

ПОВІДОМЛЕННЯ

про утворення разової спеціалізованої вченої ради

Заклад освіти/наукова
установа

Фізико - технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна
Національної академії наук України (ідентифікаційний код
03534601)

1. Здобувач ступеня доктора філософії

1.1. ПІБ здобувача ступеня
доктора філософії

Гурова Діана Євгеніївна

1.2. Освітньо-наукова
програма, яку завершив
здобувач

39026 Фізика (104 Фізика та астрономія)

1.3. Окремі елементи
освітньо-наукової програми
забезпечуються іншим
закладом вищої освіти/
науковою установою (у тому
числі іноземним)

ні

2. Дисертація

2.1. Тема дисертації

Особливості структури твердих молекулярних сполук. Азот $14N_2$ і $15N_2$ та полімери

2.2. Анотація дисертації

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 — «Фізика та астрономія» (10 — Природничі науки). — Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна Національної академії наук України, Харків, 2024 рік. У дисертаційній роботі представлені результати структурних досліджень окремих молекулярних сполук у кристалічному та аморфному станах. З аналізу інтенсивностей рентгенівських дифрактограм твердих $14N_2$ та $15N_2$ (твердих азотів) в орієнтаційно упорядкованій фазі отримано температурні залежності середньоквадратичних відхилень молекул азоту з вузла кристалічної ґратки та параметра орієнтаційного порядку. Використовуючи метод побудови функції радіального розподілу та квантовомеханічні розрахунки, досліджуються зміни структури полімерної плівки полі-4,4'-діфеніленоксид-піромеллітід під впливом зовнішніх факторів (одновісного розтягування та всебічного стискання). Методами рентгенівської дифракції та оптичної мікроскопії розглядаються структурні характеристики композитів на основі епоксидної смоли з домішками вуглецевих наноструктур (кополімери, одно- та багатостінні вуглецеві нанотрубки, оксид графену). У вступі наведено обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи як у фундаментальному, так і у прикладному аспектах. Визначено мету, завдання, об'єкти та методи дослідження. Сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про публікації, особистий внесок здобувачки та апробацію результатів дисертації. Також описано структуру та обсяг представленої дисертаційної роботи.

У першому розділі представлено огляд літератури. Розглянуті властивості молекулярних сполук з Ван дер Ваальсовим зв'язком між молекулами, до яких відносяться криокристали (тверді H_2 , O_2 , N_2 , HCl , CH_4 , Ar , Ne) та полімери.

Для молекулярних кристалів характерний перехід з орієнтаційно розупорядкованого, в орієнтаційно упорядкований стан (порядок-безлад). У низькотемпературній фазі молекули орієнтуються вздовж відповідних кристалографічних напрямків, та здійснюють трансляційні та лібраційні коливання. Такий складний коливальний рух молекули в кристалі ускладнює правильну інтерпретацію дифракційних картин, отриманих від молекулярного кристала. Окрему увагу приділено параметру орієнтаційного порядку (ПОП), який визначає міру орієнтаційної упорядкованості молекул у кристалі. Для $^{14}N_2$ та $^{15}N_2$ в орієнтаційно упорядкованій фазі були проведені теоретичні розрахунки амплітуди трансляційних та лібраційних коливань молекул, а також параметра орієнтаційного порядку. Також для $^{14}N_2$ був розрахований ПОП з даних рентгенівського експерименту та ядерного квадрупольного резонансу.

Були розглянуті структурні та механічні дослідження поліімідних плівок під дією зовнішніх сил. Проведені раніше дослідження не дають повної картини про процеси, які відбуваються у полімерній плівці при одновісному розтягуванні за кімнатних температур, та при всебічному стисканню – витримці при гелієвих температурах. Додавання домішок в полімерну матрицю дозволяє створити матеріали з унікальними фізичними і механічними властивостями. На даний момент велика увага приділена вивченню механічних властивостей композитів з додаванням наноструктур, при цьому існує невелика кількість робіт по вивченню структури таких композитів.

У другому розділі детально описано методику проведення рентгеноструктурних досліджень кристалічних та аморфних сполук, оптичних досліджень епоксидної смоли з домішками вуглецевих наноструктур.

Також описано методику проведення низькотемпературного експерименту (отримання *in situ* зразків в рентгенівському кріостаті), вимірювання та стабілізації температури.

Для полімерних зразків розглянуто процедуру отримання, проведення механічних випробувань та рентгенівських досліджень.

Третій розділ присвячено структурним дослідженням та аналізу температурної залежності інтенсивностей рентгенівського розсіювання на кристалічних $^{14}N_2$ та $^{15}N_2$ в орієнтаційно упорядкованій фазі. Наведено підхід для опису трансляційних та лібраційних коливань молекул азоту з експериментальних рентгенівських даних.

Вперше отримана температурна залежність амплітуди трансляційних коливань молекул $^{14}N_2$ з вузла кристалічної ґратки в орієнтаційно упорядкованій фазі за даними оригінальних рентгенівських досліджень. Проведено порівняння отриманих значень з розрахунками за теорією Дебая, за даними про швидкості звуку в азоті $^{14}N_2$, а також з теоретичним підходом В.І. Пересади. Вперше знайдено параметр орієнтаційного порядку та середньоквадратичні відхилення молекул $^{15}N_2$ з вузла ґратки в орієнтаційно упорядкованій фазі в результаті розрахунків на

підставі прямих експериментальних вимірювань. Екстраполюючи отримані значення в 0 К, а також порівнюючи їх з теоретичними даними, було показано, що параметр орієнтаційного порядку в $^{15}\text{N}_2$ не дорівнює 1, молекули здійснюють лібраційні коливання навіть при 0 К. Визначено, що температура, при якій молекули $^{15}\text{N}_2$ починають активний переорієнтаційний рух («вільно» обертаються), значно перевищує температуру фазового переходу, і становить близько 45 К.

У четвертому розділі розглянуто дослідження змін у структурі полімерних плівок полі-4,4'-діфніленоксид-піромеллітимід під впливом одновісного розтягу та всебічного стискання. Для опису рентгенівських дифрактограм застосовувався метод побудови функцій радіального розподілу атомів. Також були проведені квантовомеханічні розрахунки – оптимізація геометрії мономеру макромолекули 4,4'-діфніленоксид-піромеллітимід методом DFT (теорії функціоналу густини).

З використанням методу побудови функцій радіального розподілу та на підставі квантовомеханічних розрахунків показано, що при одновісному розтягуванні плівки трансформується сама конфігурація молекул за рахунок змін кутів між двома ароматичними кільцями. Натомість, всебічне стискання не призводить до помітних змін в геометрії молекул, а відбувається взаємне упорядкування полімерних ланцюгів.

П'ятий розділ присвячено дослідженню композитів на основі епоксидних смол з домішками кополімеру, одно- та багатостінних вуглецевих нанотрубок та оксиду графена.

З отриманих даних рентгенівських досліджень встановлено, що введення домішок вуглецевих наноструктур (~ 1 % ваг.) не призводить до утворення кристалічної фази.

Введення домішок одно- та багатостінних вуглецевих нанотрубок спричиняють зменшення міжмолекулярної взаємодії між молекулами в матриці композиту. Композити з домішками вуглецевих нанотрубок, з даних рентгенівських досліджень, є однофазною речовиною.

Додавання оксиду графену до епоксидної матриці призводить до утворення багатофазної речовини, причому значення області ближнього порядку для домішок оксиду графену складає близько 20 Å.

Оптичні дослідження композиту з домішками оксиду графену вказують на нерівномірний розподіл кластерів графену у зразку, суттєве збільшення концентрації на краю зразків, що може бути пов'язане як з особливостями приготування зразка, так і з проведенням механічних випробувань.

Дисертаційна робота представляє оригінальні результати з дослідження структурних властивостей твердих азотів, полімерних плівок та композитів. Використання рентгенівської дифрактометрії та розрахункових методів дозволило отримати нові дані щодо поведінки молекулярних речовин під впливом зовнішніх факторів. Результати проведеної роботи можуть бути застосовані для вирішення структурних завдань (визначення величини розмиття зворотної ґратки) в теорії розсіювання рентгенівських променів, а також у розробці та дослідженні нових композитних матеріалів з необхідними фізичними властивостями.

2.3. Ключові слова дисертації

структура молекулярних твердих речовин, молекулярні кристали, полімери, композити, вуглецеві наноструктури, рентгенівська

дифрактометрія, низькі температури, структурний фактор, середньоквадратичні відхилення, параметр орієнтаційного порядку, фазовий перехід порядок-безлад, функція радіального розподілу, квантовомеханічні розрахунки (метод DFT), оптична мікроскопія

2.4. Посилання, за яким розміщено текст дисертації https://ilt.kharkiv.ua/bvi/structure/theses/thes_Hurova.pdf.asice.zip

2.5. Публікації здобувача, зараховані для захисту

L.A. Alekseeva, E.S. Syrkin, D.E. Hurova, N.A. Aksenova, N.N. Galtsov, and S.B. Feodosyev, Translational vibrations in α -N₂ from x-ray data. *Low Temperature Physics*. 48 (2), 113 (2022), Q3

Рік	2022
Ключові слова	X-ray diffraction, structure, molecular solid, thermal factor, Debye's theory, mean square displacement, low temperature, orientational ordered phase
DOI	10.1063/10.0009289
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0009289

D.E. Hurova, A.I. Erenburg, N.A. Aksenova, N. N. Galtsov, and P.V. Zinoviev, Orientational order parameter and mean square displacement of solid heavy nitrogen in the low-temperature phase. *Experimental data. Low Temperature Physics*, 49 (10) 1184 (2023), Q3.

Рік	2023
Ключові слова	molecular solid, structure, scattering factor, X-ray diffraction, orientational order parameter, mean square displacements, low temperature, orientational ordered phase
DOI	10.1063/10.0020873
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0020873

D.E. Hurova, S.V. Cherednichenko, N.A. Aksenova, N.A. Vinnikov, A.V. Dolbin, and N.N. Galtsov, Structural studies of epoxy resin with impurities of carbon nanostructures. *Low Temperature Physics*, 50 (2), 167 (2024), Q3.

Рік	2024
Ключові слова	carbon nanostructures, structure, X-ray diffractometry, optical microscopy, epoxy resin-based composite, polymer matrix
DOI	10.1063/10.0024329
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні

Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0024329
D.E. Hurova, V.G. Geidarov, I.S. Braude, N.A. Aksenova, S.G. Stepanian, L. Adamowicz, and N. N. Galtsov, Structural studies of amorphous polymer films: Experiment and calculation. Low Temperature Physics, 50 (3), 272 (2024), Q3.	
Рік	2024
Ключові слова	X-ray diffractometry, structure, amorphous state, polymers, radial distribution function, geometry of molecules, DFT method
DOI	10.1063/10.0024972
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0024972

3. Захист

3.1. Посилання, за яким здійснюватиметься онлайн-трансляція захисту	https://ilt.kharkiv.ua/bvi/structure/report/df64175015_sovet_for_hurova.shtml
---	---

4. Разова рада

4.1. Дата рішення Вченої ради про утворення разової ради	02.10.2024
--	------------

Голова разової ради

ПІБ	Карачевцев Віктор Олексійович
Місце роботи	Фізико - технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України
Посада	Завідувач відділу (Основне місце роботи)
Факультет або інший структурний підрозділ	Відділ молекулярної біофізики
Науковий ступінь	Доктор наук, 01.04.07 Фізика твердого тіла
Дата отримання диплома доктора філософії (кандидата наук)	–
ORCID	0000-0003-4580-6465

Публікації за тематикою дисертації

V.A. Karachevtsev, S.G. Stepanian, M.V. Karachevtsev, V.A. Valeeva, L. Adamowicz, Structural and spectral transformation of cationic porphyrin TMPyP4 at adsorption on graphene, Journal of Molecular Structure, 1245, 131056, (2021), Q2

Рік	2021
Ключові слова	porphyrin, molecule flattening, graphene, structure, TMPyP4-Gr complex, cation-π interaction, absorption spectroscopy, DFT calculation, molecular dynamics simulation

DOI	10.1016/j.molstruc.2021.131056
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.131056

A. Glamazda, A. Linnik, O. Lytvyn, V. Karachevtsev, Low-temperature Raman studies of graphene oxide: Analysis of structural properties, AIP Advances 14, 025033 (2024), Q3

Рік	2024
Ключові слова	graphene oxide, atomic force microscopy, Raman spectroscopy, nanomaterials, low temperature, structural properties
DOI	10.1063/5.0188838
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/5.0188838

A.Yu. Glamazda, S.G. Stepanian, M.V. Karachevtsev, A.M. Plokhotnichenko, L. Adamowicz, V.A. Karachevtsev, Noncovalent interaction of single-walled carbon nanotubes with graphene/graphene oxide: Spectroscopy and theoretical characterizations, Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 124, 114279, (2020), Q2

Рік	2020
Ключові слова	carbon nanotubes, graphene, graphene oxide, nanohybrids, optical spectroscopy, UV-visible optical absorption, Raman spectroscopy, Raman scattering, scanning electron microscopy, molecular dynamics simulations, DFT calculations
DOI	10.1016/j.physe.2020.114279
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1016/j.physe.2020.114279

Рецензент

ПІБ	Гламазда Олександр Юрійович
Місце роботи	Фізико - технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України
Посада	провідний науковий співробітник (Основне місце роботи)
Факультет або інший структурний підрозділ	Відділ молекулярної біофізики
Науковий ступінь	Доктор наук, 01.04.07 Фізика твердого тіла
Дата отримання диплома доктора філософії (кандидата наук)	–

ORCID 0000-0003-3048-8732

Публікації за тематикою дисертації

A. Glamazda, A. Linnik, O. Lytvyn, V. Karachevtsev, Low-temperature Raman studies of graphene oxide: Analysis of structural properties, *AIP Advances* 14, 025033 (2024), Q3

Рік	2024
Ключові слова	graphene oxide, atomic force microscopy, Raman spectroscopy, nanomaterials, low temperature, structural properties
DOI	10.1063/5.0188838
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/5.0188838

A.Yu. Glamazda, S.G. Stepanian, M.V. Karachevtsev, A.M. Plokhotnichenko, L. Adamowicz, V.A. Karachevtsev, Noncovalent interaction of single-walled carbon nanotubes with graphene/graphene oxide: Spectroscopy and theoretical characterizations, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 124, 114279, (2020), Q2

Рік	2020
Ключові слова	carbon nanotubes, graphene, graphene oxide, nanohybrids, optical spectroscopy, UV-visible optical absorption, Raman spectroscopy, scanning microscopy, molecular dynamics simulations, DFT calculations
DOI	10.1016/j.physe.2020.114279
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1016/j.physe.2020.114279

A. Yu. Glamazda, A. M. Plokhotnichenko, V. A. Karachevtsev, Spectroscopy analysis of the alignment of nanoassemblies of DNA-wrapped carbon nanotubes in stretched gelatin film, *Low Temperature Physics*, 48 (4), 286 (2022), Q3

Рік	2022
Ключові слова	carbon nanotubes, nanotube-DNA hybrids, nanoassembly, porphyrin, Raman spectroscopy, polymer matrix, noncovalent interaction, crystals, amorphous substances, electronic structure, atomic vibrations
DOI	10.1063/10.0009732
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0009732

A. Yu. Glamazda, V. P. Gnezdilov, P. Lemmens, G. A. Zvyagina, I. A. Gudim, Raman scattering study of the rare-earth binary ferroborate Nd_{0.75}Dy_{0.25}Fe₃(BO₃)₄ single crystal, *Low Temperature Physics*, 47 (12), 1011 (2021), Q3

Рік	2021
Ключові слова	Raman spectroscopy, low temperature, structure, phase transition, exchange interactions, luminescence
DOI	10.1063/10.0007074
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0007074

Рецензент

ПІБ	Саган Володимир Володимирович
Місце роботи	Фізико - технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України
Посада	старший науковий співробітник (Основне місце роботи)
Факультет або інший структурний підрозділ	Відділ теплових властивостей і структури твердих тіл та наносистем
Науковий ступінь	Кандидат наук, 01.04.09 Фізика низьких температур
Дата отримання диплома доктора філософії (кандидата наук)	20.05.2008
ORCID	0000-0001-9257-6776

Публікації за тематикою дисертації

A.I. Krivchikov, A. Jezowski , V.A. Konstantinov, V.V. Sagan, O.A. Korolyuk, D. Szewczyk. Enhancing thermal transport in ABS polymer with graphene oxide: Insights into low-temperature thermal conductivity behavior and correlation with Boson peak anomaly, *Thermochimica Acta*, 733, 179696 (2024), Q2

Рік	2024
Ключові слова	low-temperature, thermal conductivity, polymers, composites, reduced graphene oxide, Arrhenius dependence
DOI	10.1016/j.tca.2024.179696
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1016/j.tca.2024.179696

V. A. Konstantinov, A. V. Karachevtseva, V. V. Sagan. Phase V–T diagrams of solid hydrocarbons. Part III: cyclic compounds, *Low Temperature Physics*, 49 (8), 971 (2023), Q3

Рік	2023
Ключові слова	solid cyclic hydrocarbons, phase diagrams, Clapeyron–Clausius equation, dynamically orientationally disordered phase, structure, phase transition, molecular structures
DOI	10.1063/10.0020165
Одноосібне авторство	ні

Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0020165
V.A. Konstantinov, A.I. Krivchikov, A.V. Karachevtseva, V.V. Sagan, Thermal transport in dynamically disordered phases of molecular crystals:A thermo activation mechanism, Solid State Communications, 329,114241, (2021), Q2	
Рік	2021
Ключові слова	thermal conductivity, low temperature, thermal activation mechanism, molecular crystals, solid substrates, orientational disorder, rotational motion of molecules
DOI	10.1016/j.ssc.2021.114241
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1016/j.ssc.2021.114241

Офіційний опонент

ПІБ	Першин Юрій Павлович
Місце роботи	Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"
Посада	Провідний науковий співробітник (Основне місце роботи)
Факультет або інший структурний підрозділ	Навчально-науковий інститут комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики
Науковий ступінь	Доктор наук, 01.04.07 Фізика твердого тіла
Дата отримання диплома доктора філософії (кандидата наук)	-
ORCID	0000-0001-9092-0078

Публікації за тематикою дисертації

V. S. Chumak, S. Peredkov, A. Yu. Devizenko, I. A. Kopylets, Yu. P. Pershyn, Reflective x-ray masks for x-ray lithography, Journal of Micromechanics and Microengineering, 34 (4), 045008 (2024) Q2

Рік	2024
Ключові слова	x-ray lithography, diffraction effects, multilayer structures, short-wavelength x-rays, reflective x-ray masks, micron imprints
DOI	10.1088/1361-6439/ad2f48
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1088/1361-6439/ad2f48

Yu.P. Pershyn, V.S. Chumak, A.Yu. Devizenko, E.N. Zubarev, V.V. Kondratenko, Effect of argon working gas

pressure on mechanical stresses in Mo/Si multilayer X-ray mirrors, Problems of Atomic Science and Technology, 1 (149), 133 (2024) Q3

Рік	2024
Ключові слова	multilayer structures, Mo/Si multilayer, x-ray optics, x-ray mirrors, structure, texture misorientation, macrostrains, residual macrostresses
DOI	10.46813/2024-149-133
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.46813/2024-149-133

Y. P. Pershyn, E. M. Gullikson, I. A. Artyukov, V. V. Kondratenko, D. L. Voronov, A. Yu. Devizenko, A. V. Vinogradov, A. I. Fedorenko, CrB₂ diffusion barriers for Mo/Si multilayer structures, Materials Research Express 6 (5), 056413 (2019), Q2

Рік	2019
Ключові слова	multilayer structure, Mo/Si, diffusion barrier, intermixing of layers, X-ray/EUV reflectivity
DOI	10.1088/2053-1591/ab02af
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab02af

O. Oberemok, T. Sabov, O. Dubikovskiy, O. Kosulya, V. Melnik, B. Romanyuk, V. Popov, O. Liubchenko, V. Kladko, E. Zubarev, Y. Pershyn. The elemental composition mixing in a Mo/Si multilayer structure under overheating. Materials Today: Proceedings, 35, 579–583 (2019), Q3

Рік	2019
Ключові слова	Mo/Si multilayers, multilayer structure, X-ray reflectometry, dopant distribution, structure, defects, sputtered neutral mass spectrometry
DOI	10.1016/j.matpr.2019.11.018
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.018

Офіційний опонент

ПІБ	Довбешко Галина Іванівна
Місце роботи	Інститут фізики Національної академії наук України
Посада	Головний науковий співробітник (Основне місце роботи)
Факультет або інший структурний підрозділ	Аспірантура Інституту фізики
Науковий ступінь	Доктор наук, 03.00.02 Біофізика

Дата отримання диплома доктора філософії (кандидата наук)	-
---	---

ORCID	0000-0002-7701-0106
-------	---------------------

Публікації за тематикою дисертації

O. Gnatyuk, G. Dovbeshko, A. Dementjev, K. Chernyakova, O. Posudievsky, I. Kupchak, D. Kolesnyk, G. Solyanik, R. Karpicz, Spectroscopic and microscopic evidence of 2D boron nitride nanoflake interaction with doxorubicin, *Optical Materials: X*, 22, 100323, (2024), Q2

Рік	2024
Ключові слова	doxorubicin, boron nitrides nanoparticles, structure, DOX/BN nanoflakes composites, Raman spectroscopy, FTIR spectroscopy, Fluorescence quenching, CARS microscopy, DFT method
DOI	10.1016/j.omx.2024.100323
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1016/j.omx.2024.100323

M. O. Danilov, G. I. Dovbeshko, I. A. Rusetskyia, V. N. Bykov, O. P. Gnatyuk, S. S. Fomanyuk, G. Ya. Kolbasov, Synthesis, properties and electrocatalytic application of g-C3N4 for oxygen electrodes of fuel cells, *Nanocomposites*, 9 (1), 1 (2023), Q1

Рік	2023
Ключові слова	nanodispersed graphitic carbon nitride, nanostructures, optical measurements, transmission electron microscopy, thermochemical synthesis, X-ray diffraction, metal-free oxygen electrode, FTIR spectroscopy, structure, interspersed nanocrystals
DOI	10.1080/20550324.2023.2169985
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1080/20550324.2023.2169985

M. O. Danilov, S. S. Fomanyuk, G. I. Dovbeshko, O. P. Gnatyuk, I. A. Rusetskyi, and G. Ya. Kolbasov, Graphene Quantum Dots from Partially Unzipped Multi-Walled Carbon Nanotubes: Promising Materials for Oxygen Electrodes, *Journal of The Electrochemical Society* 168 (4), 044514 (2021), Q1

Рік	2021
Ключові слова	graphene, graphene nanoparticles, quantum dot, multi-walled carbon nanotubes, photoluminescence spectroscopy, X-ray diffractometry, long-range order, Raman spectroscopy, structure, exfoliation, morphology, electrocatalytic characteristics, oxygen electrodes, ultrasonic disintegration
DOI	10.1149/1945-7111/abf4b3
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні

таємницю / службову
інформацію

Посилання

<https://doi.org/10.1149/1945-7111/abf4b3>

Підтвердження

Я підтверджую, що:

- я належним чином уповноважений/а закладом освіти/науковою установою на подання цього повідомлення, і за потреби надам документ, який підтверджує ці повноваження
- усі відомості, викладені у цьому повідомленні, є достовірними

Документ підписаний електронним підписом

Калиненко Олександр Миколайович

04.10.2024