

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України



“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”

к.філос.н., проф.

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

“ 12 ” березня 2024 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 17 від 29 лютого 2024 р. розширеного засідання
кафедри мікроелектроніки
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри мікроелектроніки:

1. зав. кафедри мікроелектроніки, д. т. н., доцент Татарчук Д. Д.;
2. професор, д. ф.-м. н., професор Королюк Д. В.;
3. професор, д. т. н., с.н.с. Вербицький В. Г.;
4. професор, д. т. н., доцент Мачулянський О. В.;
5. професор, д. т. н., професор Поплавко Ю. М.;
6. професор, к. т. н., професор Орлов А. Т.;
7. доцент, к. ф.-м. н., старший дослідник Євтушенко А. І.;
8. доцент, к. т. н., доцент Діденко Ю. В.;
9. доцент, к. т. н., доцент Заворотний В. Ф.;
10. доцент, к. т. н., доцент Коваль В. М.;
11. ст. викладач, к. т. н. Осінов С.М.;
12. ст. викладач, к. т. н. Лупина Б. І.;
13. ст. викладач, к. т. н. Воронько А.О.;
14. асистент, доктор філософії Шевлякова Г.В.;
15. асистент, к.т.н. Королевич Л. М.;
16. асистент, доктор філософії Малюта С.В.;
17. аспірант Бойкиня А.О.;
18. аспірант Гетманчук В.В.;
19. аспірант Крисенко П.І.;
20. аспірант Найдьонов А.О.;
21. аспірант Лапшуда В.А.;
22. аспірант Чипегін Д.В.;

23. аспірант Ліневич Я. О.;
24. аспірант Новіков Д.О;

- з кафедри електронної інженерії

25. професор, д. т. н., професор, Тимофєєв В.І.;
26. доцент, к. т. н., доцент, Казміренко В.А.;

- з кафедри електронних приладів та пристроїв:

27. професор, д. т. н., професор, Мельник І.В.;
28. професор, д. т. н., професор, Писаренко Л.Д.;

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри мікроелектроніки Лапшуди Владислава Анатолійовича за матеріалами дисертаційної роботи “Сенсори вологості на основі наноцелюлози для гнучкої електроніки”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка. Освітньо-наукова програма Мікро- та наносистемна техніка.

Тему дисертаційної роботи “Напівпровідникові шаруваті структури для елементів гнучкої електроніки” затверджено на засіданні Вченої ради факультету електроніки Національного Технічного Університету України “Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського” (протокол № 10/2020-1 від “26” жовтня 2020 року) та перезатверджено “Сенсори вологості на основі наноцелюлози для гнучкої електроніки” на засіданні Вченої ради факультету електроніки Національного Технічного Університету України “Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського” (протокол № 09/2023 від “ 18” вересня 2023 року).

Науковим керівником затверджено к.т.н, доцент, Коваль В.М.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

- зав. кафедри мікроелектроніки, д. т. н., доцент, Татарчук Д. Д.;
- професор, д. т. н., професор, Поплавко Ю. М.;
- професор, д. т. н., професор, Мельник І.В.;
- доцент, к. ф.-м. н., старший дослідник, Євтушенко А. І.;
- професор, д. т. н., с.н.с., Вербицький В. Г.;
- асистент, доктор філософії, Шевлякова Г.В.;
- професор, д. т. н., професор, Тимофєєв В.І.;
- ст. викладач, к. т. н., Lupina Б. І.;

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

- зав. кафедри мікроелектроніки, д. т. н., доцент, Татарчук Д. Д.
- професор, к. т. н., професор, Орлов А. Т.;
- доцент, к. ф.-м. н., старший дослідник, Євтушенко А. І.;
- професор, д. т. н., с.н.с., Вербицький В. Г.;
- ст. викладач, к. т. н., Лупина Б. І.;
- професор, д. т. н., професор, Мельник І.В.;
- професор, д. т. н., професор, Тимофєєв В.І.;

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Актуальність дисертаційного дослідження обумовлена потребою у вирішенні проблеми утилізації відпрацьованих електронних приладів гнучкої електроніки. Розробка одноразових біорозкладних сенсорів є одним із нових підходів для вирішення цієї проблеми.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана на кафедрі мікроелектроніки в рамках наступних НДР: № 2301/2-п “Екологічно безпечні технології перероблення недеревної рослинної сировини у наноцелюлозні композиційні матеріали для органічного пакування і зеленої гнучкої електроніки” (2020-2022 рр); № 0123U105274 “Органічно-неорганічні гібридні структури для електронних сенсорів” (2023-2025 р).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

- 1) Встановлено вплив маси (товщини) вологочутливої плівки, вихідного матеріалу та методу екстракції наноцелюлози на статичні та динамічні параметри твердотільних сенсорів вологості.
- 2) Створено гнучкі сенсори вологості, у яких наноцелюлоза використовується як механічна основа та чутливий шар одночасно, що дозволило зменшити кількість технологічних операцій виготовлення гнучких сенсорів та забезпечити повну біорозкладність таких приладів.
- 3) Створено нанокompозит на основі наноцелюлози та полівінілового спирту і гнучкі сенсори на їх основі, що забезпечило підвищення пластичності матеріалу наноцелюлози та її вологочутливості.
- 4) Створено ємнісні сенсори вологості на основі карбонізованої наноцелюлози, що зменшило час відгуку гнучких сенсорів вологості.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

Теоретичне значення результатів роботи полягає у тому, що встановлено вплив маси (товщини) вологочутливої плівки наноцелюлози, а також вихідної сировини та способу її екстракції на статичні та динамічні параметри сенсорів. Встановлено вплив вмісту полівінілового спирту в складі композиту з наноцелюлозою на робочі характеристики сенсорів

вологості, що дало змогу покращити чутливість приладів. Встановлено вплив карбонізації наноцелюлози на статичні та динамічні характеристики сенсорів вологості, що дало змогу покращити швидкодію приладів. Також в роботі була побудована математична модель, яка дозволяє розраховувати параметри сенсорів вологості з наноцелюлози на основі фізичних параметрів вологочутливого шару та розмірів конструктивних елементів. Практичне значення результатів роботи полягає в тому, що показана можливість використання сенсорів на основі наноцелюлози та її модифікацій для аналізу дихальної активності людини (визначення темпу дихання, глибини подиху та затримки дихання).

5. Апробація/використання результатів дисертації

Результати отримані в ході роботи над дисертацією були представлені на 4 наукових і науково-практичних конференціях і семінарах:

IEEE 10th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2020), 9-13 November, 2020, Sumy, Ukraine.

IEEE 11th International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021), 5-11 September 2021, Odesa, Ukraine.

Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики ЄВРИКА, 2021, 18-20 травня, Львів, Україна.

IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO-2022), 10-14 October, 2022, Kyiv, Ukraine.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Лапшуди Владислава Анатолійовича визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 12 наукових публікацій, у тому числі:

- 4 статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 153 - Мікро- та наносистемна техніка

в т.ч. 4 статей, у яких кількість співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;

- 2 статей у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах Scopus та/або Web of Science Core Collection із зазначенням квартилю видання Q3 та Q2;

4 - тез виступів на наукових конференціях;

2 - статей, що додатково відображають результати дисертації.

Праці, які відображають основні результати дисертації:

[1] **В. А. Лапшуда**, Я. О. Ліневич, М. Г. Душейко, В. М. Коваль, і В. А. Барбаш, «Ємнісні сенсори вологи на основі плівок наноцелюлози для біорозкладної електроніки», *Мікросист., Електрон. та Акуст.*, Т. 27, №. 1, с. 255990–1, Квіт. 2022. <http://dx.doi.org/10.20535/2523-4455.me.255990>. (Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії Б).

Особистий внесок здобувача: Здобувачем значною мірою були виконані технологічні операції при виготовленні твердотільних ємнісних сенсорів вологості на основі наноцелюлози, проведено вимірювання статичних та динамічних характеристик сенсорів, здійснено аналіз впливу товщини вологочутливого шару наноцелюлози та частоти тестового сигналу на робочі характеристики приладів, встановлено оптимальну товщину чутливого шару і робочу частоту та проведено обговорення результатів та написання статті разом із співавторами.

[2] **В. Лапшуда**, В.Коваль, М. Душейко, і В.Барбаш, «Гнучкі сенсори вологості на основі наноцелюлози для носимої електроніки», *Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування*, вип. 64(2), с. 42–50, Груд 2022. [http://dx.doi.org/10.20535/1970.64\(2\).2022.269986](http://dx.doi.org/10.20535/1970.64(2).2022.269986). (Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії Б).

Особистий внесок здобувача: Здобувачем значною мірою були виконані технологічні операції при виготовленні гнучких резистивних та ємнісних сенсорів вологості на основі наноцелюлози (на підкладці ПІ), проведено вимірювання статичних та динамічних характеристик сенсорів, здійснено аналіз впливу вихідного матеріалу, технології екстракції та частоти тестового сигналу на робочі характеристики приладів, встановлено оптимальну сировину та технологію екстракції НЦ для виготовлення чутливого шару, визначено робочу частоту та проведено обговорення результатів та написання статті разом із співавторами.

[3] **Лапшуда В.А.**, Коваль В.М., Душейко М.Г., Барбаш В.А., Ященко О.В., Панченко С.А., Якименко О.С. “Гнучкі сенсори вологості на основі плівок наноцелюлози для біомедичного застосування” *Перспективні технології та прилади*. №.22. pp. 81-90, Лип. 2023 <https://doi.org/10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2023-22-12>. (Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії Б).

Особистий внесок здобувача: Здобувачем значною мірою були виконані технологічні операції при виготовленні гнучких ємнісних сенсорів вологості на основі НЦ, де НЦ використовується як чутливий шар, так і підкладка, проведено вимірювання статичних та динамічних характеристик сенсорів, здійснено дослідження можливості використання отриманих сенсорів для моніторингу дихання людини. Встановлено оптимальне розташування сенсорів. Проведено обговорення результатів та написання статті разом із співавторами.

[4] **Лапшуда В.А.**, Коваль В.М. “Моделювання впливу конструктивних параметрів на характеристики сенсорів вологості на основі наноцелюлози” *Перспективні технології та прилади*. №.23. pp. 48-56, Груд. 2023 <https://doi.org/10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2023-23-07> (Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії Б).

Особистий внесок здобувача: Здобувачем були виконані операції побудови 3D моделей для структур, характеристики яких моделювалися. Побудовані математичні моделі досліджуваних структур та проведені розрахунки їх параметрів. Встановлено оптимальні розміри електродних систем, а також товщин чутливого шару. Проведено обговорення результатів та написання статті разом із співавтором.

[5] **Lapshuda, V.**, Koval, V., Dusheiko, M. et al. Capacitive and Resistive Humidity Sensors Based on Flexible Nanocellulose Film for Wearable Electronics. *Radioelectron.Commun.Syst.* 65, 597–608, 2022.

<https://doi.org/10.3103/S0735272722120019> (Стаття у закордонному виданні, проіндексованому у базі даних *Web of Science Core Collection* та *Scopus* та віднесеному до 3 квартилу (Q3) відповідно до класифікації *SCImago Journal and Country Rank*).

Особистий внесок здобувача: Здобувачем значною мірою були виконані технологічні операції при виготовленні гнучких резистивних та ємнісних сенсорів вологості на основі наноцелюлози, де НЦ використовується як чутливий шар, так і підкладка, проведено вимірювання статичних та динамічних характеристик сенсорів, здійснено аналіз впливу конструкції сенсорів та частоти тестового сигналу на робочі характеристики приладів. Проведено моделювання процесу адсорбції. Встановлено оптимальну конструкцію електродів сенсорів. Визначено ізотерму, яка найближче описує процес адсорбції. Проведено обговорення результатів та написання статті разом із співавторами.

[6] **V. Lapshuda**, V. Koval, V. Barbash, M. Dusheiko, O. Yaschenko and O. Yakymenko, "Nanocellulose-Based Composites for Flexible and Biodegradable Humidity Sensors for Breath Monitoring," *IEEE Sensors Letters*, vol. 7, iss. 10, pp 1-4. Oct. 2023 <https://doi.org/10.1109/LESENS.2023.3311669> (Стаття у закордонному виданні, проіндексованому у базі даних *Web of Science Core Collection* та *Scopus* та віднесеному до 2 квартилу (Q2) відповідно до класифікації *SCImago Journal and Country Rank*).

Особистий внесок здобувача: Здобувачем значною мірою були виконані технологічні операції при виготовленні гнучких ємнісних сенсорів вологості на основі композиту НЦ/ПВС, де даний матеріал використовується як чутливий шар, так і підкладка, проведено вимірювання статичних та динамічних характеристик сенсорів, здійснено аналіз впливу складу композиту та частоти тестового сигналу на робочі характеристики приладів. Встановлено оптимальний склад композиту. Проведено обговорення результатів та написання статті разом із співавторами.

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[7] Viktoriia Koval, Valerii Barbash, Mykhailo Dusheyko, **Vladyslav Lapshuda**, Olga Yashchenko, Yurii Yakymenko. "Application of Nanocellulose in Humidity Sensors for Biodegradable Electronics" // *IEEE International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2020)*. Conference Proceedings, 9-13 November, 2020. – Sumy, Ukraine. – p. 1 – 5. <https://doi.org/10.1109/nap51477.2020.9309598>

Особистий внесок здобувача: Здобувачем проведено вимірювання характеристик сенсорів та обговорено основні результати вимірів із співавторами.

[8] V. Koval, V. Barbash, M. Dusheyko, **V. Lapshuda**, O. Yashchenko and A. Naidonov, "Nickel-based Piezoresistive Sensors Obtained on Flexible Nanocellulose Substrate," *2021 IEEE 11th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP)*, 2021, pp. 1.5, <https://doi.org/10.1109/NAP51885.2021.9568610>.

Особистий внесок здобувача: Здобувачем проведено вимірювання характеристик сенсорів.

[9] **В. Лапшуда**, Я. Ліневич, О. Яценко, А. Гондовська "Резистивні сенсори вологи на основі наноцелюлози" // Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики ЕВРИКА–2021, 18-20 травня, Львів, Україна, ст.52.

Особистий внесок здобувача: Здобувачем значною мірою були виконані технологічні операції при виготовленні твердотільних емнісних сенсорів вологості на основі наноцелюлози, проведено вимірювання статичних та динамічних характеристик сенсорів, здійснено аналіз впливу товщини вологочутливого шару наноцелюлози та частоти тестового сигналу на робочі характеристики приладів, встановлено оптимальну товщину чутливого шару і робочу частоту та проведено обговорення результатів із співавторами. Підготовлені тези та доповідь на конференцію. Здійснено виступ на конференції.

[10] **V. Lapshuda**, V. Koval, V. Barbash, M. Dusheiko, O. Yashchenko and S. Malyuta, "Flexible Humidity Sensors Based on Nanocellulose," *2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, 2022, pp. 208-212, <https://doi.org/10.1109/ELNANO54667.2022.9927092>

Особистий внесок здобувача: Здобувачем значною мірою були виконані технологічні операції при виготовленні гнучких емнісних та резистивних сенсорів вологості на основі наноцелюлози, проведено вимірювання статичних та динамічних характеристик сенсорів, здійснено аналіз впливу конструктивних параметрів та частоти тестового сигналу на робочі характеристики приладів, встановлені розміри електродів і робочу частоту та проведено обговорення результатів із співавторами. Підготовлено презентацію на конференцію та здійснено виступ на конференції.

Праці, які додатково відображають результати дисертації:

[11] **Лапшуда В.А.**, Коваль В.М. "Гнучка та біорозкладна сенсорика: матеріали, технологія виготовлення та прилади на її основі" *Наукові вісті КПІ, Т.2, с. 16-28, 2021*, <https://doi.org/10.20535/kpispn.2021.2.229964>.
(Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії Б).

Особистий внесок здобувача: Здобувачем значною мірою проведено літературний огляд з новими розробками та дослідженнями у сфері гнучкої електроніки, підготовано текст оглядової статті та проведено обговорення із співавторами.

[12] **В. А. Лапшуда**, Я. О. Ліневич, М. Г. Душейко, В. М. Коваль, і В. А. Барбаш, “Резистивні сенсори вологи на основі плівок наноцелюлози для біорозкладної електроніки” *ТКЕА*, №. 4-6, С. 3-9. 2022.

<https://doi.org/10.15222/ТКЕА2022.4-6.03> . (Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії Б).

Особистий внесок здобувача: Здобувачем значною мірою були виконані технологічні операції при виготовленні твердотільних резистивних сенсорів вологості на основі наноцелюлози, проведено вимірювання статичних та динамічних характеристик сенсорів, здійснено аналіз впливу товщини вологочутливого шару наноцелюлози та частоти тестового сигналу на робочі характеристики приладів, встановлено оптимальну товщину чутливого шару і робочу частоту та проведено обговорення результатів та написання статті із співавторами.

Якість та кількість публікацій відповідають “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44”.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Лапшуди Владислава Анатолійовича “Сенсори вологості на основі наноцелюлози для гнучкої електроніки”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напряму наукового дослідження освітньо-наукової програми КПП ім. Ігоря Сікорського Мікро- та наносистемна техніка.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Сенсори вологості на основі наноцелюлози для гнучкої електроніки”, подану Лапшудою Владиславом Анатолійовичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПП ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

доктор технічних наук, професор, професор кафедри мікроелектроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського **Мачулянський Олександр Вікторович**;

Члени:

Рецензенти:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри мікроелектроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», **Вербицький Володимир Григорович**;

кандидат технічних наук, професор, професор кафедри мікроелектроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», **Орлов Анатолій Тимофійович**;

Офіційні опоненти:

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, докторант Інституту Фізики Напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України **Семікіна Тетяна Вікторівна**;

доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та інформаційних систем Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, **Притчин Сергій Емільович**.

Головуючий на засіданні,
завідуючий кафедри мікроелектроніки



Дмитро ТАТАРЧУК

Вчений секретар
кафедри мікроелектроніки



Борис ЛУПИНА