведена науково-дослідна робота по Державному замовленню Міністерства освіти і науки України «Розроблення комп'ютеризованого комплексу для вимірювання електромагнітних параметрів в сантиметровому та міліметровому діапазонах».

В результаті виконання проекту створено макети вимірювальних модулів та пристроїв, а також програмне забезпечення для обробки сигналів. Це обладнання буде застосовуватися в наукових дослідженнях та учбовому процесі вищих навчальних закладів України як вимірювальний модуль широкого спектру застосування.

### *3.5 Застосування мікрохвильових технологій у медицині і техніці.*

Співробітники лабораторії у 2006 – 2008 рр. приймали участь в виконанні комплексної науково-дослідної роботи Міністерства освіти і науки України «Дослідження частотно-потужних та часових факторів електромагнітного поля на фізичні, фізико-хімічні та біологічні властивості середовища і об'єктів».

З 2009 р. колектив лабораторії проводить наукові дослідження по Державному замовленню Міністерства освіти і науки України «Розроблення інноваційних енергозберігаючих технологій освітлення», які направлені на створення новітніх технологій та систем освітлення (сіркова лампа) (рис. 3).

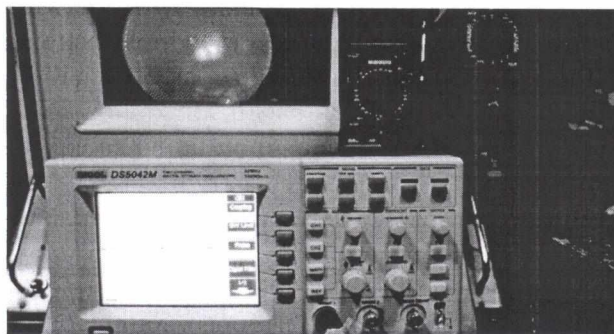


Рис. 3. Результати експериментальних досліджень збудження сіркової лампи НВЧ полем

### **Обсяг фінансування за останні 3 роки в період з 2019 р. по 2021 р.**

1. НДР № 317. Обсяг фінансування за 2019 р. 360 тис. грн.
2. НДР № 323 Обсяг фінансування за 2019 р. 740 тис. грн.
3. НДР № 323 Обсяг фінансування за 2020 р. 640 тис. грн.

---

1 740 000 грн.

#### 4. Кількість захищених дисертацій

Протягом всього періоду існування Лабораторії, починаючи з 1966 року, особистий науковий внесок її співробітників виражається в захисті 6-ти докторських і більш ніж 40 кандидатських дисертаційних робіт за тематикою лабораторії, публікації більше 1500 наукових статей і матеріалів доповідей на міжнародних і вітчизняних наукових конференціях, понад 100 авторських свідоцтв колишнього СРСР і патентів України.

В 2017 році була захищена 44-а кандидатська дисертація Терещенко В.В. Підвищення точності вимірювання світлових величин безперервного та імпульсного випромінення. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.01.02 «Стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення» (152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка). Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук, професор Чурюмов Геннадій Іванович, Національний науковий центр «Інститут метрології», Харків, 2017.

#### 5. Основні досягнення співробітників лабораторії за останні 3 роки

Науковий керівник ПННДЛ «Електроніка-Оріон» проф. Г.І. Чурюмов є:

1. Членом експертної ради МОН України за напрямком «Радіотехніка, електроніка та телекомунікації».
2. Членом експертної групи ЕГ-04 МОН України з оцінювання ефективності діяльності наукових установ України за науковим напрямком інженерно-технічні науки (Природничі науки. Спеціальність: 105 – прикладна фізика та наноматеріали, згідно наказу МОН України № 524 від 19.04.2019 р.).
3. З 2016 року – професор Харбінського Технологічного університету (м. Харбін, КНР).
4. В 2019 році ввійшов до книги «Кращі винахідники України».
5. В 2019 році ввійшов до книги «Науковці України – еліта держави», яка надрукована за підтримки НАН України до 100-річчя НАН України та присвячена видатним вітчизняним науковцям («Науковці України – еліта держави». Том VI. – К. Видавництво «ЛОГОС Україна». 2020. – 386с.).
6. В 2021 році ввійшов до книги «Науково-освітня галузь України: поступ і особистості», яка надрукована за підтримки Всеукраїнського об'єднання освітян і науковців України й Асоціації науковців та викладачів України.

Співробітники лабораторії «Електроніка-Оріон» Чурюмов Г.І. (номер посвідчення № 40203268) та Фролова Т.І. (номер посвідчення № 93738903) мають звання Senior Member of the IEEE та є членами міжнародних наукових спілок IEEE Microwave Theory and Techniques Society, IEEE Photonics Society.

- Доповідь проф. каф. ФОЕТ, зав. лабораторією «Електроніка-Оріон» Одаренко Є.М. на міжнародній науково-технічній конференції UkrMiCo'2019 визнана кращою в секції 4 «Electronics».
- Проф. каф. ФОЕТ, науковий керівник лабораторії «Електроніка-Оріон» Чурюмов Г.І. входив до програмного комітету міжнародної конференції UkrCon'2019.

Проф. каф. ФОЕТ, зав. лабораторією “Електроніка-Оріон” Одаренко Є.М. входив до програмного комітету міжнародної конференції CAOL’2019 та був рецензентом доповідей на міжнародній конференції UkrCon’2019.

Доповідь проф. каф. ФОЕТ, зав. лабораторією “Електроніка-Оріон” Одаренко Є.М. на міжнародній науково-технічній конференції UkrMiCo’2019 визнана кращою в секції 4 “Electronics”.

Проф. каф. ФОЕТ, зав. лабораторією “Електроніка-Оріон” Одаренко Є.М. входив до програмного комітету міжнародної конференції CAOL’2019 та був рецензентом доповідей на міжнародній конференції UkrCon’2019.

Основні наукові публікації співробітників лабораторії “Електроніка-Оріон” за 3 роки.

#### ***Монографії та глави монографій:***

1. Microwave heating. Edited by G. Churyumov. InTech, 2021. (у друці)
2. Gennadiy Churyumov, “Microwave excitation of low-temperature plasma and its application,” in *Microwave Heating* / T. Frolova, G. Churyumov, V. Buts, E. Odarenko, and V. Gerasimov. Edited by Gennadiy Churyumov. InTech, 2021.
3. . Gennadiy Churyumov, Jinghui Qiu and Nannan Wang (December 13<sup>th</sup> 2018). The Prospects of Developing the Vacuum Microwave Sources of Electromagnetic Oscillations, Electromagnetic Fields and Waves: Kim Ho Yeap, IntechOpen, pp. DOI: 10.5772/intechopen.73755. (<https://doi.org/10.5772/intechopen.73755>)

#### ***Статті:***

1. Gennadiy I. Churyumov, Nan-nan Wang, Volodymyr P. Gerasimov, Wei Li, Low-Voltage  $K_u$ -Range Magnetron With Two Outputs of Energy: Design Features and Main Advantages. IEEE Transaction on Electron Devices. Vol. 67, # 12, December 2020. pp. 5743-5749.
2. Frolova T.I., Churyumov G.I., Vlasyuk V.M., Kostylyov V.P.. Combined Solar Simulator for Testing Photovoltaic Devices. Proceedings – 2019 IEEE 1st Global Power, Energy and Communication Conference. GPECOM 2019, 8778607, 2019, с. 276-280.
3. Дзюбенко М. И., Маслов В. А., Одаренко Е. Н., Радионов В. П. Моделирование выходных зеркал терагерцевых лазеров на основе кольцевых градиентных структур // Квантовая электроника. 2019. Т. 49, № 5. С. 512–513.
4. L. I. Ivzhenko, E. N. Odarenko, D. I. Yudina, and S. I. Tarapov. Defect Mode Tuning In Two-Dimensional Band-Gap Wire Structure In The Millimeter Waveband // Progress In Electromagnetics Research M. 2019. Vol. 8. pp. 167-173.
5. Фролова Т. И. ВЧ возбуждение плазменных источников оптического излучения / Т. И. Фролова, К. А. Васько // Прикладная радиоэлектроника: науч.-техн. журнал. – 2019. – Том 18, № 1, 2. – С. 66–72.

#### ***Доповіді:***

1. Sergienko S., Krizhanovski V., Churyumov G.. Autophase traveling wave tube without resistive coupling jump for operation as amplifier and converter. 2019 IEEE 2<sup>nd</sup> Ukraine Conference Electrical and Computer Engineering. UKRCON 2019 – Proceedings 8879784, 2019, с. 94-97

2. Churyumov G., Nannan W., Gritsunov A.. Electron Cloud Build-Up in a Cold Cathode Magnetron at the Front of Anode Impulse. 2019 International Vacuum Electronics Conference, IVEC. 2019, 8745155
3. L. I. Ivzhenko, E. N. Odarenko, D. I. Yudina, and S. I. Tarapov. Defect Mode Tuning In Two-Dimensional Band-Gap Wire Structure In The Millimeter Waveband // Progress In Electromagnetics Research M. 2019. Vol. 8. pp. 167-173.
4. A. A. Shmat'ko, V. N. Mizernik, E. N. Odarenko, R. B. Gasanov. Gyrotropic Semiconductor-Ferrite One Dimensional Magnetophotonic Crystals // Proc. of UkrCon'2019. Lviv, Ukraine, July 2-6, 2019. pp. 695-699.
5. E. N. Odarenko, Y. V. Sashkova, A. A. Shmat'ko. Surface and Bulk Wave Modes of Two Dimensional Photonic Crystal Waveguide // Proc. of UkrCon'2019. Lviv, Ukraine, July 2-6, 2019. pp. 700-703.
6. Dzyubenko M.I., Maslov V.A., Odarenko E.N., Radionov V.P. Improving Focusing Properties of Gradient Annular Metal Gratings of Terahertz Range // Proc. of CAOL'2019. Sozopol, Bulgaria, Sept 6-8, 2019. pp. 541-544.
7. Shmat'ko A., Mizernik V., Odarenko E. Ferrite Magnetophotonic Crystal for Terahertz Tunable Filter // Proc. of UkrMiCo'2019. Odessa, Ukraine, Sept 9-13, 2019.
8. Krivets A.S., Shmat'ko A.A., Mizernik V.N., Odarenko E.N., Yushchenko O.V. Floquet-Bloch Waves in Semiconductor Magnetophotonic Crystals // Proc. of 9th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties . Odesa, Ukraine, Sept 15-20, 2019.
9. T. I. Frolova, G. I. Churyumov, V. M. Vlasyuk and V. P. Kostylyov, "Combined Solar Simulator for Testing Photovoltaic Devices", 2019 1st Global Power, Energy and Communication Conference (GPECOM), Nevsehir, Turkey, 12-15 June, 2019, pp. 276-280.
10. G. Churyumov, A. Denisov, T. Frolova, W. Nannan, J. Qiu, "A High-Power Source of Optical Radiation with Microwave Excitation", 17th International Conference on Microwave and High Frequency Heating: AMPERE 2019, Valencia, Spaine, 9-12 September, 2019, pp. 43-50.

#### **Патенти.**

1. Чурюмов Г.І. Магнетрон з боковим холодним катодом. Патент України № 121778, 27.07.2020.
2. Бреславець М.І., Серков О.А., Толкачов М.Ю., Чурюмов Г.І., Перова І.Г. Спосіб генерації широкопasmового імпульсного сигналу та широкопasmова антена для його реалізації. Патент України № 121778, 27.07.2020.

#### **6. Навчальна діяльність лабораторії**

Співробітники лабораторії приймають участь в навчальному процесі, який проводиться на кафедрі фізичних основ електронної техніки. Магістри та студенти старших курсів отримують унікальну можливість пройти стажування в лабораторії, прийняти участь в проведенні наукових досліджень, які лабораторія проводить по заказам підприємств України. Практична робота на реальній апаратурі дає можливість студентам закріпити отримані на лекціях теоретичні знання (рис. 4).

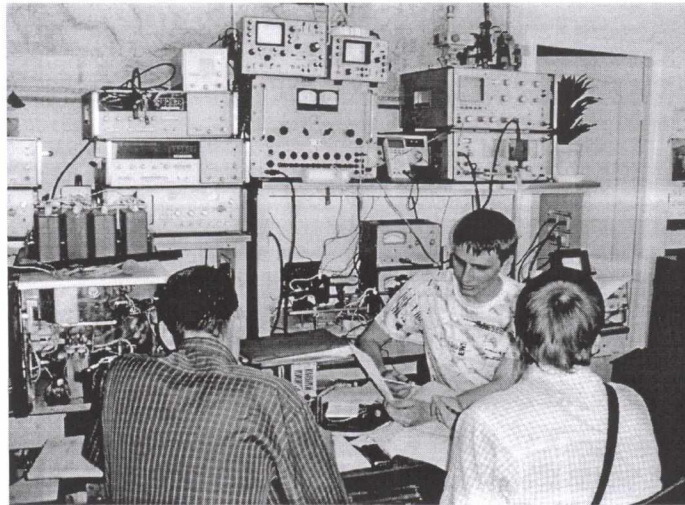


Рис. 4. Участь студентів в науково-дослідній роботі

Практика свідчить, що студенти, які пройшли стажування в лабораторії не тільки успішно працевлаштовуються, а й мають можливість продовжити навчання в магістратурі та аспірантурі не лише ХНУРЕ, а й за кордоном, наприклад в університеті м. Тарагона (Іспанія).

Більш детальну інформацію можна подивитися на сайті лабораторії «Електроніка-Оріон» <http://eol.nure.ua>

**Науковий керівник лабораторії,**

**доктор фізико-математичних наук  
професор**

**Г.І. Чурюмов**