



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Основи термографії

Шифр та назва спеціальності

144 – Теплоенергетика

Інститут

ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки

Освітня програма

Промислова та комунальна теплоенергетика.
Енергетичний менеджмент та енергоефективність

Кафедра

Теплотехніки та енергоефективних технологій (123)

Рівень освіти

Бакалавр

Тип дисципліни

Вибіркова, профільна підготовка

Семестр

4

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Єгорова Ольга Юріївна

olha.yehorova@khpi.edu.ua

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ «ХПІ».

Автор понад 160 наукових і навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Сонячна теплоенергетика», «Тепломасообмін», «Теплові і атомні електричні станції» та інші

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)



Шинкаренко Ірина Миколаївна

Iryna.Shynkarenko@khpi.edu.ua

старший викладач кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ «ХПІ».

Автор 55 наукових і навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Типові теплотехнологічні об'єкти та процеси АПВ та інші

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Викладено принципи фототермічної радіометрії/спектроскопії і лазерної термографії - перспективного напрямку в спектроскопії і тепlobаченні. У основі нового методу досліджень лежить радіометрична реєстрація поглиненої енергії в досліджуваних середовищах при дії на них лазерного випромінювання. Детально викладається сучасний стан і перспективи розвитку нового напрямку його переваги і межі застосовності в порівнянні з іншими фототермічними методами.

Розглянуто теоретичні основи методу модуляційної і імпульсної фототермічної радіометрії, її різні модифікації, включаючи резонансну і pump - probe фототермічну радіометрію і термографію. Наводяться численні приклади практичної реалізації фототермічної радіометрії і лазерної термографії в різних галузях науки і техніки, зокрема для дистанційного виміру температури об'єктів, дослідження слабопоглинаючих середовищ, дистанційного виявлення і ідентифікації слідових кількостей речовини, неруйнівного контролю матеріалів і покриттів, виміру їх теплофізичних параметрів. Обговорюються питання, пов'язані з особливостями застосування методу для контролю якості напівпровідникових матеріалів, наприклад, в частині виявлення підповерхневих дефектів і домішок, виміру їх концентрації і енергії активації.

Мета та цілі дисципліни

Мета курсу - систематизований аналіз лазерної фототермічної радіометрії та термографії як методу досліджень, узагальнений розгляд можливих областей застосування, а також аналіз перспектив його застосування у науці, промисловості.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, індивідуальне розрахункове завдання, консультації. Підсумковий контроль -екзамен.

Компетентності

ІК-1. Здатність розв'язувати складні загальні, спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері теплоенергетики або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів електричної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК-3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК-4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК-6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК-9. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ФК-2. Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем.

ФК-8. Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі.

Результати навчання

ПРН-4. Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики.

ПРН-5. Обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

ПРН-6. Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання у теплоенергетиці; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

ПРН-9. Вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її.

ПРН-11. Мати лабораторні / технічні навички, планувати і виконувати експериментальні дослідження в теплоенергетиці за допомогою сучасних методик і обладнання, оцінювати точність і надійність результатів, робити обґрунтовані висновки.

ПРН-14. Мати навички розв'язання складних задач і практичних проблем, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації.

ПРН-15. Розуміти основні властивості та обмеження застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 32 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Вища математика, Фізика, Теплотехнічні вимірювання та прилади, Технічна термодинаміка

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Переважають застосовуються структурно-логічні технології: поетапна організація навчання, що забезпечує логічну послідовність постановки і вирішення дидактичних завдань на основі поетапного відбору їх змісту, форм, методів і засобів із урахуванням діагностування результатів навчання. Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На заняттях застосовані комп'ютерні, мультимедійні технології. Під час такого освітнього процесу студент може комунікувати з викладачем он-лайн, вирішувати творчі, проблемні завдання, моделювати ситуації, включаючи аналітичне і критичне мислення, знання, пошукові здібності.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Вступ до термографії.

Тема 2. Короткий огляд методів дослідження, заснованих на фототермічному ефекті.

Тема 3. Основи класичної радіометрії.

Тема 4. Загальні відомості про фотоприймачі та радіометричні властивості інфрачервоної системи

Тема 5. Теоретичне обґрунтування методу фототермічної радіометрії та лазерної термографії.

Тема 6. Вимірювання теплофізичних параметрів тіл за допомогою методів фототермічної радіометрії та лазерної термографії.

Тема 7. Дистанційне вимірювання температури тіл при лазерній активації поверхні.

Тема 8. Неруйнівний контроль.

Тема 9. Вимірювання поглинання в оптичних матеріалах та покриттях.

Тема 10. Двопроменева (pump-probe) лазерна фототермічна радіометрія

Тема 11. Резонансна інфрачервона фототермічна спектроскопія

Тема 12. Застосування лазерної фототермічної радіометрії для дослідження напівпровідникових матеріалів.

Тема 13. Особливості інтерпретації тепловізійних зображень

Тема 14. Інтерпретація кількісних даних, одержуваних за допомогою ТВП

Тема 15. Особливості тепловізійних зображень, що зумовлюють невизначеність та неоднозначність при їх інтерпретації.

Теми практичних занять

Тема 1. Ефект фототермічного насичення.

Тема 2. Метод лазерного спалаху.

Тема 3. Метод термохвильової інтерферометрії (TWI-метод).

Тема 4. Термографічні методи. Термографічний метод I (реєстрація просторового розподілу температури при нагріванні поверхні обмеженим пучком). Термографічний метод II (реєстрація температури вздовж стрижня при збудженні у ньому поперечних теплових хвиль).

Термографічний метод III (конфігурація «віддзеркалення» при імпульсному нагріванні, односторонній метод спалаху).

Тема 5. Фізичні основи вимірювання температури поверхні тіл за допомогою лазерної фототермічної радіометрії. Особливості вимірювання температури при впливі на об'єкт модульованого за амплітудою лазерного випромінювання

Тема 6. Особливості вимірювання температури при імпульсному режимі опромінення.

Тема 7. Вимірювання температури поверхні шляхом аналізу кривої згасання фототермічного сигналу.

Тема 8. Застосування лазерної термографії виявлення поверхневих тріщин. Неруйнівний контроль сили адгезії гальванічних покриттів та виявлення дефектів відшарування.

Теми лабораторних робіт

Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом

Самостійна робота

Курс передбачає виконання індивідуального розрахункового завдання, де необхідно розв'язати певний набір задач і відповісти на контрольні запитання. Для успішного виконання завдання перш за все потрібно вивчити (повторити) теоретичний матеріал за рекомендованою літературою. Результат розрахунків оформлюється у письмовий звіт.

Студентам також рекомендуються додаткові матеріали (відео, статті) для самостійного вивчення та аналізу.

Література та навчальні матеріали

Основна література:

1. Колобродов В.Г., Лихоліт М.І. Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження. - Київ, НТУУ «КПІ», 2007. – 363 с
2. Олійник, Г. А. Теплове випромінювання та тепловізійні дослідження. // Актуальні проблеми сучасної медицини. - 2018. - Вип. 2. - С.266-272.
3. Інфрачервона термографія як інструмент наукових досліджень / В.І. Дунаєвський, А.І. Ліптуга, В.І. Тимофєєв та ін.// "ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи": ХІХ Міжн. науково-технічна конференція, 2020: Збірник матеріалів конференції. – Київ, 2020. – С. 96–98.

Додаткова література:

1. Kosterev A. A., Tittel F. K., Serebryakov D. V., Malinovsky A. L. & Morozov I. V. (2005). Applications of quartz tuning forks in spectroscopic gas sensing. Review of Scientific Instruments, 76(4), 043105.
2. Sigrist M. W. (1994). Air monitoring by spectroscopic techniques (Vol. 127). John Wiley & Sons.
3. Harren F. J., Mandon J. & Cristescu S. M. (2000). Photoacoustic spectroscopy in trace gas monitoring. Encyclopedia of Analytical Chemistry.
4. Sigrist M. Environmental Trace Species Monitoring: Introduction in Applications of Instrumental Methods, Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation, ed. R. A. Meyers (J. Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK, 2000), pp. 1887–1892.
5. An V. & De Izarra C. (2007). Measurements of thermal conductivity of aluminum nanopowders by photoacoustic spectroscopy.
6. Raji P., Sanjeeviraja C. & Ramachandran K. (2006). Thermal and optical properties of Cd_{1-x}Zn_xS thin films by photoacoustics. Journal of materials science, 41(18), 5907–5914.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді екзамену (40%) та поточного оцінювання (60%).

Екзамен: письмове завдання (2 запитання з теорії + розв'язання задачі).

Поточне оцінювання: 2 онлайн тести та розрахункове завдання (по 20%).

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

15.06.2023

Завідувач кафедри
Микола КУНДЕНКО

15.06.2023

Гарант ОП
Ольга КРУГЛЯКОВА