

coincide), were measured. Detecting of waves was carried out with using piezoelectric properties of the plate material. Excitation of backward Lamb wave was excited with piezoelectric ceramic transducer. The determination of the phase velocity of the waves was performed by measuring of the wavelength with the phase method of variable base. The measurements were carried out in plate with thickness 0,66 mm at frequencies $\sim 2,7$ MHz. The observed value of phase velocity of backward wave was varied in region $15 \cdot 10^3 \div 29 \cdot 10^3$ m/s. The existence of backward Lamb wave in CdS plate is proved. This fact may be used to realize the interaction of charge carriers with backward elastic waves and elastic waves with zero group velocity.

Keywords: Lembe wave, reverse waves

УДК 535.372

КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ МІКРОКРИСТАЛІЧНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ ТА ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ОКСИДІВ: ВЛАСТИВОСТІ Й НАПРЯМ ЗАСТОСУВАННЯ

В. В. БОЙКО, кандидат фізико-математичних наук, доцент

В. П. ЧОРНИЙ, кандидат фізико-математичних наук

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**

В. А. БАРБАШ, кандидат хімічних наук, доцент

О. В. ЯЩЕНКО, аспірант

**Національний університет «Київський
політехнічний інститут» ім. Ігоря Сікорського**

О. М. АЛЕКСЕЄВ, кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Ю. Є. ГРАБОВСЬКИЙ, кандидат фізико-математичних наук, доцент

С. Г. НЕДІЛЬКО, доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Є. О. РЕЗНИЧЕНКО, студент

В. П. ЩЕРБАЦЬКИЙ, провідний інженер

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

М. С. НЕДЄЛЬКО, провідний інженер

Інститут електрозварювання ім. О. Є. Патона НАН України

E-mail: vchornii@gmail.com

Анотація. Подано результати люмінесцентно-спектроскопічних досліджень композитів, що складаються з мікрокристалічної целюлози та оксидів – AgNO_3 , $\text{K}_2\text{Eu}(\text{PO}_4)(\text{MoO}_4)$ та $\text{LaVO}_4\text{:Sm}$. Встановлено, що

© В. В. Бойко, В. П. Чорний, В. А. Барбаш, О. В. Ященко, О. М. Алексеев,
Ю. Є. Грабовський, С. Г. Неділько, Є. О. Резниченко, В. П. Щербацький,
М. С. Неделько, 2018

люмінесцентні властивості целюлози залежать від типу вихідної рослинної сировини та способу обробки, що проявляється в різній інтенсивності свічення, однак профіль спектрів фотолюмінесценції (ФЛ) залишається практично незмінним. Максимум неелементарної смуги ФЛ целюлози лежить близько 490 нм при збудженні на 405 нм.

Композити, що містили нітрат аргентуму, в цілому, виявляли подібний профіль смуги ФЛ з максимумом при 490 нм, але із більш інтенсивною короткохвильовою частиною. Композити, що містили $K_2Eu(PO_4)(MoO_4)$ та $LaVO_4:Sm$ характеризуються інтенсивною видимою ФЛ при збудженні в діапазоні 337–532 нм, спектр якої залежить від довжини хвилі збудження. Показано, що нанесення люмінесцентного покриття «мікрокристалічна целюлоза»+ $K_2Eu(PO_4)(MoO_4)$ на комерційний світлодіод з $\lambda_{випр} = 455$ нм дає змогу одержати біле світло з блакитним відтінком (колірні координати $x = 0,262$; $y = 0,224$).

Ключові слова: мікрокристалічна целюлоза, люмінесценція, оксид, рідкісноземельний іон

Актуальність. Створення новітніх композиційних матеріалів на основі полімерів та неорганічних матеріалів є одним із важливих напрямів сучасного матеріалознавства. При розгляді таких композитів зазвичай говорять про полімерну матрицю та наповнювач, а їх вибір диктується необхідними фізичними характеристиками. Серед полімерних матриць особливе місце займає целюлоза – найпоширеніший природний полімер, який можна одержати із різноманітних джерел рослинної сировини.

Щодо неорганічного наповнювача, то в цій праці було обрано кілька оксидних матеріалів, які є люмінесцентно-активними. Створені таким чином композити можуть бути придатними для застосувань як люмінесцентні покриття в сучасних оптоелектронних приладах. Целюлозні волокна, що містять специфічні люмінесцентні сполуки, можуть бути ефективними модифікаторами текстильних виробів, документів на паперовій та пластиковій основі. Суттєвою перевагою оксидних люмінесцентних сполук, як наповнювачів, є їх стабільність і те, що їх важко вилучити зі складу целюлозних волокон, навіть застосувавши спеціальну обробку [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Варто зазначити, що целюлоза та матеріали на її основі не досить часто використовуються, або ж вивчаються, як оптичні системи, або системи, де використовуються оптичні явища. На сьогодні відомі деякі приклади подібного застосування. Це стосується, зокрема, розробки дозиметрів сонячного випромінювання на основі композиційної структури, що складається з органічного барвника, оксиду титану (TiO_2), як фотокаталізатора, та полівінілпіролідона, як речовини зв'язування.

Зазначені складові наносяться на целюлозну матрицю (папір) за допомогою друкування. Під дією світла, завдяки фотокаталітичній реакції оксиду титану, залежно від тривалості опромінення та довжини хвилі світла, має місце втрата густини кольору барвника. Рівень втрати кольору можна контролювати на око, або ж інструментально, шляхом вимірювання

коефіцієнта відбивання світла композитом в ультрафіолетовому (УФ) або видимому діапазонах сонячного випромінювання [2].

Можна згадати і ряд інших розробок і досліджень властивостей композиційних матеріалів на основі целюлози, де саме оптичні люмінесцентні характеристики є тими, що визначають перспективи використання таких матеріалів та напрям дослідження їх властивостей. Такого типу композити одержували різними способами. Серед них такі, як друкування, нанесення покриття, або ж навпаки, введення деяких функціональних люмінесцентних добавок до целюлозної матриці. Наприклад, композит на основі целюлози, який виявляє люмінесцентні властивості, було виготовлено шляхом однокрокового гідротермічного відновлення окисованого графіту до графену; після чого на поверхню цих листів було нанесено нанорозмірні (< 10 nm) люмінесцентні частинки (квантові точки) ZnS [3].

Важливим є те, що, за даними авторів, нанесення квантових точок не призвело до руйнування структури і морфології волокон. Люмінесценція описаного композиту спостерігалася в смузі з максимумом в околі 466 nm, якщо її збуджували світлом із довжиною хвилі 320 nm. У цій системі ефективність люмінесценції зростала внаслідок послаблення агрегації квантових точок дворозмірною площиною графену та особливостей переносу електронів у ньому.

Мета дослідження – розробка наноструктурованих композитів на основі целюлози, як матриці, і деяких складних оксидів, як наповнювачів, та з'ясування їх люмінесцентних характеристик, що має підтвердити прогнози щодо можливості їх практичного застосування.

У цій праці ми наведемо дані щодо люмінесцентних характеристик целюлози та МКЦ, синтезованих в лабораторних умовах на кафедрі екології та технології рослинних полімерів КПІ ім. Ігоря Сікорського. Ці дані порівнюються з аналогічними характеристиками комерційної МКЦ та композиційних матеріалів, виготовлених на її основі методом холодного пресування [4, 5]. Основну увагу тут приділено властивостям виготовлених нами композиційних зразків, які визначають можливість їх використання як, так званих, люмінесцентних конверторів світла (ЛСК) – тонкоплівкових покриттів, що наносяться на поверхню світлодіода, або ж кремнієвого сонячного елемента.

Таке ЛСК покриття поглинає випромінювання діода або сонячне світло з фіолетово-синього діапазону, 350–450 nm, і трансформує його у люмінесцентне випромінювання жовто-червоного діапазону, 575–700 nm. Нанесення ЛСК, у випадку світлодіода, дає змогу створити джерело «білого» світла, а, у випадку сонячних елементів, – дозволяє підвищити їх енергоефективність, адже сонячне випромінювання з діапазону 350–450 nm погано перетворюється кремнієвими елементами в електричний струм.

Матеріали і методи дослідження. У праці досліджувалися декілька серій зразків. Серія А, що складалася з 5-ти зразків (А1, А2, ..., А5) – це порошкоподібні матеріали, одержані з однієї рослинної речовини – волокон конопель – на різних стадіях процедури синтезу МКЦ. Серія В, що складалася

з 6-ти зразків (B1, B2, ..., B6), – це МКЦ, одержана з різних представників вітчизняних рослин: волокон льону, конопель, кенафу, стебел соломи, кукурудзи і міскантусу. Методику одержання із них МКЦ описано в праці [6].

Для виготовлення зразків серії С та D, як стартовий матеріал, використовували таблетки комерційної МКЦ, які виробляє фірма ANCYR-B (Україна). Спочатку, таблетки МКЦ було розмелено й дисперговано за допомогою ротаційно-планетарного млина. Далі, однакові частини одержаного порошку, масою $\sim 0,5$ г, змішувалися з певною кількістю попередньо підготовленого порошку оксиду. Композиційні зразки в серії С містили аргентум нітрат, AgNO_3 . Зразок композиту «МКЦ+ AgNO_3 », де кількість AgNO_3 становила 30 мг, нижче позначено як C/Ag.

Процедура виготовлення зразків серії D дещо відрізнялася від попередньої. Тут суміш диспергованої МКЦ та оксиду розчинялася в 50 мл етанолу високої чистоти і піддавалася обробці ультразвуком (частота, $f = 4,2$ кГц, тривалість обробки, $t = 20$ хв.). Після цього, одержана суспензія витримувалася протягом 30 хвилин, рідина зливалася, а видалений осад фільтрувався через фільтрувальний папір і осушувався в атмосфері оточення за температури 60°C . Порошки сумішей всіх серій пресувалися в таблетки у вигляді диску діаметром ~ 10 мм і завтовшки ~ 1 мм. При цьому, зразки серій А та В було одержано під тиском $1,8 \cdot 10^4$ кПа/м², а зразки серії С та D – під тиском 580 кПа/м². Зразки, виготовлені з диспергованої МКЦ, які не містять оксиду, позначаються як O/O, а всі інші: D/Назва відповідного оксиду/Вміст оксиду в мг.

Характеристики люмінесцентного випромінювання та спектрів збудження люмінесценції досліджувалися в УФ та видимому діапазонах світла з використанням лазерно-спектральних комплексів ЛСК-1 та ЛСК-2. До складу комплексів входять спектральні монохроматори ДФС-12, МДР-2, ДМР-4, призначені для реєстрації люмінесцентного випромінювання та селекції випромінювання збудження, набір лазерних випромінювачів, що перекривають діапазон випромінювання збудження від ультрафіолетового до інфрачервоного світла; джерела суцільного за спектром випромінювання збудження: ксенонові лампи ДКС-150 та ДКСел-1000. За допомогою цих комплексів люмінесцентні властивості можна досліджувати в діапазоні довжин хвиль збудження, λ_{ex} , 225 – 800 нм та в діапазоні довжин хвиль реєстрації свічення, λ_{reg} , 300–1200 нм.

Результати досліджень та їх обговорення. У спектрах ФЛ виготовленої нами МКЦ, незалежно від її походження і передісторії, при збудженні УФ та фіолетовим світлом ($\lambda_{\text{ex}} = 325 - 450$ нм) спостерігається широка структурна смуга (рис. 1). У діапазоні видимого світла, у цій смузі можна виділити щонайменше три досить інтенсивних компоненти, які лежать у межах 375–500, 450–550, 525–625 та 625–725 нм (рис. 1). Найбільш інтенсивним є компонент синьо-зеленого випромінювання, 450–550 нм, у межах якого і лежить максимум спектральної смуги ФЛ, $\lambda_{\text{max}} = \sim 490$ нм, при її збудженні з $\lambda_{\text{ex}} = 405$ нм.

Наведені на рис. 1 спектри ФЛ зразків на стадіях підготовки МКЦ та «чистої» МКЦ показують, що передісторія зразків, а отже і їх склад, структура

і морфологія певним чином відбиваються в характеристиках люмінесценції. Дійсно, легко помітити, що спектри різних зразків, наведені для прикладу на рис. 1, відрізняються формою, а отже, відносним внеском компонентів) та інтенсивністю. Оксидний наповнювач також відіграє певну роль, що показує відмінність кривої 5 на рис. 1, яка відповідає випромінюванню композиту «МКЦ+AgNO₃», від спектрів «чистої» МКЦ (рис. 1, криві 3, 4).

Характеристики отриманої ФЛ є подібними до тих, що повідомлялися раніше в літературі щодо свічення МКЦ, композитів МКЦ із різними оксидами, або ж різного типу матеріалів на основі целюлози [4]. Тому ми маємо можливість стверджувати, що спостережене випромінювання пов'язане з люмінесцентними процесами в самій матриці МКЦ. Зазвичай вважається, що існує декілька джерел ФЛ целюлози, якими є молекулярні флуорофори, що належать целюлозним матрицям. На жаль, питання стосовно їх походження і ролі конкретних молекулярних складових МКЦ або її похідних (наприклад, карбонільних груп) до кінця не з'ясоване. Водночас, роль у люмінесцентних процесах деяких молекулярних радикалів, наприклад, гідроксильних груп, розташованих на поверхні целюлозних волоконць, раніше вже обговорювалася.

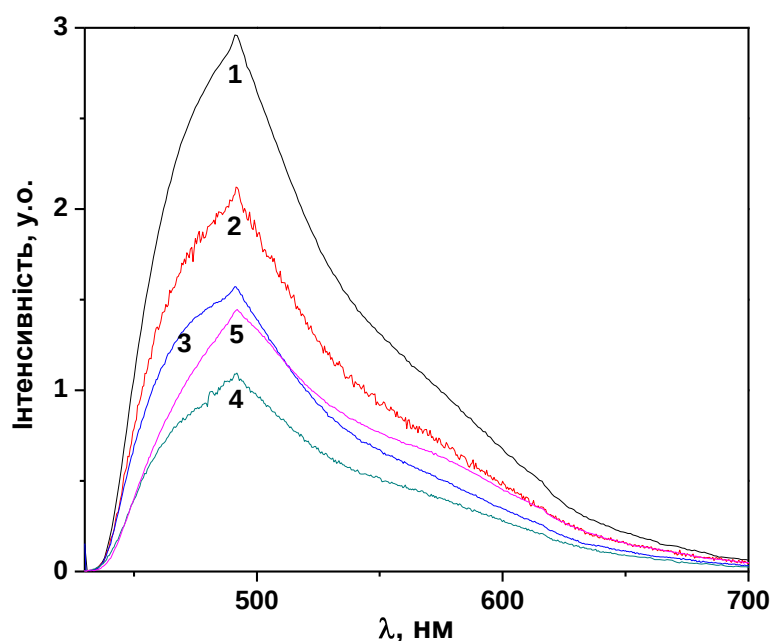


Рис. 1. Спектри люмінесценції зразків А2 (1), А3 (2), А5 (3), В6 (4)) та композиту С/AgNO₃ (5). $\lambda_{\text{ex}} = 405 \text{ нм}$; $T = 300 \text{ К}$

Композити «МКЦ+оксид», у випадку, коли оксидна сполука у своєму складі містить люмінесцентно активні центри типу іонів рідкісноземельних елементів (Eu³⁺, Sm³⁺ тощо), характеризуються яскравою люмінесценцією при збудженні ультрафіолетовим або видимим випромінюванням. Спектри ФЛ таких композиційних зразків суттєво залежать від довжини хвилі збудження (рис. 2). Так, при короткохвильовому збудженні ($\lambda_{\text{ex}} = 325\text{—}405 \text{ нм}$) у спектрах ФЛ переважає синьо-зелене випромінювання, характерне для описаного вище свічення целюлозної матриці. Використання більш

довгохвильового збудження веде до зростання інтенсивності довгохвильових компонентів ФЛ і зміщення максимуму смуги свічення в довгохвильовий бік спектра та появи лінійчатих спектрів, характерних для випромінювання іонів – європію, Eu^{3+} та самарію, Sm^{3+} , у твердотільних матрицях [4].

Часткова карбонізація композитів шляхом піролізу також впливає на їх спектрально-люмінесцентні властивості. Після відпалу за відносно невисоких температур 150...200 °С інтенсивність ФЛ іонів РЗЕ суттєво зменшується, тоді як інтенсивність короткохвильового широкосмугового випромінювання зростає. Природу цього явища важко описати на цій стадії досліджень, однак, слід зазначити, що зростання інтенсивності свічення в короткохвильовій області може бути зумовлено проявом свічення, притаманного деяким вуглецевим матеріалам [4]. Слід сподіватися, що зміна співвідношення інтенсивності свічення іонів РЗЕ та МКЦ матриці внаслідок піролізу може бути використана для управління спектральним складом свічення виготовлених нами композитів.

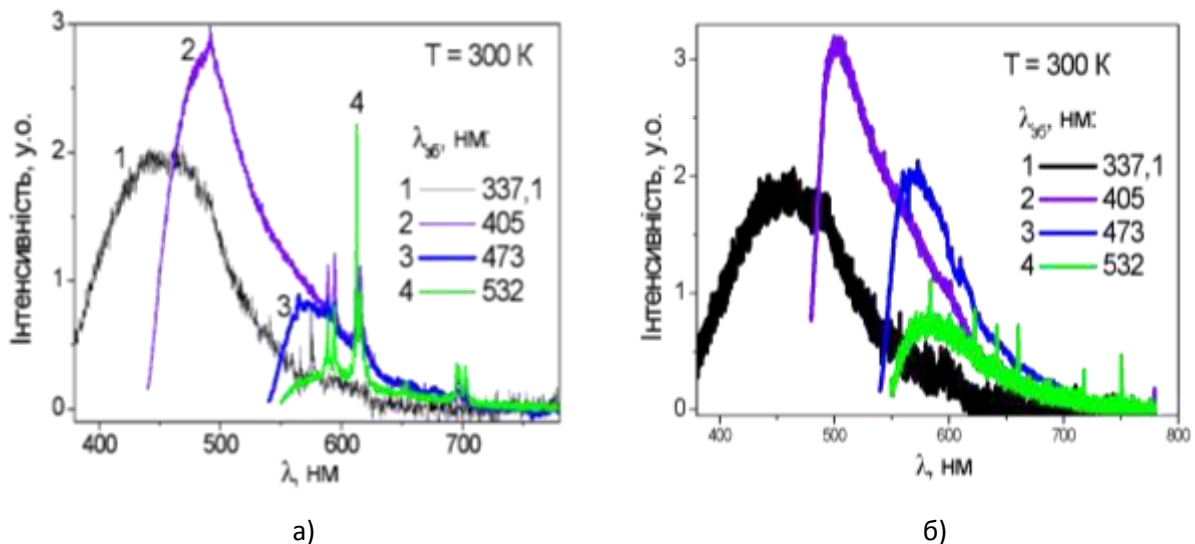


Рис. 2. Спектри ФЛ композитів $\text{D/K}_2\text{Bi(PO}_4\text{)(MoO}_4\text{):Eu/100$ (а) та $\text{D/LaVO}_4\text{:Sm/10}$ (б); довжини хвиль збудження зазначено на рисунку

Целюлозно-оксидні композити як ЛСК для світлодіодів. На поверхню комерційних світлодіодів (СД) двох типів ми нанесли шар композиту «МКЦ + $\text{K}_2\text{Eu(PO}_4\text{)(MoO}_4\text{)}$ » завтовшки ~ 0,9 мм та складом: 500 мг МКЦ/100 мг оксиду. Як джерела світла використовувалися сині СД з довжиною хвилі та максимальною потужністю випромінювання $\lambda_1 = 445$ нм, $P_1 \sim 1$ Вт та $\lambda_2 = 463$ нм, $P_2 \sim 0,03$ Вт. На рис. 3, для прикладу, наведено нормовані спектри випромінювання СД та системи «СД+композит».

Як видно з рисунку, сумарний спектр такої модельної системи складається зі смуги випромінювання самого СД, і спектра люмінесценції композиту: широка смуга свічення МКЦ та набір вузьких ліній свічення іонів європію.

Розрахунок, на основі спектрів рис. 3, кольорних координат свічення дослідженої системи показав, що вони змінюються від координат свічення СД: $x = 0,157$; $y = 0,018$ (темно-синій колір), до значень: $x = 0,262$; $y = 0,224$, за

наявності ЛСК, що наближає випромінювання дослідженої системи до координат стандарту білого кольору ($x = 0,333$; $y = 0,333$), однак, тим не менше, не може вважатися таким. Світло від системи «СД+композит» візуально є білим з блакитним відтінком, що також свідчить про недостатню інтенсивність випромінювання в жовто-червоній спектральній області.

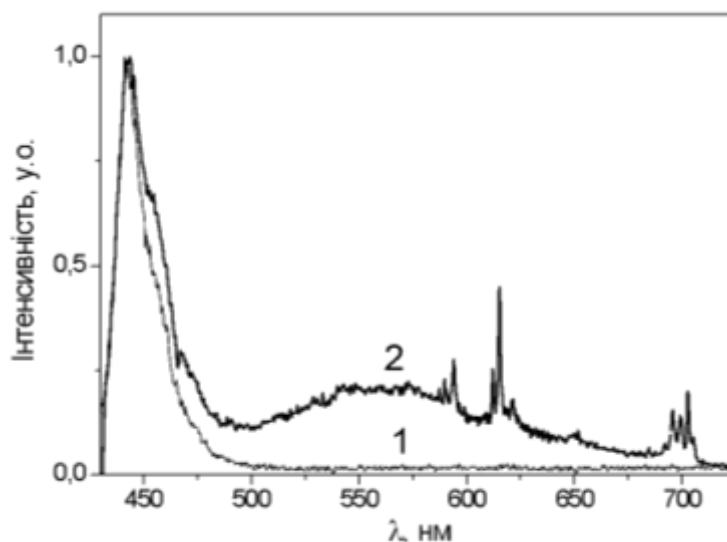


Рис. 3. Нормовані спектри ФЛ світлодіода (1) та системи «СД+композит». Композит: «МКЦ - $K_2Eu(PO_4)(MoO_4)/100$ »

Отже, у майбутньому мають бути проведені подальші дослідження з метою покращення колірних характеристик випромінювання системи «базовий світлодіод + ЛСК на основі мікрокристалічної целюлози + люмінесцентний оксид». Покращити характеристики передбачається шляхом підбору іншого люмінесцентно активного оксиду.

Висновки і перспективи. Виготовлені методом холодного пресування композиційні зразки, де матрицею є мікрокристалічна целюлоза (МКЦ), а наповнювачем – сполуки складних оксидів $AgNO_3$, $LaVO_4:Sm,Eu$ та $K_2Bi(PO_4)(MoO_4):Eu$, характеризуються інтенсивною фотолюмінесценцією у видимому світлі, спектр якої складається із широкої смуги свічення целюлози та набору вузьких ліній, зумовлених випромінюванням іонів рідкісноземельних елементів (РЗЕ) Європію, Eu^{3+} та самарію, Sm^{3+} .

Співвідношення інтенсивності свічення МКЦ та іонів РЗЕ залежить від вмісту оксиду у складі композиту. Карбонізація композитів шляхом піролізу також впливає на інтенсивність компонентів свічення. Згадані фактори відкривають можливості керування спектральним складом фотолюмінесценції.

Результати досліджень є основою для подальших розробок на основі досліджених целюлозно-оксидно-вуглецевих гібридних композитів люмінесцентних конвертерів фіолетового та синього світла комерційних світлодіодів і створення, тим самим, на їх основі світлодіодів «білого» випромінювання.

Список літератури

1. Kulpinski P. et al. Luminescent cellulose fibers modified with cerium fluoride doped with terbium particles //Polymer Composites. – 2016. – Vol. 37. – №. 1. – P. 153–160.
2. Khiabani P. S. et al. Paper-based sensor for monitoring Sun exposure //ACS Sensors. – 2016. – Vol. 1. – №. 6. – P. 775–780.
3. Bian Y., He B., Li J. Preparation of cellulose-based fluorescent materials using Zinc sulphide quantum dot-decorated graphene by a one-step hydrothermal method //Cellulose. – 2016. – Vol. 23. – №. 4. – P. 2363–2373.
4. Nediello M. et al. Mechanical, dielectric, and spectroscopic characteristics of “micro/nanocellulose+ oxide” composites //Nanoscale research letters. – 2017. – Vol. 12. – №. 1. – P. 98.
5. Barbash V. A. et al. Development of technology of microcrystalline cellulose from hemp fibres //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 3/6. – P. 51–56.
6. Барбаш В. А., Нагорна Ю. М. Технологія одержання мікрокристалічної целюлози із недеревної рослинної сировини / Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2015. – № 2. – С. 119–124.

References

1. Kulpinski, P., Erdman, A., Grzyb, T., & Lis, S. (2016). Luminescent cellulose fibers modified with cerium fluoride doped with terbium particles. Polymer Composites, 37 (1), 153–160.
2. Khiabani, P. S., Soeriyadi, A. H., Reece, P. J., & Gooding, J. J. (2016). Paper-based sensor for monitoring Sun exposure. ACS Sensors, 1 (6), 775–780.
3. Bian, Y., He, B., & Li, J. (2016). Preparation of cellulose-based fluorescent materials using Zinc sulphide quantum dot-decorated graphene by a one-step hydrothermal method. Cellulose, 23 (4), 2363–2373.
4. Nediello, M., Hamamda, S., Alekseev, O., Chornii, V., Dashevskii, M., Lazarenko, M., ... & Scherbatskyi, V. (2017). Mechanical, dielectric, and spectroscopic characteristics of “micro/nanocellulose+ oxide” composites. Nanoscale Research Letters, 12 (1), 98.
5. Barbash, V.A., Karakutsa, M.G., Trembus, I.V., Yaschenko O.V. (2016) Development of technology of microcrystalline cellulose from hemp fibres. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3/6, 51–56.
6. Barabash, V. A., Nagorna, Yu. M. (2015) Tekhnolohiia oderzhannia mikrokrystalichnoi tseliulozy iz nederevnoi rosllynnoi syrovyny [Technology of microcrystalline cellulose derivation from non-wood plant raw material] / Naukovi visti NTUU «KPI», 2, 119–124.

КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ОКСИДОВ: СВОЙСТВА И НАПРАВЛЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

**В. В. Бойко,
В. П. Чорний,
В. А. Барбаш,
О. В. Яценко,
О. М. Алексеев,**

Ю. Е. Грабовский,
С. Г. Неделько,
Е. О. Резниченко,
В. П. Щербацкий,
М. С. Неделько

Аннотация. Представлены результаты люминесцентно-спектроскопических исследований композитов, состоящих из микрокристаллической целлюлозы и оксидов – AgNO_3 , $\text{K}_2\text{Eu}(\text{PO}_4)(\text{MoO}_4)$ и $\text{LaVO}_4\text{:Sm}$. Установлено, что люминесцентные свойства целлюлозы зависят от типа исходного растительного сырья и способа обработки, что проявляется в разной интенсивности свечения. При этом профиль спектров фотолюминесценции (ФЛ) остается практически неизменным. Максимум неэлементарной полосы ФЛ целлюлозы лежит около 490 нм при возбуждении на 405 нм.

Композиты, которые содержали нитрат серебра, в целом, проявляли подобный профиль полосы ФЛ с максимумом при 490 нм, но с более интенсивной коротковолновой частью. Композиты, которые содержали $\text{K}_2\text{Eu}(\text{PO}_4)(\text{MoO}_4)$ и $\text{LaVO}_4\text{:Sm}$ характеризуются интенсивной видимой ФЛ при возбуждении в диапазоне 337–532 нм, спектр которой зависит от длины волны возбуждения. Показано, что нанесение люминесцентного покрытия «микрокристаллическая целлюлоза»+ $\text{K}_2\text{Eu}(\text{PO}_4)(\text{MoO}_4)$ на коммерческий светодиод с $\lambda_{\text{изл}} = 455$ нм позволяет получить белый свет с голубым оттенком (цветовые координаты $x = 0,262$; $y = 0,224$).

Ключевые слова: микрокристаллическая целлюлоза, люминесценция, оксид, редкоземельный ион

COMPOSITES BASED ON MICROCRYSTALLINE CELLULOSE AND LUMINESCENT OXIDES: PROPERTIES AND A WAY OF APPLICATION

V. Boyko,
V. Chornii,
V. Barbash,
O. Yashchenko,
A. Alekseev,
Yu. Hrabovskyi,
S. Nedilko,
E. Reznichenko,
V. Shcherbatskyi,
M. Nediello

Abstract. The results of luminescent spectroscopic studies of composites that consist of microcrystalline cellulose and oxide s– AgNO_3 , $\text{K}_2\text{Eu}(\text{PO}_4)(\text{MoO}_4)$ and $\text{LaVO}_4\text{:Sm}$ are reported. It was established the luminescence properties of cellulose are dependent on type of plant raw

materials as well as on processing methods. These factors have influence on luminescence intensity but profile of photoluminescence (PL) bands remains practically unchanged. A maximum of non-elementary PL band is located near 490 nm for case of excitation at 405 nm.

Composites with argentums nitrate revealed similar shape of PL band with maximum at 490 nm but with more intensive short-wavelength side of the band. Under excitation in 33–532 nm spectral region the composites that contain $K_2Eu(PO_4)(MoO_4)$ and $LaVO_4:Sm$ are characterized by intensive visible photoluminescence. Spectra of these PL depend on excitation wavelength. It is shown the combination of luminescent coating “microcrystalline cellulose” + $K_2Eu(PO_4)(MoO_4)$ and commercial light emitting diode with $\lambda_{em} = 455$ nm allow to obtain bluish white light (chromaticity coordinates are $x = 0.262$; $y = 0.224$).

Keywords: microcrystalline cellulose, luminescence, oxide, rare-earth ion

УДК 535.3

ВПЛИВ АДСОРБЦІЙНОГО ШАРУ МЕТАЛЕВИХ ЧАСТИНОК НА РОЗСІЯННЯ СВІТЛА

С. В. СТЕЦЕНКО, старший викладач
**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**
E-mail: sstetsenko@i.ua

Анотація. Розглянуто сучасний стан досліджень взаємодії електромагнітного випромінювання з металевими наночастинками та дисперсними системами на їх основі. Проаналізовано деякі чисельні результати з даної тематики, отримані за останні роки. Наведено результати досліджень впливу адсорбційного шару металевої частинки сферичної форми на посилення комбінаційного розсіяння світла молекулами в зовнішньому електричному полі. Проаналізована в даній роботі методика дає можливість вивчати стан окремих груп, що знаходяться на поверхні частинок та їх комплексів. Це особливо важливо, оскільки величезна кількість процесів відбувається саме на границі розподілу фаз.

Ключові слова: малі частинки, адсорбційний шар, поляризованість, комбінаційне розсіяння, коефіцієнт посилення

Актуальність. Актуальність дослідження діелектричних та спектральних характеристик гетеросистем з металевими включеннями розміром порядку 5–15 нм зумовлена рядом властивостей цих систем та

© С. В. Стеценко, 2018