

МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ

Ужгородська школа з атомної фізики

та квантової електроніки

*до 100-річчя від дня народження
професора Івана Прохоровича Записочного*

26-27 травня 2022 року



INTERNATIONAL CONFERENCE

Uzhhorod School of Atomic Physics and

Quantum Electronics

*to the 100th anniversary of the birth of Professor Ivan
Prokhorovich Zapisochny*

May 26–27, 2022



Міжнародна конференція
Ужгородська школа з атомної фізики
та квантової електроніки
до 100-річчя від дня народження професора
Івана Прохоровича Затісочного

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ

PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE

International Conference
Uzhhorod School of Atomic Physics and
Quantum Electronics
to the 100th anniversary of the birth of Professor
Ivan Zapisochny

Ужгород 2022

Наукову конференцію присвячено знаменній ювілейній даті – 100-річчю від дня народження Івана Прохоровича Записочного відомого українського вченого в галузі атомної фізики, фізичної і квантової електроніки, заслуженого діяча науки України, лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки та премії ім. К.Д. Синельникова НАН України. З його ім'ям пов'язані важливі результати, які сприяли розвитку фізики електронних і атомних зіткнень, спектроскопії вакуумно-ультрафіолетового діапазону, нелінійної оптики, електрон-фотонної та іон-фотонної емісії металевих поверхонь, газової квантової електроніки. Він та його учні мають великі заслуги у створенні цілої серії оригінальних, у тому числі унікальних, установок та прецизійного інструментарію для досліджень багатьох нових явищ та ефектів в електронних оболонках атомів і іонів при їх зіткненнях з електронами, фотонами лазерного випромінювання та між собою, досліджень атомних процесів при взаємодії електронних, іонних і лазерних пучків з поверхнею твердих тіл та активних середовищ лазерів на парах металів і ексимерних молекулах. Збірник містить розгорнуті тези доповідей, які присвячені сучасним експериментальним та теоретичним дослідженням у галузі фізики електронних і атомних зіткнень, багатофотонній іонізації, процесам взаємодії електронних, іонних та лазерних пучків з поверхнею твердих тіл, елементарним процесам у лазерах і низькотемпературній плазмі, спектроскопії атомів, молекул, резонансним явищам, низькоенергетичній ядерній фізиці.

The scientific conference is dedicated to the centenary of Ivan Prokhorovych Zapisochny, a well-known Ukrainian scientist in the field of atomic physics, physical and quantum electronics, Honored Scientist of Ukraine, laureate of the State Award of Ukraine in the field of science and technology and the Sinelnikov Award of the National Academy of Sciences of Ukraine. His name is associated with important results that contributed to the development of physics of electron and atomic collisions, vacuum-ultraviolet spectroscopy, nonlinear optics, electron-photon and ion-photon emission of metal surfaces, and quantum gas electronics. He and his disciples have a great merit in the creation of a whole series of original, sometimes unique, experimental setups and high-precision instruments for the study of numerous novel phenomena and effects in electron shells of atoms and ions at their collisions with electrons, laser-emitted photons and with each other as well as of atomic processes at interaction of electron, ion, and laser beams with solid surfaces and active media of metal vapor lasers and excimer molecules. The collection contains detailed abstracts of reports devoted to modern experimental and theoretical research in the field of physics of electron and atomic collisions, multiphoton ionization, processes of interaction of electron, ion and laser beams with solid surfaces, elementary processes in lasers and low-temperature plasma, spectroscopy of atoms, molecules, resonance phenomena, and low-energy nuclear physics.

Укладачі:

А.М. Завілопуло, д. ф.-м. н.
В.І. Роман, к. ф.-м. н.

Відповідальні за випуск:

Г.М. Гомонай, д. ф.-м. н.,
Т.Ю. Попик к. ф.-м. н.

*Друкується за рішенням Вченої ради Інституту електронної фізики НАН України
5 травня 2022 року, протокол №4*

© ІЕФ НАН України, 2022
© А.М. Завілопуло, укладач, 2022
© В.І. Роман, обкладинка, 2022

ISBN 978-617-7798-90-2

УТВОРЕННЯ СТРУКТУРОВАНИХ ПЛІВОК ПРИ ОПРОМІНЕННІ ВОДНОГО РОЗЧИНУ МІДНОГО КУПОРОСУ ПОТУЖНИМ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

І.І. Бондар¹, В.В. Суран¹, О.Й. Миня¹, А.К. Шуаїбов¹,
І.В. Шевера¹, В.М. Красилиць²

¹Ужгородський Національний Університет, Ужгород

²Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород
e-mail: vasylsuran@gmail.com

Проведено дослідження формування плівок на поверхні скла при опроміненні однопроцентного водного розчину мідного купоросу (CuSO_4) лазерним випромінюванням. Використовувалося випромінювання лазера на ітрії-алюмінієвому гранаті з довжиною хвилі генерації $\lambda = 1,06$ мкм.

Основним вузлом експериментальної установки служив оптичний квантовий генератор з модульованою добротністю резонатора. Він випромінював імпульси інфрачервоного світла з довжиною хвилі 1,06 мкм. Тривалість лазерного імпульсу була 40 нс. Частота слідування лазерних імпульсів складала 1 Гц.

Випромінювання від генератора направлялося у підсилювальний каскад, який складався з трьох однопрохідних підсилювачів лазерного випромінювання. Енергія в лазерному імпульсі після підсилення складала 0,05 Дж. Після виходу з підсилювального каскаду випромінювання направлялося на предметний столик, на якому розміщувалася скляна пластинка з двома практично ідентичними за об'ємами та розмірами краплями та водного розчину мідного купоросу. Під час експерименту одна з цих крапель опромінювалася лазерним випромінюванням, а інша – залишалася контрольною (вона не опромінювалася лазерним випромінюванням і висихала при нормальних атмосферних умовах). Для збільшення діаметра пучка лазерного випромінювання (4 мм) до діаметра крапель розчину (15 мм) в експерименті використовувалася розсіювальна лінза. Середня густина потужності лазерного випромінювання на поверхні досліджуваної краплі розчину складала приблизно $1,8 \times 10^{10}$ Вт/м².

В експерименті використовувався однопроцентний водний розчин мідного купоросу. Тривалість опромінювання лазерним випромінюванням досліджуваної краплі дорівнювала тривалості повного висихання контрольної краплі і складала 210 хв. Зазначимо, що крапля, яка опромінювалася лазерним випромінюванням, висохла приблизно за 150 хв. Так що решту часу лазерне

випромінювання уже діяло на пляму, що висохла. При цьому з обох крапель на поверхні скла утворилися плівки, які за структурою суттєво відрізняються між собою.

З допомогою оптичного мікроскопа було здійснено фотографування обох цих плівок. На рис. 1 наведені фотографії, які відображають характерні особливості структур отриманих плівок. Підсвічування плівок у мікроскопі здійснювалося лампою розжарювання. Збільшення мікроскопа було рівним 1500. Ширини наведених на рис.1 фотографій відповідають розміру 2 мкм на відповідних плівках.

Як слідує з рис.1, отримані плівки за структурою сильно відрізняються між собою. Так, контрольна плівка не містить кристалічної структури. Вона досить однорідна з дуже дрібними вкрапленнями частинок темного червоно-коричневого кольору. Судячи з кольору ці вкраплення, ймовірно, є мікроскопічними частинками оксидів міді.

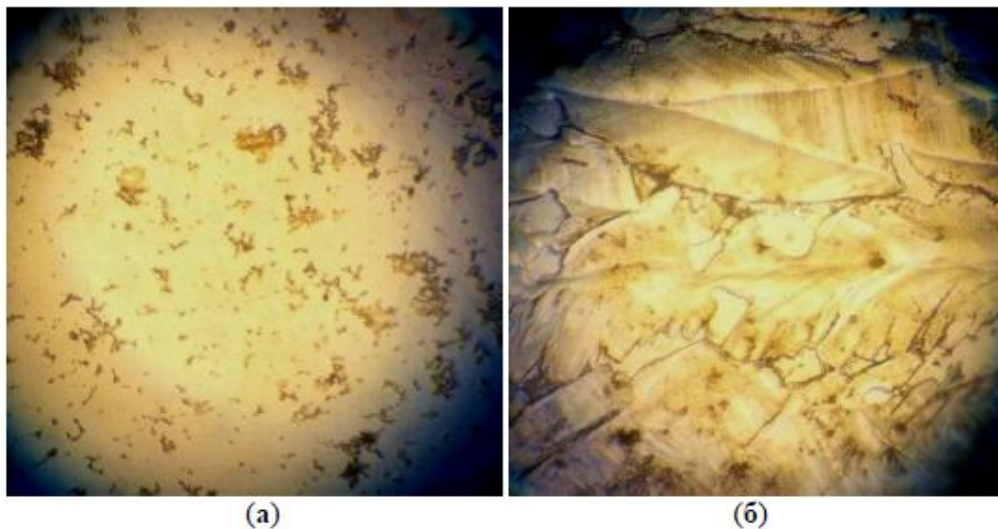


Рис.1. Мікрофотографії контрольної (а) та отриманої під дією лазерного випромінювання (б) плівок.

Що ж стосується плівки, отриманої під дією лазерного випромінювання (рис.1б), то, на відміну від контрольної, вона сильно неоднорідна і має чітко проявлену структуру. Покриття поверхні скла цією плівкою досить щільне. Ця плівка також, як і контрольна, не містить об'єктів з чіткими прямолінійними формами, які характерні для кристалічних структур. Але характерною

особливістю структури цієї плівки є те, що її структура складається з ряду видовжених плям листоподібної форми, які розділені чіткими темними криволінійними межами. У свою чергу деякі листоподібні плями мають чітко проявлені впорядковані структури.

Ці упорядковані структури складаються з темних та світлих ліній та смуг, які в межах однієї плями розміщені паралельно одна одній, і разом з тим, під різними кутами до структур, що відповідають сусіднім плямам. Розміри елементів як упорядкованих, так і неупорядкованих структур складають близько 0,5–2 мкм.

Нами було проведено дослідження спектрів пропускання отриманих плівок у ближній ультрафіолетовій та видимій областях спектра. Загальний діапазон довжин хвиль складав 300 – 800 нм. Детальна методика дослідження пропускання світла плівками на цій установці приведена в [1]. Нами досліджувалося інтегроване пропускання плівок – пропускання ділянок плівок діаметром приблизно 2–3 мм, відповідних центральних частин плівок. Очевидно, що в ці ділянки потрапляє значна кількість об'єктів структури плівок, які наведені на рис. 1. Результати цих досліджень спектрів пропускання представлені на рис. 2.

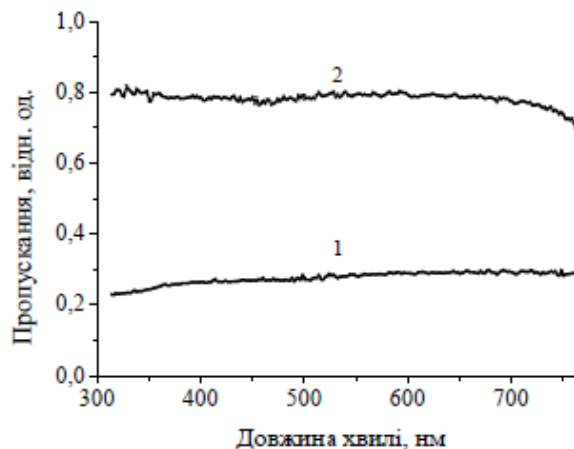


Рис. 2. Спектри пропускання утвореної під дією лазерного випромінювання (1) та контрольної (2) плівок.

Із даних рис.2 випливає, що пропускання контрольної плівки незначно зменшується при переході до світлових хвиль з великими довжинами хвиль. Що

стосується плівки, утвореної під дією лазерного випромінювання, то її пропускання в залежності від довжини хвилі приблизно в 2,5-3 рази менше від пропускання контрольної плівки. Разом з тим, її пропускання у всьому досліджуваному спектральному діапазоні практично не залежить від довжини хвилі світла.

В цілому результати досліджень, наведені в цій роботі, вказують на принципову можливість отримання відносно прозорих плівок з упорядкованими структурами методом опромінення потужним наносекундним лазерним випромінюванням розчинів хімічних сполук.

[1]. О.Й. Миня, В.М. Красилиць, О.К. Шуаїбов, І.В. Шевера, З.Т. Гомокі, М.М. Чаварга, А.М. Соломон, В.І. Мікла, Науковий вісник Ужгородського університету. Серія фізика 46, 84 (2019).