

Л. А. Проц, канд. техн. наук

Институт электронной физики
 Национальной академии наук Украины,
 Ужгород, Украина
 e-mail: laprots@mail.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ОПТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З АКУСТООПТИЧНИХ МОНОКРИСТАЛІВ

Ключові слова: механічна обробка, монокристал парателуриту, акустооптичні пристрої, робочий елемент, оптична деталь.

Анотація. В результаті виконання досліджень процесів механічної обробки при виготовленні оптичних елементів зменшено трудомісткість та збільшено продуктивність за рахунок забезпечення автоматизації. Результати досліджень технології механічної абразивної обробки поверхонь деталей описані в статті, можуть бути використані у різноманітних галузях промисловості при виготовленні оптичних деталей, зокрема робочих елементів акустооптичних пристроїв з монокристалів парателуриту.

Вступ

Застосування матеріалів функціональної електроніки у сучасному світі є надзвичайно актуальним. Найчастіше такі матеріали використовують різноманітні монокристали, на базі яких, із застосуванням технологічних процесів механічної обробки, виготовляють оптичні елементи. Робоча частина таких елементів може змінювати свої властивості та характеристики як під дією напруги, електромагнітних, звукових та світлових хвиль різної довжини, так і під дією застосованих процесів механічної обробки. Розробка технології виготовлення робочих елементів з таких високовартісних матеріалів, шляхом виконання послідовних етапів технологічного циклу механічної обробки, із збереженням максимальної можливості використання їх унікальних властивостей та якостей є безперечно важливою та актуальною проблемою.

Постановка проблеми і аналіз літературних даних

Проблемам вивчення властивостей та розробки технологій виробництва напівпровідникових матеріалів на базі монокристалів германію та кремнію дослідниками приділяється увага протягом вже не одного десятиліття. Питання виготовлення з них робочих елементів, із застосуванням технологічних циклів процесів механічної обробки описані у монографіях, підручниках та наукових працях [1 – 7]. Що ж до акустооптичних монокристалів, то питання залишаються нез'ясованими. Проблема для таких монокристалів достатньо відкрита в першу чергу, через те, що це є достатньо нові матеріали та матеріали, вартість яких дуже велика, тому пошук як властивостей, так і методів вирощування на сьогодні активно триває [8 – 12]. Щодо питань технології механічної обробки при виготовленні оптичних елементів з акустооптичних матеріалів на базі монокристалів парателуриту можна відзначити, що їх дослідження дуже обмежено [13].

Слід відзначити, що у роботі авторів Волошинова В. Б., Нікітіна П. А. та ін. зазначено, що процес проведення технологічного циклу механічної обробки з виготовлення високочастотних перетворювачів з монокристалів парателуриту здійснюється у ручному режимі, що значно збільшує собівартість оптичного елемента, яке включає і врахування ручної праці [14]. А загальновідомо, що при ручній праці трудомісткість дуже велика, що, в свою чергу, призводить до значного зменшення продуктивності процесів механічної обробки. Тому є доцільним і важливим дослідження процесів виготовлення оптичних елементів з акустооптичних монокристалів.

Мета і завдання дослідження

Мета досліджуваної роботи полягала в удосконаленні технологічних процесів механічної абразивної обробки при виготовленні робочих елементів з монокристалів парателуриту при зменшенні трудомісткості та збільшенні продуктивності праці, а також розробці і застосуванні спеціального робочого інструменту.

Для здійснення висунутої мети були поставлені завдання з розробки оригінального способу та створення спеціального робочого інструменту для механічної абразивної обробки м'яких матеріалів, до яких належать акустооптичні монокристали. Вирішення поставлених завдань мало би задовольняти потреби з якості поверхонь оброблюваних робочих елементів для акустооптичних пристроїв та зменшувати при цьому затрати на трудомісткість із підвищенням продуктивності праці.

© Л. А. Проц, 2013

Експериментальні роботи з дослідження процесів виготовлення оптичних елементів з акустооптичних монокристалів.

Умови проведення експерименту

Для вирішення поставленого завдання нами було запропоновано спосіб механічної абразивної обробки акустооптичних монокристалів парателуриту [15]. При виконанні запропонованого способу було виготовлено, виконано та впроваджено специфічну форму спеціального інструменту [16].

На рис. 1 схематично зображена робоча частина пристрою, який використано в даній роботі.

На рис 1. зображено спеціальний інструмент 1, що виконано у формі циліндра, вісь обертання якого В - В розташована горизонтально та паралельно його осі симетрії А - А. Для встановлення оптичного елемента з монокристалу парателуриту 3, що обробляється або очищується, 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 запропонованого способу при обертанні інструменту відбувається постійна зміна зони його контакту з робочим оброблюваним елементом. Отже, таким чином відбувається контакт по всій

поверхні оброблюваного елемента з монокристалу парателуриту зі зніманням припуску з будь-якого вихідного профілю під час проведення процесів очистки та/або полірування при механічній абразивній обробці.



Рис. 1. Загальна схема робочої частини пристрою

Виконання поданої схеми

Для більш детального роз'яснення технологічних можливостей схеми реалізації поданого способу механічної абразивної обробки та очищення акустооптичних монокристалів парателуриту на рис. 2 зображено положення оброблюваного робочого елемента на різних етапах обертання спеціального робочого інструменту.

З рис. 2 та як вже зазначалось вище (рис. 1), видно, що інструмент 1 виконано у вигляді циліндричної форми, де відстань між віссю симетрії інструменту А - А та віссю його обертання В - В дорівнює l . 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.

У положенні, показаному на рис. 2, а точці N відповідає саме ближнє до осі повороту тримача (точка C) положення лінії дотику поверхні інструменту 1 та поверхні оптичної деталі 3 що оброблюється. 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

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

На рис. 2, б зображено положення, у якому точці M відповідає саме дальнє положення від точки C , тобто від осі повороту тримача 2 лінії дотику поверхні оптичної деталі 3, що обробляється, та поверхні інструмента 1, для цього положення

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

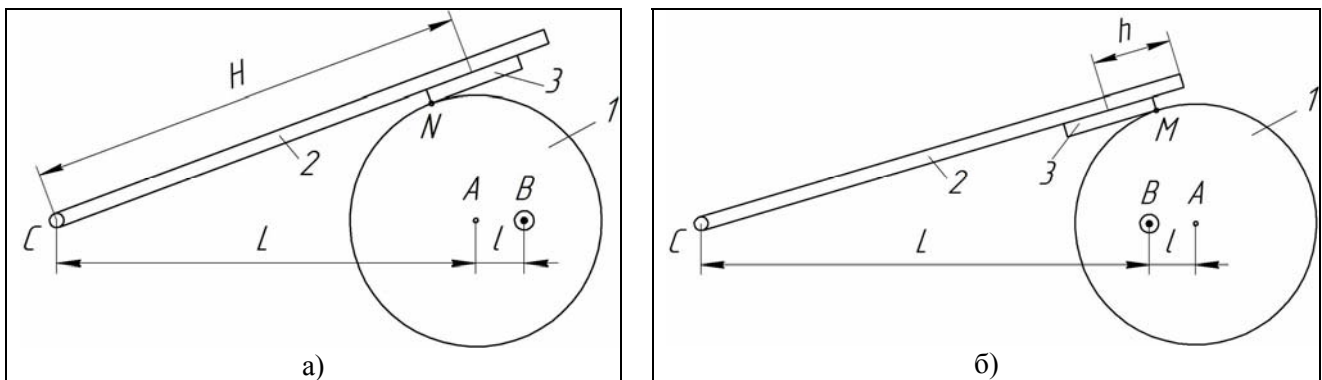


Рис. 2. Схема положення оброблюваної деталі на різних етапах обертання спеціального робочого інструменту: а) - саме ближнє положення поверхні оброблюваної деталі до осі повороту тримача; б) - саме дальнє положення поверхні оброблюваної деталі до осі повороту тримача

Виразивши рівняння (2), з рівняння (1), одержимо

$$L^2 - 2Ll + l^2 - L^2 - 2Ll - l^2 = H^2 - Hh + \frac{h^2}{4} + R^2 - H^2 - Hh - \frac{h^2}{4} - R^2,$$

$$2Ll = Hh.$$

Для забезпечення механічної обробки поверхні оброблюваної оптичної деталі слід враховувати, що хід лінії дотику деталі і поверхні інструменту 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 така вимога

$$l \geq \frac{Hh}{2L}.$$

Встановлення раціональних режимів обробки

Для здійснення запропонованої схеми механічної абразивної обробки до вільного кінця тримача 2, (рис. 1, рис. 2) деталь 3, що обробляють, кріплять таким чином, щоб поверхня, яка обробляється, була повернена до робочій поверхні інструменту 1. У даному виконанні робоча частина інструменту є периферійною частиною, що виконано у формі циліндра, на яку наклеєна тканина. На робочу поверхню інструменту наносять абразивний шар для полірування або очистки оброблюваної поверхні монокристалів парателуриту. Але слід зазначити, що очищення оброблюваної поверхні можна проводити і без абразивного матеріалу.

Робочу деталь з монокристалу парателуриту, що підлягала процесам механічної обробки, прикріпляли до тримача, та повільно опускали на робочу поверхню інструменту з нанесеним абразивним матеріалом. При обертанні інструменту відбувалось знімання шару матеріалу з усієї оброблюваної поверхні монокристалів парателуриту за рахунок зворотно - поступового переміщення деталі лінією дотику оптичної деталі та робочій поверхні інструменту.

Для виконання процесів полірування технологічного циклу механічної обробки при виготовленні оптичних елементів з акустооптичних монокристалів парателуриту було виконано спеціальний інструмент, що являв собою тіло циліндричної форми діаметром 100 мм та шириною робочої поверхні 25 мм. Відстань між віссю симетрії і віссю обертання становила 20 мм. Відстань між віссю обертання тримача оптичної деталі до осі обертання інструмента складала 190 мм, при цьому довжина ділянки тримача від осі обертання до середини оброблюваної деталі дорівнювала 178 мм. На периферійній частині запропонованого спеціального інструменту наклеювали основу з м'якої тканини, на яку було нанесено шар абразивної полірувальної пасти АСМ 2/1.

Очищення монокристалів від плівок проводили аналогічним інструментом, але без нанесення абразивної полірувальної пасти АСМ 2/1.

Нами проведено цикл операцій полірування при здійсненні технологічних процесів механічної обробки під час виготовлення оптичних елементів з акустооптичних монокристалів парателуриту.

В результаті виконання досліджуваної роботи нами проведено ряд технологічних циклів робіт процесів полірування плоских шліфованих поверхонь монокристалів парателуриту. При цьому використано монокристали розмірами 15x17x24 мм які прикріплювалися до тримача оброблюваної оптичної деталі 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 монокристалів парателуриту товщиною у 15 мм, таким чином, що їх поверхня із поверхнею деталі, що оброблювалась, знаходилися в одній площині.

Як показали проведені дослідження, запропонована схема механічної обробки забезпечує рівномірне знімання матеріалу по всій поверхні, що обробляється, при цьому участь оптика елементів квантових приладів полягає у встановленні та зніманні оброблюваної деталі. Таким чином, застосування запропонованої схеми при проведенні процесів полірування та очищення під час виконання технологічного циклу процесів механічної обробки значно знижує трудомісткість процесу обробки. Встановлено також, що після пуску установки із запропонованим спеціальним тримачем та інструментом присутність оптика оптичних елементів квантових приладів зводиться до мінімуму, практично до спостереження. Така схема робочої частини пристрою для механічної обробки дозволяє обробляти плоскі поверхні й інших об'єктів, зокрема монокристали тетраборату літію, боросилікатне скло з нанокристаллами CdSe тощо, що значно розширює його технологічні можливості [17].

Висновки

В результаті дослідження процесів виготовлення оптичних елементів з акустооптичних монокристалів було розроблено спеціальну схеми проведення механічної абразивної обробки та очищення, завдяки цьому трудомісткість було зменшено, за рахунок забезпечення автоматизації проведення процесів полірування та очищення. Встановлено, що після пуску запропонованої установки втручання у процес оброблювання оптика оптичних елементів квантових приладів значно зменшується а це, як відомо, збільшує продуктивність обробки при виконанні технологічного циклу процесів виготовлення оптичних елементів.

Література

1. Карбань, В. И. Обработка полупроводниковых материалов [Текст] / В. И. Карбань, П. Кой, В. В. Рогов и др.; под ред. Н. В. Новикова и В. Бертольди. – К.: Наук. думка, 1982. - 256 с.
2. Рогов, В. В. Финишная алмазно-абразивная обработка неметаллических деталей [Текст] / В. В. Рогов. - К.: Наук. думка, 1985.- 264 с.
3. Поперенко, Л. В. Технологія обробки оптичних поверхонь [Текст] / Л. В. Поперенко, Ю. Д. Філатов. – К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2004. – 166 с.
4. Курілович, В. Д. Підвищення ефективності фактурної алмазно- абразивної обробки природного каменю [Текст] / В. Д. Курілович, С. В. Ковальов, Ю. Д. Філатов // НТУУ «КПІ» Весник машиностроения. – 2012. – Вип. 64. - С. 106-112.
5. Бритвин, А. А. Моделирование процессов механической обработки пластин полупроводниковых и диэлектрических материалов свободным абразивом [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.27.06 / А. А. Бритвин; Московский Государственный. Институт электронной техники при Техническом Университете.– М., 2006. - 22 с.
6. Михайлов, А. Н. Оптимизация технологических процессов механической обработки изделий из неметаллических материалов [Текст] : зб. наук. праць/ А. Н. Михайлов, Л. П. Калафатова // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. - Краматорськ: Дніпр. держ. мед. ак. - 1999. - Спец. вип. - С. 84 - 88.
7. Патент на корисну модель № 43681, Україна, МКІ В24D17/00 Інструмент для фінішної обробки [Текст]: / Ю. Д. Філатов, В. І. Сідорко, В. Д. Курілович, В. С. Біловол; заявник і власник патенту ІНМ НАН України. – опубл. 25.08.2009, Бюл. № 3. - 4 с.
8. Блистанов, А. А. Кристаллы квантовой и нелинейной оптики [Текст] / А. А. Блистанов. - М.: Мисис, 2000. – 432 с.
9. Волошинов, В. Б. Близкое к обратному отражение упругих волн в акустооптическом кристалле парателурита [Текст] / В. Б. Волошинов, О. Ю. Макаров, Н. В. Поликарпова // Письма в ЖТФ. - 2005. - Т. 31, Вып.8. - С. 79–87.
10. Балакший, В. И. Исследование акустооптических характеристик кристаллов теллура в режиме анизотропной дифракции света [Текст] / В. И. Балакший, В. П. Волошинов, Г. А. Князев, Л. А. Кулакова // Журнал технической физики. – 2008. - Т. 78, Вып.10. - С. 87-95.

11. Ильяшенко, С. Е. Перестраиваемый акустооптический фильтр на основе кристаллов парателлуриата [Текст] / С. Е. Ильяшенко, Р. М. Гречишкин // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55, №9. – С. 73–77.

12. Обедзинський, Ю. Фоточутливі гетероструктури і фільтри інфрачервоного діапазону на монокристалах CdSb, In₄Se₃ / Ю. Обедзинський, Б. Грицюк, В. Стребежев, В. Стребежев, І. Юрійчук // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 6, № 12 (60). – С. 44–46. – Режим доступу: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/6029>.

13. Проц, Л. А. Особливості механічної обробки акустооптичних монокристалів пара телуриту та тетраборату літію [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Л. А. Проц; Ін-т надтвердих матеріал. НАН України. – Київ, 2006. – 23 с.

14. Волошинов, В. Б. Акустооптическая ячейка на кристалле парателлуриата с поверхностным возбуждением объемных акустических волн [Текст] / В. Б. Волошинов, П. А. Никитин, А. С. Трушин, Л. Н. Магдыч // Письма в ЖТФ. – 2011. – Т 37, Вып.16. – С. 22–28.

15. А.с. 1465267 СССР, МПК В24В 1/00. Способ абразивной обработки и очистки [Текст] / 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.

16. Способ абразивной обработки и очистки [Текст] // Внедренные изобретения. Библиографическая информация. – М., 1990. – Т. 1, Ч.1 – 330 с.

17. Azhniuk, Yu. M. T Phonon spectroscopy of CdSe_{1-x}Te_x nanocrystals grown in a borosilicate glass [Text] / Yu. M. Azhniuk, A. V. Gomonnai, Yu. I. Hutych, V. V. Lopushansky, L. A. Prots, D. R. T. Zahn // Physica Status Solidi C. – 2009. – Vol. 6, № 9. – P. 2064–2067.

Поступила в редакцию 13.11.13