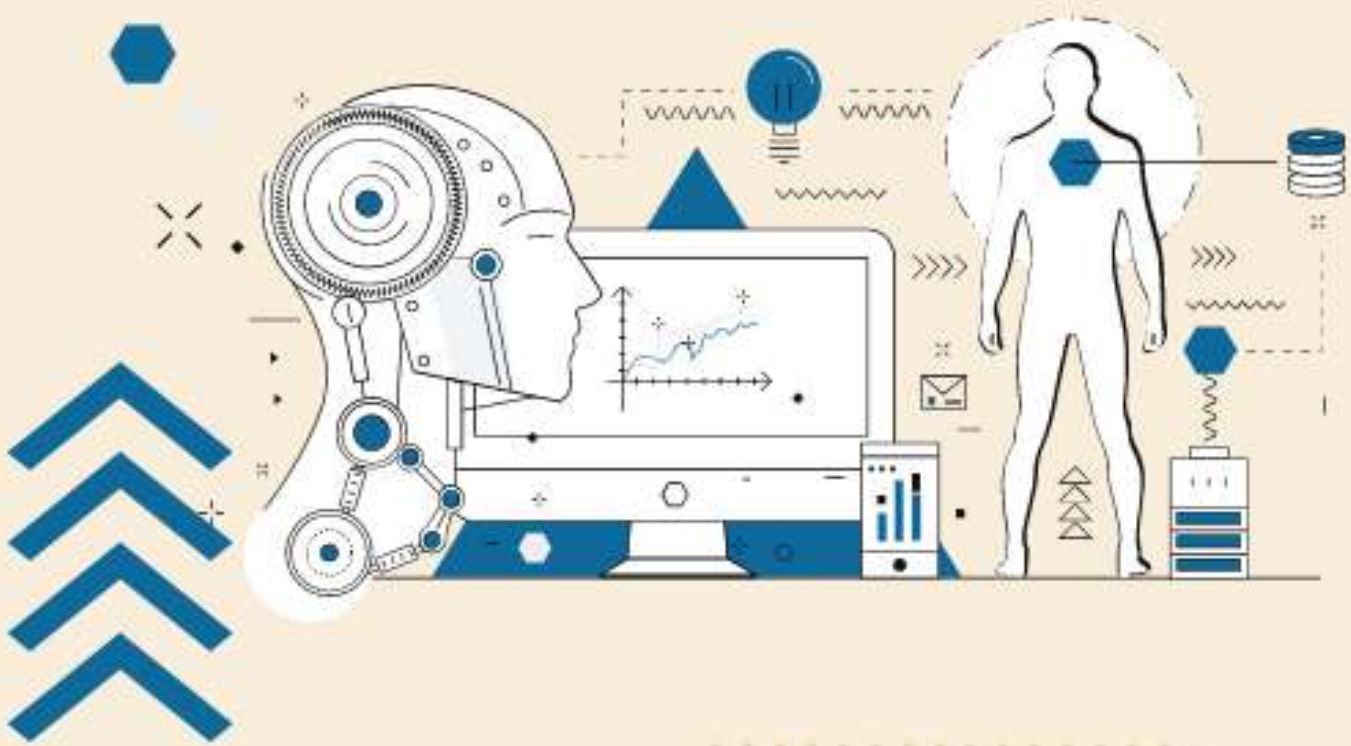
Буковинський державний медичний університет
Кафедра біологічної фізики та медичної інформатики

РОЗВИТОК ПРИРОДНИЧИХ НАУК ЯК ОСНОВА НОВІТНІХ ДОСЯГНЕНЬ У МЕДИЦИНІ

DEVELOPMENT OF NATURAL SCIENCES AS A BASIS OF NEW ACHIEVEMENTS IN MEDICINE



Чернівці
19.06.24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ`Я УКРАЇНИ
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ

IV науково-практичної інтернет-конференції

РОЗВИТОК ПРИРОДНИЧИХ НАУК ЯК ОСНОВА НОВІТНІХ ДОСЯГНЕНЬ У МЕДИЦИНІ

м. Чернівці
19 червня 2024 року

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
MINISTRY OF HEALTH OF UKRAINE
BUKOVINIAN STATE MEDICAL UNIVERSITY

CONFERENCE PROCEEDINGS

IV Scientific and Practical Internet Conference

DEVELOPMENT OF NATURAL SCIENCES AS A BASIS OF NEW ACHIEVEMENTS IN MEDICINE

Chernivtsi, Ukraine
June 19, 2024

УДК 5-027.1:61(063)
Р 64

Медицина є прикладом інтеграції багатьох наук. Наукові дослідження у сучасній медицині на основі досягнень фізики, хімії, біології, інформатики та інших наук відкривають нові можливості для вивчення процесів, які відбуваються в живих організмах, та вимагають якісних змін у підготовці медиків. Науково-практична інтернет-конференція «**Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині**» покликана змінювати свідомость людей, характер їхньої діяльності та стимулювати зміни у підготовці медичних кадрів. Вміле застосування сучасних природничо-наукових досягнень є запорукою подальшого розвитку медицини як галузі знань.

Конференція присвячена висвітленню нових теоретичних і прикладних результатів у галузі природничих наук та інформаційних технологій, що є важливими для розвитку медицини та стимулювання взаємодії між науковцями природничих та медичних наук.

Голова програмного комітету

Ігор ГЕРУШ ректор Буковинського державного медичного університету, професор

Заступник голови програмного комітету

Володимир ФЕДІВ завідувач кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету, професор, д.фіз.-мат.н

Програмний комітет

Марія ІВАНЧУК доцент закладу вищої освіти кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету, к.фіз.мат.н., доцент,

Віктор КУЛЬЧИНСЬКИЙ доцент закладу вищої освіти кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету, к.фіз.-мат.н.

Олена ОЛАР доцент закладу вищої освіти кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету, к.фіз.мат.н., доцент

Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині: матеріали IV науково-практичної інтернет-конференції, м. Чернівці, 19 червня 2024 р. / за ред. В. І. Федіва – Чернівці: БДМУ, 2024. – 311 с.

У збірнику подані матеріали науково-практичної інтернет-конференції «Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині». У статтях та тезах представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень.

Матеріали подаються в авторській редакції. Відповідальність за достовірність інформації, правильність фактів, цитат та посилань несуть автори.

Для наукових та науково-педагогічних співробітників, викладачів закладів вищої освіти, аспірантів та студентів.

Рекомендовано до друку Вченою Радою Буковинського державного медичного університету (Протокол №15 від 25.06.2024 р.)

Комп'ютерна верстка Марія ІВАНЧУК

ISBN 978 617 5190 92-0

Список використаних джерел

1. Хайретдінов, Р. Р. Використання ультразвуку в стоматології / Р. Р. Хайретдінов, С. П.Вислоух // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна : збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського; Центр учбової літератури, 2019. – С. 402–405. – Бібліогр.: 2 назви
2. https://www.pocus101.com/basic-principles-of-ultrasound-physics-and-artifacts-made-easy/

ЧУТЛИВІ ЕЛЕМЕНТИ ДЛЯ ДАТЧИКІВ ВПЛИВУ ВИПРОМІНЮВАННЯ ОПТИЧНОГО ДІАПАЗОНУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Кушнір Б.В.[2], Ткачук І.Г.[1,2]

[1]Буковинський державний медичний університет, Чернівці

[2]Інститут проблем матеріалознавства ім.. М.Францевича, Чернівецьке відділення, НАНУ

tkachuk.ivan@bsmu.edu.ua

Анотація

Досліджено спосіб виготовлення методом спрей-піролізу при 430 ºС плівок Fe_2O_3 на підкладках *p*-InSe для утворення і вивчення анізотипних гетеропереходів *n*-Fe_2O_3/*p*-InSe, як аналізатор для датчиків випромінювання оптичного діапазону. Перевагою даного методу є простота та дешевизна. Він не потребує складного технологічного обладнання чи приміщення високого класу чистоти. Проведено дослідження електричних та фотоелектричних параметрів гетеропереходу. Вивчено вплив температури, наведена закономірність зміни енергетичного бар'єра гетеропереходу при підвищенні температури. На основі аналізу I-V характеристик, встановлено природу струмів, які протікають у гетеропереході. Для пояснення отриманих експериментальних результатів, побудована енергетична діаграма гетеропереходу, яка базується на відомих числових значеннях енергетичних параметрів матеріалів, з яких гетероструктура виготовлена. Експериментальні дані і запропонована енергетична діаграма добре узгоджується між собою. Виміряна та проаналізована спектральна квантова фоточутливість гетеропереходу. Встановлено, що гетеропереходи *n*-Fe_2O_3/*p*-InSe є фоточутливими в діапазоні енергій 1.2÷2.8 еВ.

Вступ

Потреби які зростають у різних галузях науки і медицини вимагають створювати точні елементи для перетворення фізичних величин, сприйняття різного роду фізіологічних процесів організму людини з подальшою трансформацією та моделюванням їх, в привичні варіації доступних девайсів. Основою даної роботи є створення та вивчення характеристик гетеропереходу *n*-Fe_2O_3/*p*-InSe як можливим датчиком для сприйняття впливу УФ випромінювання на організм.

В останні роки шаруваті кристали A^3B^6 все більше привертають увагу як перспективні матеріали для інтегральної фотоелектроніки. Зацікавлення дослідників даними матеріалами зумовлене можливостями застосування їх у нелінійній оптиці, перетворювачах сонячної енергії, високочутливих оптичних датчиках ближнього інфрачервоного і видимого спектру [1,2,3]. До класу даних матеріалів належить також і моноселенід індію (InSe), що володіє цілою низкою цікавих фізичних властивостей (висока рухливість електронів > 1200 $cm^2/V \cdot s$, фоточутливість, залежність ширини забороненої зони від товщини та ін. [4]) та специфічною хімічною будовою. InSe за значенням ширини забороненої зони $E_g \approx 1{,}2$ еВ належить до матеріалів, які здатні ефективно перетворювати сонячну енергію на електричну [5,6].

Кристали InSe характеризується значною анізотропією властивостей через їх шарувату структуру, де в межах шарів діють переважно сильні ковалентні зв'язки між атомами, в той час, як взаємодія між шарами є слабкою ван-дер-ваальсовою. Кристали легко сколоти паралельно до шарів і, як результат, отримана поверхня є дзеркальною і майже не містить обірваних зв'язків. Відповідно, така поверхня є неактивною для адсорбції сторонніх атомів, що дозволяє ефективно застосовувати її в якості підкладок з метою виготовлення гетеропереходів.

Своєю чергою, не менш важливу роль у створені якісного гетеропереходу відіграє тонка плівка фронтального шару, який при контакті з підкладкою повинен утворювати бездефектний інтерфейс. Саме оптимальний вибір хімічних компонент і методика напилення плівки, дозволяють створювати гетероструктури з необхідними електричними та фотоелектричними параметрами. В даній роботі вибір став на плівках Fe_2O_3. Цей недорогий матеріал широко розповсюджений в природному середовищі, нетоксичний та стійкий до корозії [7]. Тонкі плівки Fe_2O_3 мають стабільні фізико-хімічні параметри, з шириною забороненої зони 2,1 еВ, і являються напівпровідником n-типу провідності. Fe_2O_3 успішно використовується для створення газових сенсорів [8] та як фотокаталітичний матеріал [9].

Крім того, він володіє магнітними властивостями, що розширює область їх застосування: магнітні накопичувачі, магнітооптичні датчики.

Методика експерименту

Шарувата структура кристалів InSe зі слабким ван-дер-ваальсовим зв'язком обумовлює зручність у виготовленні підкладок для гетероструктур і позбавляє операцій різання злитків на пластини та їх механічної та хімічної обробки. В результаті, ми отримаємо просту технологію виготовлення напівпровідникових підкладок для різних цілей.

Зі злитка кристала InSe вздовж площини спайності сколювалися плоскопаралельні пластини розміром 3×2×0,5 мм, які мали досконалі дзеркальні поверхні. Сколювання проводилося на повітрі, перед нанесенням плівок поверхня підкладки кристала знежирювалась спиртом.

Структури на основі контакту *n*-Fe_2O_3/*p*-InSe виготовлялися вирощуванням плівок оксиду Fe_2O_3 на підготовлених поверхнях *p*-InSe, які нагрівалися до температури $T_S = 703$ K, за допомогою методу спрей-піролізу. В якості газу-носія використовувалось атмосферне повітря. Спочатку розчиняли сіль гексагідрату хлориду заліза $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ в 200 мл бідистильованої води. Під впливом температури сіль $FeCl_3$ розкладається на поверхні підкладок *p*-InSe із утворенням елементарного заліза, яке з'єднується із киснем атмосфери та утворюється бінарна хімічна сполука, яку називають гематитом α-Fe_2O_3. Отримані плівки мали *n*-тип провідності (за знаком термоерс). Їх питомий опір при кімнатній температурі дорівнював $\rho \approx 2.5 \cdot 10^6$ Ω·cm (контролювався чотиризондовим методом). Ширина забороненої зони (оптична) плівок дорівнює $E_g \approx 2.1$ eV. Якщо врахувати низьку рухливість електронів вирощених полікристалічних плівках α-Fe_2O_3 $\mu = 0.01$ $cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$, то можна розрахувати концентрацію вільних носіїв заряду *n*-Fe_2O_3, яка дорівнює $n \approx 2.5 \cdot 10^{14}$ cm^{-3}. Товщина вирощених спрей-піролізом плівок гематиту *n*-Fe_2O_3 вимірювалася багатопроменевим мікроінтерферометром МИИ-4 і складала ≈ 0.3 μm

Контакти до базового матеріалу *p*-InSe і до плівки *n*-Fe_2O_3 створювали за допомогою струмопровідної пасти на основі срібла. *I-V*-характеристики гетероструктур *n*-Fe_2O_3/*p*-InSe досліджувалися на вимірному комплексі SOLARTRON 1255 в температурному діапазоні 243÷325 K. Спектри фоточутливості гетеропереходів вимірювалися при кімнатній температурі на монохроматорі МДР-3. Для спектрів здійснювалося нормування відносно потоку фотонів.

Результати та їх обговорення

На рис. 1 приведені ВАХ гетеропереходу Fe_2O_3/*p*-InSe при температурах від 243 К до 325 К. Ектраполяція прямолінійних ділянок прямих гілок до осі напруг дозволяла прослідкувати динаміку зміни висоти потенціального бар'єра з температурою. При підвищенні температури від 243 К до 325 К висота бар'єра зменшується від 0,82 еВ до 0,7 еВ (рис. 2). Температурний коефіцієнт зміни висоти бар'єра дорівнює – $1{,}51 \cdot 10^{-3}$ еВ/К. Коефіцієнт випрямлення струму RR при напругах 1 В і –1 В дорівнює близько 10^2.

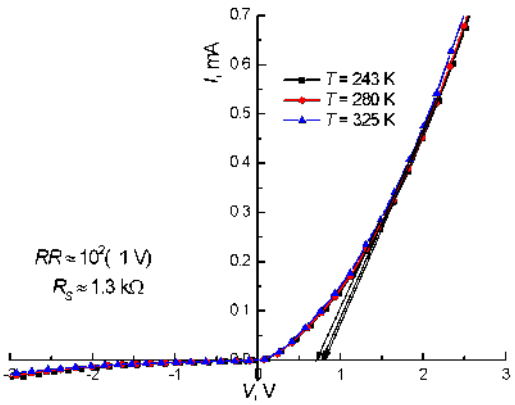


Рис.1. ВАХ гетеропереходу Fe_2O_3/*p*-InSe при різних температурах

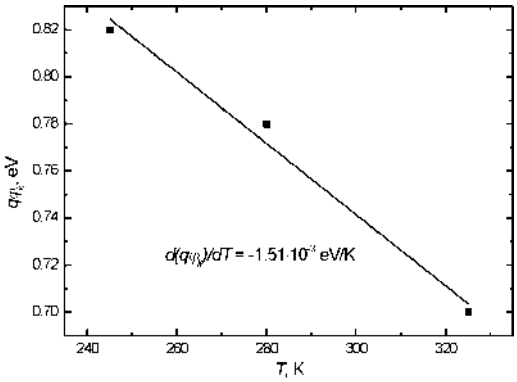


Рис.2. Залежність висоти енергетичного бар'єра гетеропереходу Fe_2O_3/*p*-InSe від температури

За котангенсом кута нахилу прямолінійних ділянок прямих гілок ВАХ гетеропереходу Fe_2O_3/*p*-InSe визначався послідовний опір гетероструктури R_s. Він слабо залежить від температури і дорівнює близько 1,3 кОм (рис. 3). Причиною незалежності від температури послідовного опору є повна іонізація домішок у Fe_2O_3 і *p*-InSe.

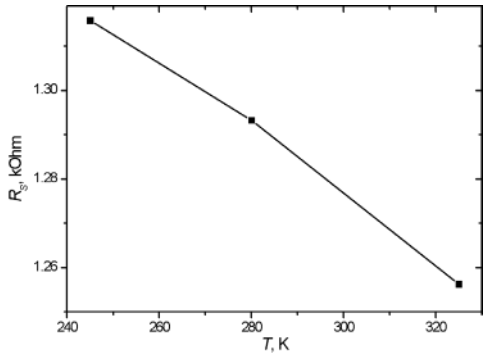


Рис. 3. Залежність послідовного опору гетеропереходу Fe_2O_3/*p*-InSe від температури

На рис. 4 представлені залежності прямих ВАХ гетеропереходу Fe_2O_3/*p*-InSe при температурах від 243 К до 325 К у координатах *lnI = f(V)*. Цей графік використовувався для визначення механізмів проходження струму через гетероперехід при прямому зміщенні. Коефіцієнт неідеальності $n = (e/kT)(dV/d\ln I)$ у діапазоні прямих напруг від 0,2 В до 1 В становив значення від 7,7 до 10. Значення n більше від 2 відкидає рекомбінаційний та надбар'єрний механізми формування струму. Спостерігається при напругах від 0,2 В до 1 В незалежність кута нахилу ліній ВАХ до осі напруг від температури. Це характерно для тунельного механізму проходження носіїв заряду крізь енергетичний бар'єр [10].

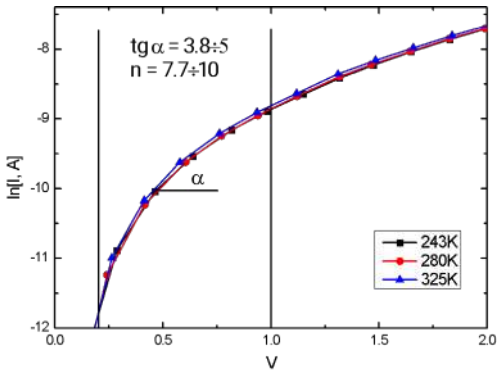


Рис.4. Залежність *lnI = f(V)* для аналізу механізмів прямих струмів у гетеропереході Fe_2O_3/*p*-InSe

Зворотні гілки ВАХ гетеропереходу Fe_2O_3/*p*-InSe, які вимірювалася при температурах від 243 К до 325 К в діапазоні напруг $-3\ В < V < 0$ В, показані на рис. 5. Будувалися залежності у координатах ln I від $(\varphi_k - V)^{-1/2}$ з метою підтвердження тунельного механізму руху носіїв заряду крізь гетероперехід Fe_2O_3/*p*-InSe. В цьому випадку вираз для ВАХ має вигляд [11]:

$$I = a_0 \exp\left(-b_0(\varphi_k - V)^{-1/2}\right). \quad (1)$$

Як видно з рис. 5, спостерігаються прямолінійні ділянки ВАХ на залежності у координатах lnI від $(\varphi_k - V)^{-1/2}$ у діапазоні зворотних напруг від -0,2 В до -2 В. Це свідчить про тунелювання носіїв заряду. При напругах, які перевищують -2 В спостерігається відхилення гілок ВАХ у сторону більших струмів, що пов'язано із лавинним помноженням кількості носіїв заряду у гетеропереході.

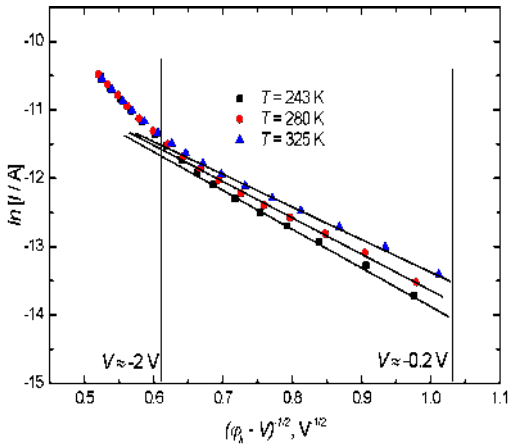


Рис.5. Залежність $lnI = f(\varphi_k - V)^{-1/2}$ для виявлення тунельного механізму струму у гетеропереході Fe_2O_3/*p*-InSe при зворотному зміщенні

Спектральна залежність для квантової ефективності гетеропереходу Fe_2O_3/*p*-InSe показана на рис. 6. Освітлення проводилося зі сторони широкозонної плівки Fe_2O_3. Гетероструктура фоточутлива в діапазоні енергій фотонів 1.2÷2.8 еВ. Довгохвильовий край для фоточутливості при енергії $h\nu = 1.2$ еВ зумовлений шириною забороненої зони *p*-InSe. При $h\nu > 2.1$ еВ фоточутливість починає спадати, що обумовлено міжзонним поглинанням світла у Fe_2O_3, в результаті чого зменшується кількість квантів світла, що попадають у InSe.

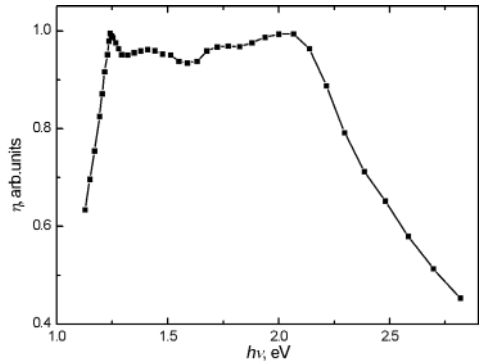


Рис. 6. Відносна спектральна фоточутливість гетеропереходу Fe_2O_3/*p*-InSe

Фоточутливість у діапазоні енергії випромінювання 1.2÷2.8 еВ сприяє використанню гетеропереходів *n*-Fe_2O_3/*p*-InSe як фотоприймачів випромінювання.

Висновки

Методом спрей-піролізу при 703 К водного розчину солі $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ на підкладках *p*-InSe виготовлено фоточутливий гетероперехід *n*-Fe_2O_3/*p*-InSe. Випрямлення струму в гетеропереході зумовлене енергетичним бар'єром висотою 0.74 еВ (300 К). Прямий і зворотний струми гетеропереходу *n*-Fe_2O_3/*p*-InSe протікають внаслідок тунелювання електронів крізь тонкий шар In_2Se_3, який виникає на поверхні підкладок *p*-InSe при нагріванні перед процесом спрей-піролізу. За рахунок тунельного механізму протікання струму, ВАХ гетероструктури майже не змінюються під впливом температури в досліджуваному інтервалі температур.

Отримані гетеропереходи є фоточутливими у діапазоні енергії випромінювання 1.2÷2.8 еВ. Фоточутливість визначається поглинанням світла у базовому матеріалі InSe.

Список використаних джерел

1. D.Z. Ting, A. Soibel, A.hoshakhlagh, S.A. Keo, S.B. Rafol, A.M. Fisher, B.J. Pepper, E.M. Luong, C.J. Hill, S.D. Gunapala, Advances in III-V semiconductor infrared absorbers and detectors, Infrared Physics & Technology, 97, 2019, Pages 210-216 https://doi.org/10.1016/j.infrared.2018.12.034
2. C. Zhao, Z. Li, T. Tang, J. Sun, W. Zhan, B. Xu, H. Sun, H. Jiang, K. Liu, S. Qu, Z. Wang, Z. Wang, Novel III-V semiconductor epitaxy for optoelectronic devices through two-dimensional materials Progress in Quantum Electronics, V. 76, 2021, 100313 https://doi.org/10.1016/j.pquantelec.2020.100313
3. McEvoy's Handbook of Photovoltaics (Third Edition) Fundamentals and Applications 2018, Pages 439-472, Chapter I-4-B - High-Efficiency III–V Multijunction Solar Cells
4. High electron mobility, quantum Hall effect and anomalous optical response in atomically thin InSe D.A. Bandurin, A.V. Tyurnina, G.L. Yu, A. Mishchenko, V. Zolyomi, S.V. Morozov, R.K. Kumar, R.V. Gorbachev, Z.R. Kudrynskyi, S. Pezzini, Z.D. Kovalyuk, U. Zeitler, K.S. Novoselov, A. Patane, L. Eaves, I.V. Grigorieva, V.I. Fal'ko, A.K. Geim, Y. Cao, Nat. Nanotechnol. 12 (2017) 223–227.
5. M. Teena, A.G. Kunjomana, K. Ramesh, R. Venkatesh, N. Naresh, *Sol. Energy Mater.* Sol. 166, 190 (2017).
6. J. Martínez-Pastor, A. Segura, J.L. Valdés, A. Chevy, *J. Appl. Phys.* 62, 1477 (1987).
7. M. Mishra, D.-M. Chun, α-Fe2O3 as a photocatalytic material: a review, Appl. Catal. Gen. 498 (2015) 126–141.
8. L. Guo, X. Kou, M. Ding, C. Wang, L. Dong, H. Zhang, C. Feng, Y. Sun, Y. Gao, P. Sun, G. Lu, Reduced graphene oxide/α-Fe2O3 composite nanofibers for application in gas sensors Sensors and Actuators B: Chemical Volume 244, June 2017, Pages 233-242 https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.12.137
9. M. Mishra, D.-M. Chun α-Fe2O3 as a photocatalytic material: A review. Applied Catalysis A: General Volume 498, 5 June 2015, Pages 126-141 https://doi.org/10.1016/j.apcata.2015.03.023

10. A.G. Milnes, D.L. Feucht. Heterojunctions and metal-semiconductor junctions (Academic Press, 1972) [ISBN:0124980503].
11. S.M. Sze, K.K. Ng, *Physics of semiconductor devices* (Wiley: New Jersey: 2007).

УДК 53.01, 535.341.08, 535.341.6

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДУ ПУЛЬСОКСИМЕТРІЇ, ЕФЕКТИ РОЗСІЯННЯ СВІТЛА В ЗАКОНІ БУГЕРА-ЛАМБЕРТА-БЕРА

Лукомський Д., Зайцева О., Чайка О., Чалий О.В.

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

dlukom.mbf@gmail.com, zaitseva.mbf.2020@gmail.com, e.chaika74@gmail.com, avchalyi7@gmail.com

Анотація

В статті обговорюються та аналізуються теоретичні основи методу пульсоксиметрії, який набув за останні роки широкої популярності в медичній практиці. Розглянуті головні наближення, пов'язані з використанням закону Бугера-Ламберта-Бера, які лежать в основі застосування методу пульсоксиметрії. Спеціальна увага приділена аналізу ефектів розсіяння світла та методів дослідження його внесків в проблему прецизійної оцінки насичення артеріальної крові киснем та надання важливої інформації про кардіо-респіраторну функцію пацієнта.

Ключові слова: метод пульсоксиметрії; закон Бугера-Ламберта-Бера; поглинання світла; розсіяння світла; оптична теорема.

1. Теоретичні основи методу пульсоксиметрії

Оксиметрія – це термін, що стосується оптичного вимірювання насичення крові оксигенованим гемоглобіном, тоді як ***пульсоксиметрія*** описує особливу техніку, що використовує переваги пульсуючого артеріального плину крові.

Насичення киснем SpO_2 визначається за формулою:

$$SpO_2 = \frac{[HbO_2]}{[HbO_2]+[Hb]}, \quad (1)$$

де $[HbO_2]$ – концентрація оксигенованого гемоглобіну, $[Hb]$ – концентрація дезоксигенованого гемоглобіну. Безпосередньо насичення киснем виміряти неможливо, тому для його визначення використовується метод пульсоксиметрії – неінвазивної техніки