

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Лопатіної Ярослави Юріївни «Дослідження самоорганізації органічних молекул на атомно-гладких поверхнях», подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.04 – фізична електроніка

Дисертація Лопатіної Я.Ю. присвячена дослідженню закономірностей самоорганізації моношарових плівок органічних молекул на атомно-гладких поверхнях. Об'єктами досліджень обрано представники трьох класів органічних молекул – довголанцюжкові n-алкани та їх похідні, тіоли та ароматичні сполуки. Предметом досліджень є закономірності самоупорядкування молекул та структури моношарових плівок. Структура плівок визначалась на молекулярному і інтрамолекулярному рівні методом сканувальної тунельної мікроскопії (СТМ), адаптованим до інтерфейсу рідина-тверде тіло.

Актуальність роботи не викликає сумніву, оскільки вона важлива як з фундаментальної, так і з прикладної точки зору. З одного боку, самоорганізовані моношари є зручними модельними об'єктами для вивчення структури і епітаксії першого адсорбованого шару. В свою чергу структура першого шару задає структуру об'ємного кристалу, який може вирощуватись на епітаксимальних моношарах. Таким чином, отримані в роботі результати мають велике значення як для двовимірної, так і для об'ємної кристалографії. Розуміння фізичних факторів, що визначають морфологію плівок необхідне для розробки новітніх матеріалів та технологій, в яких використовуються тонкі органічні плівки.

Актуальність роботи також підтверджується її відповідністю тематикам науково-дослідних тем, зокрема 0114U005331, програма «Дніпро» #34836NB, ILSSES no.612620, 0117U005074, 0115U003677, 0117U003854, 0118U006125.

**Зміст та завершеність роботи.** Дисертація складається з анотації, вступу, шести розділів, загальних висновків та списку літератури. Основні результати викладені у чотирьох розділах.

У першому розділі наведені літературні дані про СТМ-дослідження в невакуумних умовах, а також про особливості проведення вимірювань на рідинному інтерфейсі. Проаналізовані попередні дослідження плівок молекул структурно подібних до об'єктів дослідження дисертації та визначені основні завдання роботи.

У другому розділі описано методику експерименту, технології приготування підкладок та нанесення плівок.

У третьому розділі представлені результати дослідження самоупорядкування молекул довголанцюжкового алкану  $C_{60}H_{122}$  на поверхнях Au(111) та графіту. Крім того, досліджувались бішари  $C_{60}H_{122}$ .

У четвертому розділі проведено порівняльне дослідження структури моношарів похідних алкілоксібензену залежно від типу і положення функціональної групи. Описана динаміка формування моношару однієї з

молекул та встановлено вплив параметрів сканування на стабільність моношару.

П'ятий розділ присвячено адсорбції тіолів на Au(111). Розділ умовно поділений на дві частини, кожна з яких присвячена окремому типу молекул. У першій частині досліджено *n*-алкантіоли з різними функціональними групами (-OH, -COOH, -SH), та різними довжинами алкільних ланцюгів (*n*=4, 9). У другій частині – діамантантіоли з різним положенням SH-групи.

Шостий розділ присвячено моношарам молекул з розвинутими  $\pi$ -електронними системами. Також досліджено структуру вакуумно напорошених клиновидних плівок рубрену.

Враховуючи обсяг і важливість експериментальних результатів, отриманих для широкого спектру адсорбатів при різних умовах нанесення на різних підкладках, поставлені в роботі задачі вважаю розв'язаними. Опис та інтерпретацію результатів викладено послідовно, з посиланнями на літературні джерела та порівнянням з отриманими раніше результатами. Таким чином, **достовірність та надійність результатів** забезпечена відтворюваністю результатів та їх узгодженістю з попередніми дослідженнями подібних молекул. Автореферат і сформульовані в роботі висновки досить повно відображають зміст роботи.

**Наукова новизна та практичне значення** отриманих результатів. Найбільш важливими результатами, які несуть в собі наукову новизну, вважаю наступні:

- ефект колективної переорієнтації молекул в упорядкованому моношарі  $C_{60}H_{122}$  на графіті (розділ 3.2.1);

- ефект фрагментації другого шару  $C_{60}H_{122}$  залежно від підкладки. Тут продемонстровано вплив структури першого шару на ріст об'ємної плівки (результат може бути використаним при створенні буферних моношарів, нанопатернів та шаруватих наноструктур) (розділ 3.3);

- динаміка перебудови моношару похідної алкілоксібензену (розділ 4.3). Показано, що за рахунок появи водневих зв'язків взаємодія з підкладкою ослаблюється (так звані, «плаваючі» моношари), що може суттєво впливати на трибологічні властивості таких плівок;

- встановлення структур і дослідження динаміки діамантоїдів (нанодіамантів). Отримані результати розширюють спектр можливостей при розробці органометалічних інтерфейсів;

- отримані результати по адсорбції триазатриангулену та сабфталоціаніну можуть використовуватись при створенні молекулярних платформ.

**Публікації та особистий внесок здобувача.** Ключові результати дисертації представлені у 6 статтях фахових наукових видань, 4 з яких входять до переліку баз даних Scopus та Web of Science.

**Дискусійні положення та зауваження.** Слід зазначити певні відкриті питання та неточності:

- 1) В роботі наведені експериментальні підтвердження трансформації структури моношарів залежно від параметрів сканування та впливу вістря СТМ. Зокрема, спостерігалась ротація моношару  $C_{60}H_{122}$  (розділ 3.2.1),

«зшивання-розрив» моношару функціоналізованого n-алкану (розділ 4.3) та динамічна перебудова моношару діамантан-тіолу (розділ 5.2.2). Чи є ці процеси зворотними? Наскільки точно вони контролюються параметрами сканування?

2) В розділі 6.3 не зазначено, яким чином оцінювалась товщина плівки рубрену.

3) Підписи на Рис.1.11. варто було б перекласти.

4) На мою думку, четвертий розділ дисертації написаний дещо фрагментарно, що може ускладнити розуміння його змісту для неспеціалістів.

Зазначені вище недоліки не знижують в цілому позитивну оцінку дисертаційної роботи Лопатіної Я.Ю., оскільки не змінюють висновків про достовірність, новизну, наукову та практичну важливість отриманих результатів.

### **Загальний висновок.**

Представлена дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, виконаним на високому рівні. Отримано науково обґрунтовані результати, які є суттєвим внеском у розвиток молекулярної та фізичної електроніки.

За актуальністю, новизною, науковим рівнем, обсягом експериментальних досліджень та одержаними результатами дисертаційна робота Лопатіної Я.Ю. «Дослідження самоорганізації органічних молекул на атомно-гладких поверхнях» повністю відповідає діючим вимогам МОН України до кандидатських дисертацій. *Автореферат відповідає змісту дисертації роботи і розкриває основні її положення.* Вважаю, що Лопатіна Ярослава Юріївна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.04 – фізична електроніка.

Доктор фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник,  
член-кореспондент НАН України,  
завідувач відділу надпровідності  
Інституту металофізики  
ім. Г.В. Курдюмова НАН України

О.А. Кордюк

Підпис О. А. Кордюка засвідчую:

вчений секретар Інституту металофізики  
ім. Г.В. Курдюмова НАН України,  
кандидат фіз.-мат. наук



Є.В. Кочелаб