



# Х УКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ З ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ УНКФН–10

## ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ



**Національна академія наук України**  
**Міністерство освіти та науки України**  
**Наукова рада з проблеми «Фізика напівпровідників**  
**і діелектриків» при Відділенні фізики і астрономії**  
**Національної академії наук України**  
**Українське фізичне товариство**  
**Академія наук вищої школи України**  
**Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України**  
**Ужгородський національний університет**  
**Інститут електронної фізики НАН України**

*Конференція присвячена 100-річчю  
з дня народження проф. П.І. Баранського і  
75-річчю з дня заснування фізико-математичного факультету УжНУ.*

**X УКРАЇНСЬКА НАУКОВА  
КОНФЕРЕНЦІЯ З ФІЗИКИ  
НАПІВПРОВІДНИКІВ  
УНКФН–10**

**X UKRAINIAN SCIENTIFIC  
CONFERENCE ON PHYSICS  
OF SEMICONDUCTORS  
(USCPS-10)**

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ  
ABSTRACTS**

**Ужгород, Україна  
26 - 30 травня 2025**

**Uzhhorod, Ukraine  
May 26-30, 2025**

**УДК 537.311.322**

**Д 37**

**10-та Українська наукова конференція з фізики напівпровідників.** Матеріали конференції. – Ужгород : ТОВ "РІК-У", 2025. – 452 с.

Дана збірка містить тези доповідей 10-ї Української наукової конференції з фізики напівпровідників (УНКФН-10) за участі зарубіжних науковців. Матеріали відображають зміст доповідей конференції, у яких викладені нові результати, стан і перспективи досліджень в області фізики напівпровідників за основними напрямками: нові фізичні явища в об'ємі та на поверхні напівпровідників, фізичні явища у низькорозмірних структурах, фізика напівпровідникових приладів, проблемні питання мікро- та наноелектроніки, сучасні фізико-технічні аспекти напівпровідникової сенсорики та оптоелектроніки, надвисокочастотна та терагерцова електроніка, матеріалознавство, технології та діагностика напівпровідникових матеріалів.

У збірці надруковані тези пленарних, запрошених, усних та стендових секційних доповідей. Більша частина відповідних повних доповідей за рекомендацією програмного комітету і редакційної колегії конференції буде опублікована в тематичних випусках наукових журналів: "Український фізичний журнал", "Журнал фізичних досліджень", "Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics", "Функціональні матеріали", "Технология и конструирование в электронной аппаратуре", "Фотоелектроніка", "Сенсорна електроніка і мікросистемні технології".

**УДК 537.311.322**

Видання тез доповідей здійснено з авторських оригіналів, підготовлених до друку Програмним комітетом і редакційною колегією конференції.

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України (протокол № 9 від 14 травня 2025 р.).

**Редакційна колегія:**

Головний редактор О.Є. Беляєв

Члени редколегії: В.О. Кочелап

О.В. Стронський

С.М. Левицький

Р.А. Редько

В.І. Смоланка

В.М. Міца

**ISBN 978-617-8390-92-1**

© ТОВ "РІК-У"

© Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України  
Ужгородський національний університет, 2025

The present conference proceeding contains the abstracts of 10-th Ukrainian scientific conference on physics of semiconductors (USCSP-10) with participation of scientists from abroad.

The materials reflect the content of the conference papers, in which the novel results, state and perspectives of research in the field of semiconductor physics on principal directions are stated: new physical phenomena in the bulk and on the surface of semiconductors, the physical phenomena in low-dimensional structures, the physics of semiconductor devices, issues of micro- and nanoelectronics, advanced physical and technical aspects of semiconductor sensing and optoelectronics, microwave and terahertz electronics, materials science, semiconductor technology and diagnostics materials. The most part of appropriate full reports under the recommendation of program committee and editorial board will be published in the subject issues of the scientific journals: "Ukrainian Journal of Physics", "Journal of Physical Research", "Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics", "Functional Materials", "Technology and design in electronic equipment", "Photoelectronics", "Sensor Electronics And Microsystem Technologies".

Abstract edition is carried out from author's original copies prepared for printing by Program committee and an editorial board of conference.

### **Співголови конференції**

**Беляєв О.Є.**, академік НАН України, радник при дирекції ІФН ім. В.Є. Лашкарьова  
НАН України, голова наукової Ради з проблеми "Фізика напівпровідників і  
діелектриків" при Відділенні фізики і астрономії НАН України (Київ)  
**Смоланка В.І.**, д.м.н, проф., ректор Ужгородського національного університету  
(Ужгород)

### **Заступники голови**

**Височанський Ю.М.**, академік НАН України, проф., завідувач кафедри фізики  
напівпровідників Ужгородського національного університету (Ужгород)  
**Мельник В.П.**, д.ф.-м.н., проф., в.о. директора ІФН ім. В.Є.Лашкарьова НАН України  
(Київ)

**Учений секретар** – Редько Р.А., к.ф.-м.н. (Київ)

### **Програмний комітет**

**Голова** – Кочелап В.О., чл.-к. НАН України (Київ)

**Заступник** - Стронський О.В., д.ф.-м.н., (Київ)

Блецкан Д.І., проф. (Ужгород), Валах М.Я., чл.-к. НАНУ (Київ), Вереш М. проф.  
(Угорщина), Вовк Р.В. акад. НАНУ (Харків), Гомонай Г.М., чл.-к. НАНУ (Ужгород),  
Гусинін В.П., чл.-к. НАНУ (Київ), Джаган В.М., чл.-к. НАНУ (Київ), Ільченко В.В.  
проф. (Київ), Карачевцев В.О., проф. (Харків), Коваленко О.В. проф. (Дніпро), Корбутяк  
Д.В., проф. (Київ), Кордюк О.А. акад. НАНУ (Київ), Коротєєв В.В., д.ф.-м.н. (Київ),  
Левицький С.М., к.т.н. (Київ), Лепіх Я.І., проф. (Одеса), Лисенко В.С., чл.-к. НАНУ  
(Київ), Лихоліт М.І., чл.-к. НАНУ (Київ), Ловас Г.Й., к.ф.-м.н. (Ужгород), Локтев В.М.  
акад. НАНУ (Київ), Мамикін С.В. к.ф.-м.н. (Київ), Мележик П.М. акад. НАНУ (Харків),  
Міца В.М., проф. (Ужгород), Мриглод І.М., акад. НАНУ (Львів), Назаров О.М. проф.  
(Київ), Наумовець А.Г., акад. НАНУ (Київ), Порошин В.М., д.ф.-м.н. (Київ), Різак В. М.,  
проф. (Ужгород), Рябченко С.М., чл.-к. НАНУ (Київ), Сизов Ф.Ф., чл.-к. НАНУ (Київ),  
Скришевський В.А. проф. (Київ), Сливка О.Г., проф. (Ужгород), Сминтина В.А., проф.  
(Одеса), Снопко Б.А., проф. (Київ), Стріха М.В., проф. (Київ), Товстолиткін О.І. проф.  
(Київ), Томашик В.М., проф. (Київ), Фегер О., проф. (Словаччина), Фодчук І.М. проф.  
(Чернівці), Цибрій З.Ф., д.ф.-м.н. (Київ), Цитровський О., проф. (Угорщина), Циуляну  
Д., чл.-к. АНМ (Молдова), Шевченко С.І., проф. (Харків), Шпотюк О.Й., проф. (Львів)

### **Локальний оргкомітет «УНКФН-10»**

**Голова** – Міца Володимир Михайлович (Ужгород)

Когутич Антон Антонович (Ужгород)

Поп Михайло Михайлович (Ужгород)

Голомб Роман Михайлович (Ужгород)

Кондрат Олександр Борисович (Ужгород)

Гомоннай Олександр Васильович (Ужгород)

Біланіч Віталій Степанович (Ужгород)

Гураніч Павло Павлович (Ужгород)

Гомоннай Олександр Олександрович (Ужгород)

Рубіш Василь Михайлович (Ужгород)

Левицький Сергій Миколайович (Київ)

Редько Роман Анатолійович (Київ)

Горобей Оксана Ярославівна (Київ)

## **Адгезія кристалічного CO<sub>2</sub> до алюмінію: розрахунки з перших принципів**

Степанюк О.М., Балабай Р.М.

*Криворізький державний педагогічний університет,*

*пр. Університетський, 54, 50086, Кривий Ріг, Україна*

На Землі температурний режим такий, що вода, як правило, знаходиться досить близько до точки замерзання і сніговий покрив на її поверхні або є сезонним або триває постійно. У зв'язку з чим були актуальними наші попередні дослідження механізмів адгезії кристалічної води до алюмінію та графену [1].

На Марсі, як і на Землі, присутність льоду також відіграє важливу роль у великомасштабних кліматичних процесах [2]. Немає ніяких доказів того, що заморожений CO<sub>2</sub> природним чином зустрічається на поверхні Землі або в її атмосфері, відомо, що твердий CO<sub>2</sub> існує на полярних шапках Марса [Kuiper, 1949; Лейтон і Мюррей, 1966; Hess and Pimental, 1969]. Фактично, полярні шапки Марса і, можливо, супутника Нептуна Тритона, мають єдині відомі природні відкладення інею CO<sub>2</sub> у Сонячній системі [Calvin, 1990; Хансен, 1997]. Залишкові північна та південна шапки є постійними елементами і можуть мати кілометр або більше завтовшки. Товщина сезонного покриву може перевищувати метр у високих широтах, але ймовірно менше кількох сантиметрів у нижчих широтах. Гесс та ін. (1979) оцінили товщину снігових шарів (що складаються із замерзлого H<sub>2</sub>O і замерзлого CO<sub>2</sub>) у кілька десятків сантиметрів. Одне з найбільш важливих висновків місії Viking було зроблено Kieffer [1979] та Hess et al. (1979), який показав, що залишкова північна шапка Марса - це лід H<sub>2</sub>O, а залишкова південна шапка - лід CO<sub>2</sub>.

Перший контакт із поверхнею Марсу був здійснений радянськими зондами: спускним апаратом «Марс-2» 27 листопада 1971 року і апаратом «Марс-3» 2 грудня 1971 року. Приблизно 2/3 всіх космічних апаратів зазнали невдачі і не виконали своїх місій, тому система Марса має статус складної цілі для досліджень. Однак, попереду неминучі як непілотовані так і пілотовані контакти механізмів з поверхнею Марсу у тому числі, що покриті замороженим кристалічним CO<sub>2</sub>. Однак, перш ніж реалізувати стратегію зондування, необхідні експерименти моделювання, необхідно розуміння фізики взаємодії з кристалами CO<sub>2</sub>», щоб підвищити надійність місій на Марс.

Заморожені кристали вуглекислого газу, які спостерігаються в лабораторії, значно менші, ніж кристали води, і, на відміну від гексагональної структури кристалів H<sub>2</sub>O, кристали CO<sub>2</sub> належать до

кубічної просторової групи [3]. Порівняно з кристалами  $H_2O$ , така ж різноманітність кристалічних форм не спостерігалася в лабораторії для замороженого  $CO_2$ .

Дана робота являє собою новий внесок в теоретичний аналіз адгезійних контактів кристаликів  $CO_2$  та плівкового алюмінію, який буде ймовірно використовуватися як матеріал покриття марсоходів (рис.1).

Нами були оцінені енергетичні рельєфи відриву кристаликів  $CO_2$  від поверхні плівки алюмінію, розраховані електричні заряди в околі атомів, що адгезійно взаємодіють, та сили, що діють на ці атоми з боку решти електронно-ядерного оточення - методами функціоналу електронної густини та псевдопотенціалу із перших принципів за допомогою власного програмного коду.

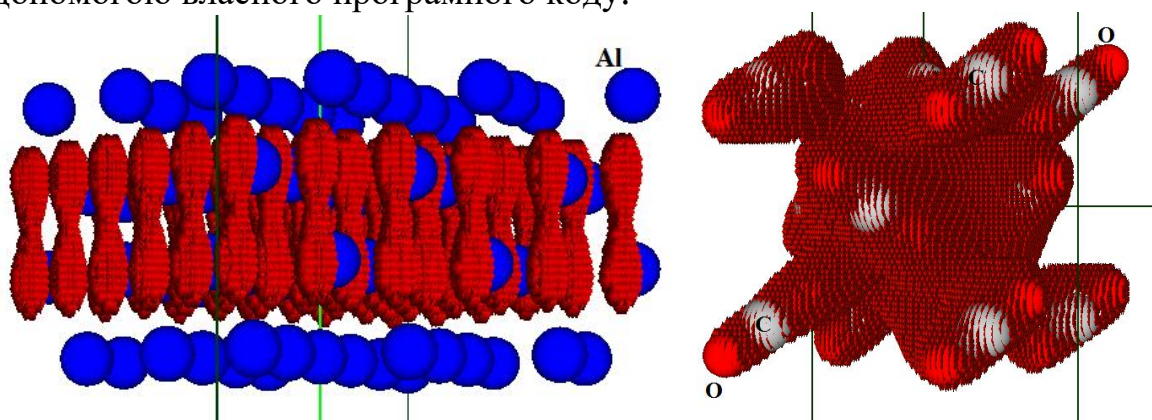


Рис. 1. Просторові розподіли густини валентних електронів в межах 4-и шарової плівки Al для ізозначення 0,9 - 1,0 від максимального (зліва) та кристалика  $CO_2$  для ізозначення 0,7 - 0,8 від максимального (справа). До адгезійного контакту

1. O.M. Stepanyuk, R.M. Balabai. Understanding from first principles of the mechanism of ice-solid adhesion. The International research and practice conference "Nanotechnology and nanomaterials" (NANO-2024). Abstract Book of participants of the International research and practice conference, Uzhorod, 21–24 August 2024. Kyiv, 2024. P. 374. [https://drive.google.com/file/d/1\\_I2sb5lRxa8SC-TPSjnFYNrr103akqQp/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1_I2sb5lRxa8SC-TPSjnFYNrr103akqQp/view?usp=sharing)
2. J. L. Foster, A. T. C. Chang, and D. K. Hall, W. P. Wergin and E.F. Erbe, J. Barton. Carbon dioxide crystals: An examination of their size, shape, and scattering properties at 37 GHz and comparisons with water ice (snow) measurements // JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 103, NO. Ell, PAGES 25,839-25,850, OCTOBER 25, 1998
3. T.P. Mangan, C.G. Salzmann, J.M.C. Plane, B.J. Murray.  $CO_2$  ice structure and density under Martian atmospheric conditions // Icarus (2017) 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.icarus.2017.03.012>