

УДК 621.923, 621.921.34, 621.315.59

Л. А. Проц

Ужгородський Національний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ЦИКЛОІДАЛЬНИХ РУХІВ ОБЕРТАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ БОРОСИЛКАТНОГО СКЛА З НАПІВПРОВІДНИКОВИМИ НАНОКРИСТАЛАМИ $CdSe_{1-x}Te_x$

Представлена робота відноситься до технології механічної абразивної обробки плоских поверхонь деталей і може бути використана у різноманітних галузях промисловості при виготовленні робочих елементів квантових приладів, зокрема, оптичних деталей на базі композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$ у матриці.

Ключові слова: механічна обробка, циклоїдальний рух, оброблюваний матеріал, робочий елемент, оптична деталь, плоска поверхня, полірувальний інструмент.

Л. А. Prots

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИКЛОИДАЛЬНОГО ВРАЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ БОРОСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА С ПОЛУПРОВОДНИКОВИМИ НАНОКРИСТАЛАМИ $CdSe_{1-x}Te_x$

Представленная работа относится к технологии механической абразивной обработки плоских поверхностей деталей и может быть использована в разнообразных областях промышленности для изготовления рабочих элементов квантовых приборов, в частности, оптических деталей на основе композитов из боросиликатного стекла с полупроводниковыми нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$.

L. A. Prots

APPLICATION OF CYCLOIDAL TOOL MOTION FOR MECHANICAL TREATMENT OF FLAT SURFACES OF BOROSILICATE GLASS WITH EMBEDDED $CdSe_{1-x}Te_x$ SEMICONDUCTOR NANOCRYSTALS

The proposed paper is related to the technology of mechanical abrasive treatment of flat surfaces and can be applied in various fields of industry for manufacturing of working elements of quantum devices, in particular, optical elements on the basis of borosilicate glass-based composites with $CdSe_{1-x}Te_x$ nanocrystals.

Keywords: mechanical treatment, cycloidal motion, treated material, working element, optical element, flat surface, polishing tool.

Останнім часом відбувається стрімке зростання інтересу до низьковимірних систем, у яких характерний розмір зменшився до величин нанометрового діапазону вздовж одного, двох чи трьох напрямків. У таких системах порушується дія трансляційної симетрії і внаслідок просторового обмеження руху носіїв заряду змінюється спектр електронних станів, який стає істотно залежним від розміру об'єкта, зумовлюючи прояв специфічних квантово-розмірних ефектів у спектральних залежностях оптичних характеристик. В свою сергу, оптичні характеристики, визначають особливості застосування напівпровідникових наносистем що в значній мірі залежать і від якості оброблених робочих поверхонь. Зокрема, отримані різноманітними методами композитні матеріали з нанокристаллами типу A^2B^6 та сформовані на їх основі структури типу "ядро-оболонка" все частіше знаходять своє застосування в ролі комірок пам'яті, фотокаталізаторів, люмінесцентних маркерів у біохімічних та медичних експериментах, сонячних елементів, активних елементів оптичних і оптоелектронних пристроїв, світлодіодів, тощо. Таким чином, як фундаментальні, так і прикладні аспекти обумовлюють інтерес до розробки і вдосконалення технологій отримання і виготовлення робочих елементів з композитів до складу яких входять напівпровідникові нанокристали типу A^2B^6 та різних структур на їх основі. Саме до таких перспективних матеріалів відносяться і досліджувані нами композитні матеріали на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$ [1, 2]. Безперечно, невід'ємною вимогою процесу дослідження оптичного спектру напівпровідникових структур є їх якісна робоча поверхня, яка дає змогу ефективно проводити ідентифікацію як основних параметрів, так і властивостей. В перспективі саме такі дослідження і дають змогу для створення нових структур з наперед заданими оптичними характеристиками. Наведені аргументи, на нашу

думку, визначають актуальність дослідження процесів механічної обробки з технологічного циклу виготовлення робочих поверхонь елементів для пристроїв функціональної електроніки з композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$.

Слід відмітити, також, що літературні відомості по проведенню технологічного циклу механічної обробки при виготовленні плоских поверхонь композитних матеріалів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$ нами не знайдені. Взагалі ж, вивченням процесів механічної обробки оптичного скла та створенню на його основі інтегральних мікросхем займаються десятиліттями. У літературних джерелах широко висвітлені проблеми механічної обробки по виготовленню оптичних елементів з напівпровідникових матеріалів на базі монокристалів германію та кремнію [3 - 5]. Автором приділялася увага питанням технології механічної обробки акустооптичних монокристалів [6]. У працях авторів [7] зазначається, що боросилікатного скла це загартоване скло, яке не піддається механічній обробці, але сам процес одержання досліджуваних композитних матеріалів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$ полягає у гартуванні скла [8]. Таким чином, питання, щодо вивчення процесів механічної обробки досліджуваних композитних матеріалів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$ залишається відкритим та може слугувати ще одним актуальним аргументом для постановки проблеми даних досліджень

Широко відомо, що створення плоскої поверхні шляхом проведення послідовних циклів шліфування та полірування лежить в основі технологічних процесів механічної обробки. Такого роду поверхня є базою для виготовлення багатьох як дослідних так і серійних зразків для приладів квантової електроніки. Зазвичай при виконанні процесів механічної обробки застосовують зворотно поступальні робочі рухи або ж обертальні рухи які виконують як інструменти, так і оброблювані зразки. Але використання таких рухів має ряд недоліків, і один з них пов'язаний саме з порушенням площинності оброблюваної поверхні, або так званим «заокругленням» країв оброблюваної поверхні. Порушення такого роду можуть призвести до відхилень оптичних параметрів, що спотворюють результати оптичних досліджень, та унеможливають вигідно застосувати певні властивості робочих елементів квантової електроніки. Все це і робить доцільним та важливими дослідження технологічних процесів механічної обробки створення плоских поверхонь при виготовленні робочих елементів із композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$.

Метою нашої роботи було застосування циклоїдальних рухів обертання інструменту для технологічного процесу механічної обробки плоских поверхонь композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$.

Для досягнення поставленої мети було виготовлено і апробовано спеціальний пристрій з інструментом для механічної обробки із можливістю виконання циклоїдального обертального руху для технологічних процесів полірування композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$. Застосування такого пристрою мало би задовольнити потребам з якості плоских оброблюваних поверхонь робочих елементів. Для створення інструмента нами було використано запропонований спосіб механічної абразивної обробки і очистки [9, 10]. При виконанні цього способу було вдосконалено, виготовлено, та апробовано специфічну форму інструменту та схему технологічного циклу полірування механічної обробки плоских поверхонь

На рис. 1 схематично зображена робоча частина пристрою, якій використаний в даній роботі.

Представлена загальна схема спеціального пристрою рис 1, що складається з інструменту 1, виконаного у формі циліндра, вісь обертання якого В - В розташована горизонтально та паралельно його осі симетрії А - А, для можливості здійснення циклоїдальних рухів. Для встановлення оброблюваного елемента 3 із композита із боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$, застосовано тримач 2, який одним кінцем закріплено шарнірно С - С та встановлено з можливістю повороту навколо осі, паралельної до осі обертання робочого елемента В - В, що, в свою чергу, розташована в горизонтальній площині паралельно осі його симетрії А - А.

За рахунок циклоїдальних рухів, при обертанні інструменту відбувається постійна зміна зони його контакту з робочим оброблюваним елементом. Отже, відбувається контакт по всій поверхні оброблюваного елемента зі зніманням припуску з плоского вихідного профілю під час

проведення процесів технологічного циклу механічної абразивної обробки композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$.

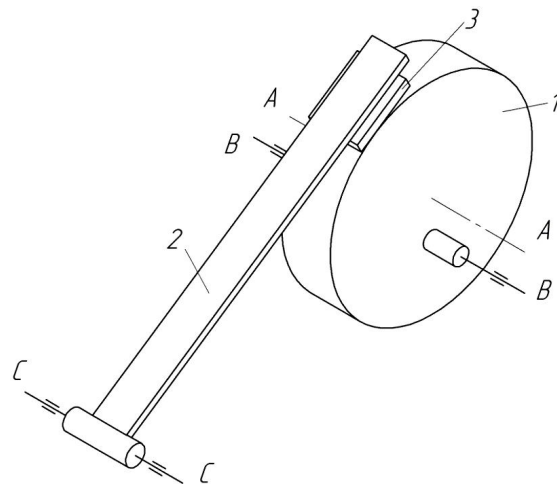


Рис. 1. Загальна схема робочої частини пристрою

Для більш детального роз'яснення технологічних можливостей представленої схеми реалізації технологічних процесів механічної абразивної обробки досліджуваних композитних матеріалів з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$ на рис. 2 зображено крайні положення оброблюваного робочого елемента на етапах циклоїдального обертання спеціального робочого інструменту.

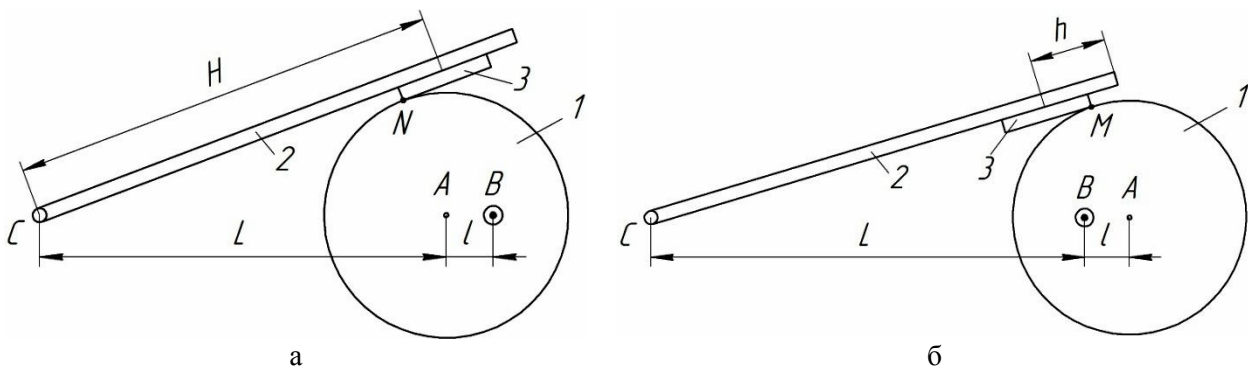


Рис. 2. Схема положення оброблюваної деталі на різних етапах циклоїдального обертання спеціального робочого інструменту:

- а - саме ближнє положення поверхні оброблюваної деталі до осі повороту тримача;
- б - саме дальнє положення поверхні оброблюваної деталі до осі повороту тримача.

На рис. 2 показано, що інструмент 1 виконано у вигляді циліндричної форми, де відстань між віссю симетрії інструменту А - А та віссю його обертання В - В дорівнює l (також див.рис.1). Тримач 2 для оптичної деталі 3, яка обробляється, шарнірно закріплено на осі С - С, про цьому оптична деталь 3, що піддається механічній абразивній обробці зафіксована на вільному кінці тримача 2.

Точці N , у положенні показаному на рис. 2.а, відповідає саме ближнє до осі повороту тримача (точка C) положення лінії дотику поверхні інструменту 1 та поверхні оброблюваної оптичної деталі 3. При цьому, слід вказати, що точки A, B і C розташовано на одній прямій.

Враховуючи, що $BC = L, MN = h, AB = l, AN = R$ (R - радіус інструмента, а $CN = H - \frac{h}{2}$, із прямокутного трикутника ACN отримують:

$$(L-l)^2 = \left(H - \frac{h}{2}\right)^2 + R^2. \quad (1)$$

Точці М, рис.2.б, відповідає саме дальнє положення від точки С, тобто від осі повороту тримача 2 лінії дотику поверхні оптичної деталі 3, що обробляється та поверхні інструмента 1, для цього положення:

$$(L+l)^2 = \left(H + \frac{h}{2}\right)^2 + R^2. \quad (2)$$

Виразовуючи рівняння (2) з рівняння (1), одержимо:

$$L^2 - 2Ll + l^2 - L^2 - 2Ll - l^2 = H^2 - Hh + \frac{h^2}{4} + R^2 - H^2 - Hh - \frac{h^2}{4} - R^2, \\ 2Ll = Hh. \quad (3)$$

Для забезпечення циклоїдального руху інструмента при механічній обробці поверхні оброблюваної оптичної деталі з композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$ слід враховувати, що хід лінії дотику деталі і робочої поверхні інструмента повинен бути або рівним або більшим за h . Зважаючи на це для відстані l , що знаходиться між віссю симетрії та віссю обертання оброблюваного робочого елемента повинна виконуватись наступна вимога:

$$l \geq \frac{Hh}{2L}. \quad (4)$$

Для здійснення запропонованої схеми механічної обробки до вільного кінця тримача 2, (див.рис.1 та рис. 2) прикріплювали деталь 3 із композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$, таким чином, щоб оброблювана поверхня була повернена до робочої поверхні інструменту 1. У даному виконанні робочою поверхнею інструмента є його периферійна частина, що виконана у формі циліндра, на яку наносили основу з м'якої тканини з шаром абразивної полірувальної пасти АСМ 2/1. Тримач з приклеєним оброблюваним зразком повільно опускали на робочу поверхню інструменту з нанесеним абразивним матеріалом. При циклоїдальному обертанні інструменту відбувалось знімання шару матеріалу з усієї оброблюваної поверхні композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$ за рахунок зворотно-поступового переміщення деталі по лінії дотику з робочою поверхнею інструмента.

В результаті виконання досліджуваної роботи нами було проведено ряд технологічних процесів полірування плоских шліфованих поверхонь з композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$. При цьому було використано робочі зразки розмірами 15x17x24 мм які приклеювалися до тримача таким чином, що поверхня, яка оброблювалась мала розміри 17x24 мм і була розташована уздовж тримача деталі. Швидкість обертання інструменту становила 9 об/хв. Внаслідок того, що відстань між крайовими положеннями лінії дотику більше довжини поверхні що оброблювалась і становила, при цьому 42 мм, поруч із оброблюваною деталлю закріплювалися і пластини, так само, з плоских поверхонь аналогічного оброблюваного матеріалу товщиною у 15 мм, таким чином, що їх поверхня із поверхнею деталі, що оброблювалась, знаходилися в одній площині.

Таким чином, як показали проведені дослідження, виготовлений та апробований специфічний робочий інструмент та запропонована схема механічної обробки за рахунок застосування циклоїдальних рухів обертання інструменту для технологічного процесу механічної обробки плоских поверхонь композитів на основі боросилікатного скла з напівпровідниковими нанокристаллами $CdSe_{1-x}Te_x$ забезпечує рівномірне знімання матеріалу по всій поверхні що обробляється.

1. Azhniuk Yu.M. Optical characterization of $Cd_{1-x}Zn_xSe$ nanocrystals grown in borosilicate glass [Текст] / Yu.M. Azhniuk, M.V. Prymak, V.V. Lopushansky, A.V.Gomonnai, Zahn D.R.T. - Physica Status Solidi (b). – 2014. – V. 251. – No. 3. – P. 669-674.
2. Azhniuk Yu.M. Phonon spectroscopy of $CdSe_{1-x}Te_x$ nanocrystals grown in a borosilicate glass [Текст] / Yu.M. Azhniuk, A.V. Gomonnai, Yu.I. Hutych, V.V. Lopushansky, L.A. Prots, Zahn D. R. T. - Physica Status Solidi C. – 2009. – V. 6, No. 9. – P. 2064–2067.
3. Обработка полупроводниковых материалов [Текст] / В.И.Карбань, П.Кой, В.В.Рогов и др.; под.ред. Н.В.Новикова и В.Бертольди. – К.: Наукова думка, 1982. - 256 с.
4. Рогов В.В. Финишная алмазно-абразивная обработка неметаллических деталей [Текст] / В.В.Рогов. - К.: Наук. Думка, 1985.- 264 с.
5. Поперенко Л.В. Технологія обробки оптичних поверхонь [Текст] / Л.В. Поперенко., Ю.Д. Філатов– К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2004. – 166 с.

6. Проц Л. А. Особливості механічної обробки акустооптичних монокристалів пара телуриту та тетраборату літію: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / Л. А. Проц; [НАН України, Ін-т надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля] – Київ, 2006. - 23 с.
7. Бережний А. С. Фізико-хімічні системи тугоплавких, неметалевих і силікатних матеріалів: Навчальний посібник [Текст] / А. С. Бережний, Я. М. Пітак, О. Д. Пономаренко, Н. П. Соболь. – К.: НМК ВО, 1992. -172 с.
8. Ажнюк Ю. М. Оптичні прояви розмірних, композиційних і структурних трансформацій у напівпровідникових нанокристалах типу A^2B^6 під впливом зовнішніх факторів : автореф. дис. д-ра фіз.-мат. наук : 01.04.10 / Ю. М. Ажнюк; [НАН України, Ін-т фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова] – К., 2011. – 28 с.
9. А.с. 1465267 СССР, МПК В24В 1/00. Способ абразивной обработки и очистки / Шпырко Г. Н., Ониско А. Д., Зюбина Л.А., Полякова Т.Ф. (СССР) - № 4220454/31-08; заявлено 06.04. 1987; опубл. 15.03.1989, бюл № 10.
10. Проц Л. А. Дослідження процесів виготовлення оптичних елементів з акустооптичних монокристалів [Текст] / Л. А. Проц - Проблемы машиностроения – 2013. – Том 16, № 6. – С. 66-70.

Стаття прийнята до редакції 12.04.2015.