

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2020

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2020

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(КІТАМ)



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2020

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2020

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – Вип. 2. – 298 с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2020 Part 2 (Key infrastructure 2020) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2020.- 298 p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих
технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 2 від 23.11.2020

Збірник містить наукові статті студентів кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія, першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти. Статті надані в авторській редакції.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДІВ ОБРОБКИ МОНОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Левченко Є. О., Мажара А. Є., Юрков Д. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: andrii.mazhara@nure.ua yevhen.levchenko@nure.ua, danylo.iurkov@nure.ua

Анотація: у статті розглянуто технології і методи, що впливають на якість шліфування та полірування монокристалічних матеріалів.

Ключові слова: адгезія, емульсії, зернистість.

THE RESEARCH OF TECHNOLOGIES AND METHODS OF PROCESSING OF MONOCRYSTAL MATERIALS

E. Levchenko, A. Mazhara, D. Iurkov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av, 14

E-mail: andrii.mazhara@nure.ua yevhen.levchenko@nure.ua, danylo.iurkov@nure.ua

Annotation: in article examined the technologies and methods those that affect at the quality of grinding and polishing of single-crystal materials are analyzed.

Key words: adhesion, emulsions, grit.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Обробка та створення монокристалічних матеріалів з заданими технічними характеристиками у великій мірі залежить від технології їх формоутворення, тобто від шліфувальних паст, абразивних матеріалів, алмазних порошків. Матеріали після різання мають різні дефекти: неплоскостність, непаралельність площин, вигин, глибокий порушений шар і великий розкид по товщині. Тому необхідна подальша обробка шліфуванням і поліруванням, які є важливими процесами для будь-якої технології формоутворення в мікроелектромеханічних, і взагалі електронних пристроях та компонентах.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. В роботі поставлено мету проаналізувати особливості методів обробки монокристалічних матеріалів: шліфування та полірування. Представлені основні абразивні матеріали для шліфування й полірування. Методи обробки шліфування і полірування, для створення нових матеріалів з заданими технічними характеристиками у великій мірі залежить від технології їх формоутворення.

Наскільки відомо авторам формування якісної багатошарової металізації відбиваючих дзеркальних поверхонь МОЕМС-перемикачів ґрунтується на правильному підборі матеріалів і технологічних процесів для їх виготовлення. На рис. 1 представлено структуру багатошарової металізації, яка проводиться на основі закривних електродів 7, контактів 11 до областей джерела 2 та стоку 10, сполучних провідників 5, 9 та ізолюючих шарів 4, 6.

Також полісайдні структури виготовляють осадженням плівки силіциду металу на поверхню полікремнієвої плівки. Поверхню полісайдної структури пасивують шаром двоокису кремнію (SiO₂), вирощеним шляхом сухого або вологого окислювання багатого кремнієм силіциду

Плівки силіцидів тугоплавких металів можна одержати також хімічним осадженням з парової фази при взаємодії силана або дихлорсилана із хлоридом або фторидом металу. Дзеркала виготовляють на основі різних матеріалів і покривають оптичними покриттями, з високим коефіцієнтом відбиття.

Створення та обробка монокристалічних матеріалів з заданими технічними характеристиками у великій мірі залежить від технології їх формоутворення, тобто від шліфувальних паст, абразивних матеріалів, алмазних порошків. Матеріали після різання мають різні дефекти: неплоскостність, непаралельність площин, вигин, глибокий порушений шар і великий розкид по товщині. Тому необхідна подальша обробка шліфуванням і поліруванням, які є важливими

процесами для будь-якої технології формоутворення в мікроелектромеханічних, і взагалі електронних пристроях та компонентах [1].

Зерновий склад і зернистість абразивів. Усі абразиви залежно від розміру зерен розділено на групи – за цією самою ознакою на номери зернистості. Розробити класифікацію так, щоб порошок кожного номера зернистості складався із зерен однакового розміру, практично неможливо. До його складу входить кілька фракцій (груп зерен, розміри яких обмежені вузькою межею); основна прийнята за таку, що характеризує певний номер зернистості, та другорядні, менші та більші від основної. Кількісний вміст фракцій визначає зерновий склад абразиву [2].

Абразивні матеріали відрізняються розміром (крупністю) зерен, мають номери 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 17, 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3, M63, M50, M40, M38, M20, M14, M10, M7 і M5 і можуть розділятися на чотири групи: шліфзерно (від 200 до 16), шліфпорошок (від 12 до 3), мікропорошки (від M63 до M14) і тонкі мікропорошки (від M10 до M5).

Корунд, електрокорунд та інші абразиви, крім алмазу і нітриду бору, залежно від методу класифікації умовно розділяють на два класи. До першого належать продукти, які одержують розсіюванням на ситах, до другого – гідрокласифікацією. Продукти розсіювання ділять на дві групи (шліфзерно і шліфпорошок), а продукти гідрокласифікації – на мікропорошки і тонкі мікропорошки. Кожна з цих груп ділиться на порошки різної зернистості, яким присвоєно номери, що відповідають розміру зерен основної фракції [3].

Маркування абразивів груп шліфзерна і шліфпорошку відповідає розміру (в сотих частках міліметра) ґратки того сита, на якому затримується зерно основної фракції абразиву певного номера зернистості. Класифікують абразивні матеріали за номерами зернистості розсіюванням на спеціальних ситах, номер яких характеризує номер зерна [4].

Абразивні порошки однієї самої зернистості випускають з різним вмістом основної фракції: гранична крупна, комплексна і мілка.

Залежно від вмісту кожної фракції їхня роль у шліфуванні різна:

- мілка, навіть в значних кількостях (до 60-65% за масою), не має великого впливу ні на інтенсивність абразивного зношування, ні на шорсткість поверхні, яка шліфується;
- основна, прийнята за таку, що характеризує абразив певної зернистості, визначає інтенсивність зношування. Її кількість, необхідна і достатня для стабільності процесу, становить 30-40 % (за кількістю зерен);
- крупна, мінімальний вміст якої промислові способи класифікації дають змогу довести до 5-8 % (за кількістю зерен), визначає шорсткість поверхні, яка шліфується.
- гранична, зерна котрої мають найбільший розмір, буде визначати шорсткість поверхні, за вмісту у кількості 0,5-0,6 % (за кількістю зерен).

Промислові способи класифікації дають змогу довести вміст цієї фракції до 0,05-0,2 %. У такій кількості вона не збільшує шорсткості поверхні.

З матеріалів найбільше використовується електрокорунд, карбід кремнію, карбід бору тощо.

Класифікація мікропорошків і тонких мікропорошків. Розділення порошків за розмірами зерен ґрунтоване на різній швидкості осідання у воді. Промислова установка являє собою ряд касадно розміщених класифікаторів, які мають форму конуса з циліндром в основі. Площа перерізу циліндричної частини класифікаторів послідовно збільшується. Абразивна пульпа, що неперервно надходить в дозатор 1, самочинно проходить послідовно через всі класифікатори. В кожному перерізі конічної частини класифікаторів у завислому стані містяться два зерна, швидкість осідання яких дорівнює відповідній цьому рівню вертикальній складовій швидкості висхідного потоку. В циліндричній частині швидкість потоку незмінна, але неоднакова за абсолютною величиною в кожному класифікаторі. В класифікаторі 2 вона дорівнює швидкості осідання зерен основної фракції найбільшого з розмірів зернистості, що виділяються. Зерна цієї і мілкіших фракцій виносяться водою і надходять у наступний класифікатор 3. Тут швидкість потоку менша. Зерна основної фракції залишаються як певний номер зернистості, а ті, що мають менший розмір, переходять у класифікатор 4 і т.д. Одночасно працюють дві однакові паралельно з'єднані лінії класифікаторів. У той час, коли в одній лінії ведуть розділення

порошків, в другу перекривши в цей час подавання пульпи, подають чисту воду. Відбувається очищення порошків від другорядних фракцій. Керування процесом напівавтоматичне. Дистанційно перемикається дозоване подавання суспензій з одного каскаду на інший, автоматично розвантажуються класифіковані порошки [5].

Алмазні порошки являють собою суміші алмазних зерен правильної кристалічної форми. Сукупність зерен певного розміру, які переважають за кількістю у складі цього порошку, називають основною фракцією. Крім основної фракції, до складу порошків входять другорядні – велика та мілка. Розмір зерен в кожній фракції визначається розмірами сторін комірок двох контрольних сит. Через верхнє сито зерна повинні проходити, а на нижньому затримуватися.

Зернистість алмазних шліф порошків визначається за основною фракцією і може позначатись дробом, чисельник якого відповідає найбільшому, а знаменник – найменшому розміру зерен основної фракції.

Шліфпорошки природного і синтетичного алмазу розділено на дві групи: шліфпорошки і мікропорошки. Шліфпорошки природного алмазу мають одну марку – А, синтетичного – п'ять: АСО, АСР, АСВ, АСК, АСС (АСС – алмаз синтетичний; О, Р, В, К, С – індекси типів порошків, які відрізняються фізико-механічними властивостями: В – високоміцний, Р – міцний, О – звичайний тощо).

Алмазні шліфпорошки з синтетичних алмазів випускаються п'яти марок:

АСО має зерна найрозвиненішою ріжучою поверхнею і підвищеною крихкістю;

АСР має зерна з меншою крихкістю і більшою міцністю, порівняно з порошками марки АСО;

АСВ і АСК мають ще вищу міцність зерен, порівняно з порошками марки АСО та АСР;

АСС має найбільшу міцність зерен, порівняно з порошками усіх марок.

Алмазні мікропорошки мають менші розміри зерен, порівняно з алмазними шліфпорошками. Синтетичні алмазні мікропорошки випускаються марок АСМ і АСН, а природні – АМ і АН. Алмазні мікропорошки мають одинадцять груп зернистості: 60/40, 40/28, 28/20, 20/14, 14/10, 10/7, 7/5, 5/3, 3/2, 2/1 і 1/10. Абразивна здатність алмазних мікропорошків АМ і АСМ змінюється від 3,3 до 1,2 зі зменшенням зернистості мікропорошку від 60/40 до 5/3. Абразивна здатність мікропорошків АН і АСН дещо вища і змінюється від 4,3 для зернистості 60/40 до 1,9 для зернистості 5/3.

Характеристикою якості порошків АСМ і АСН, поряд з зерновим складом, є гарантована норма шліфувальної здатності, яка задається режимом синтезу і режимом технологічної обробки порошку. У порошків АСН вона на 30%-40% вища, порівняно з АСМ. Шліфувальна здатність порошків АМ і АН залежить від родовища алмазу. У порошків марки АСН АМ вона нижча, ніж у АН. НА номери зернистості порошки розділяють центрифугуванням, осадженням у стовпчику рідини та іншими методами[6].

Знаменник і чисельник дробу, який означає зернистість порошку, характеризують розмір (мкм) відповідного найбільшого і найменшого зерен основної фракції. Зерновий склад мікропорошків визначають методом мікроскопічного аналізу. Здійснюють вимірювання на 500шт. зерен в одному препараті.

Порошок марки АСМ з розміром зерен менше 0,7 мкм слугує вихідною сировиною для виготовлення субмікропорошків, що використовуються для обробки напівпровідникових кристалів, кварцу, рубіну та інших оптичних матеріалів. На суперцентрифугах одержують субмікропорошки, які класифікуються так: АСМО 7/0; АСМ 0,5/0; АСМО АСМО 3/0. Якість цих порошків характеризують шорсткістю поверхні зразків з кремнію та інтенсивністю його зношування (мкм/хв).

Алмазні пласти складаються з алмазних мікропорошків різної зернистості і високомолекулярних поверхнево-активних речовин. Для виготовлення паст використовують алмазні мікропорошки із зернистістю від АМС-40 до АМС-1. Алмазні пасти випускаються із високою (В), середньою (С), низькою(Н) і пониженою (П) концентраціями алмазного мікропорошку. За консистенцією пасти розділяють на тверду (Т), мазеподібну (М) і рідку (Р), ті, що змиваються водою (В), органічними розчинниками (О), а також водою й органічними

розчинниками (ВО). Алмазна паста з зернистістю мікропорошку АМС-1 високої концентрації і рідкої консистенції позначається АМС1-В-Ж.

Як органічні розчинники застосовують гас, бензин, малов'язкі мінеральні масла, спирт тощо. Універсальні пасти (ВО) можна застосувати для одночасної обробки металевих і неметалевих поверхонь виробів [7].

Алмазні пасти з синтетичних алмазів, як і пасти з натуральних алмазів, застосовують для операцій доведення під час виготовлення особливо точних деталей з високими вимогами до частоти поверхні. Для грубого попереднього доведення рекомендуються пасти із зернистістю від 28/20 до 14/10, для точного доведення і попереднього полірування – від 10/7 до 5/3 і для остаточного доведення – від 3/2 до 1/10.

Полірувальні матеріали. Полірувальна паста – маса зеленого кольору, містить 62-65 % окису хрому, 10-12 % нафтового парафіну, 35-37% олеїнової кислоти, стеарину, сірки, натрієвого і калієвого хромпіку. Застосовується для полірування виробів на бавовняних фетрових і шкіряних кругах – полірувальниках.

Окис хрому (Cr_2O_3) – порошок зеленого кольору. Виготовляють відновленням біхромату калію сіркою або термічним розкладом біхромату амонію. Першим способом одержують порошок з розміром зерен 0,8-1,2 мкм, другим – 0,3-0,4 мкм. Твердість за мінералогічною шкалою близька до 9,0. Випускається трьох марок: ОХМ-1 (металургійний), ОХП-1 (пігментний) і ОХЧ-1 (годинниковий) з вмістом чистого продукту в перерахунку на проценти не менше за 98-99 % і вологи не більше ніж 0,15 %. Застосовують під час полірування деталей з кристалічних матеріалів з малою твердістю [8].

Якість порошоків оцінюють за їхньою полірувальною здатністю та чистотою обробленої поверхні. Полірувальну здатність характеризують кількістю матеріалу, знятого за певний проміжок часу з поверхні зразка певного розміру з скла марки К8 у стандартних умовах випробування.

Наявність у порошках домішок, що дряпають, визначають, контролюючи чистоту полірованої поверхні за допомогою лупи зі збільшенням б у відбитому світлі.

Охолоджувальну рідину подають на ріжуче ребро зверху вниз так, щоб потоки по обидва боки диска були однакові, що забезпечує його рівномірне охолодження. Тиск рідини, яка подається, повинен бути не дуже великим, оскільки за занадто великого тиску рідина відбивається від ріжучого ребра і не попадає в зону нарізання. Витрата охолоджувальної рідини повинна бути максимальною, обмеженою можливостями зливання через отвори в барабані.

Емульсол являє собою відходи масляного виробництва. Мала кількість ПАР в ньому та погана розчинність у воді визначають низькі змазувальні та змочувальні властивості емульсій. У місці контакту алмазних зерен зі склом практично немає змазувальної плівки, а тільки прошарок води. При відведенні тепла вона випаровується, тертя пари скло-алмаз проходить майже насухо, що прискорює зношування зерен. Використовують також емульсії, в яких емульсол замінюється емульсолем з нафтових сульфонатів. Стійкість алмазного інструмента і продуктивність процесів зростають, але наявні в емульсолі добавки (Na_3PO_4 , NaNO_3) частково випадають в осад, що ускладнює зберігання і використання емульсій.

Покращенні мастильно-охолоджувальні властивості мають 3-5% водні емульсії на основі емульсолу, компонентами якого є сульфокислота (75%), тринатрійфосфат (15 %), гліцерин (10%). У результаті обмінної реакції сульфокислоти з тринатрійфосфатом в масляному середовищі утворюється дрібнодисперсна структура, в якій вода і добавки стабілізовано всередині часток сульфонату. У зоні тертя частинки руйнуються. Їхня активна група прикріплюється до твердих тіл, а вуглеводневі радикали адсорбовані поверхнями алмазу і скла, дотикаючись, забезпечують змашування поверхні. Вода не має доступу до поверхонь тертя. Вона поглинає тепло і випаровується до складу емульсолу можуть бути введені сполуки, що містять фосфор, які покращують антикорозійні і мастильно-охолоджувальні властивості емульсій.

У разі використання МОР, які містять воду, і роботи алмазного інструмента з малим навантаженням спостерігається його засалювання. Однією з причини, що викликає це явище, є

адгезійна взаємодія частинок зруйнованого скла зі зв'язкою інструмента. Якщо окиснення зв'язки відбудеться швидше, ніж її зношування, то утворена плівка окису буде утримувати на собі частинки скла. Останні, виконуючи захисну функцію, уповільнюють зношування зв'язки і видалення затулених зерен алмазу. Режим самозаточування інструмента не порушується, і він втрачає властивості різання. Адгезію зменшують, вводячи її до складу МОР речовини, які адсорбуються на зв'язці цієї суміші краще ніж скло.

За критерій оцінки МОР приймають поверхневий натяг і кислотність рН, які впливають на продуктивність шліфування і шорсткість оброблюваної поверхні. Значення як σ , так і рН зв'язані з концентрацією емульсії. З підвищенням концентрації продуктивність зростає, але одночасно збільшується шорсткість. Під час виконання операції центрування лінз алмазними кругами форми АПП як МОР використовують веретенне або вазелінове масло. Для центрування лінз з надто небезпечних видів скла можуть бути застосовані емульсії, що містять воду, але шорсткість оброблюваної поверхні буде більшою.

З вищесказаного, можна зробити висновок, що шліфпорошки характеризуються зернистістю двох діапазонів: широкого та вузького. Якість порошку залежить від міцності зерен. Її оцінюють за полірувальною здатністю та чистотою обробленої поверхні. Полірування виконують субмікронними алмазними порошками і пастами або м'якими поліруючими складами на основі оксидів алюмінію, хрому, цирконію, кремнію. Під час виконання глибокого і тонкого шліфування плоских сферичних поверхонь, свердління і розрізування, круглого шліфування скляних пласти, нанесення скосів, пазів, канавок та інших операцій здебільшого використовують емульсії, до складу яких входять емульсол, гас освітлювальний вода.

Отже, до полірувальників пред'являють високі вимоги: вони не повинні мати порізів, складок, потовщених ниток, що може призвести до появи рисок на поверхні, що обробляється, або розриву полірувального матеріалу і псування всієї партії пластин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Казаков Д.А., Капустин С.А., Коротких Ю.Г. Моделирование процессов деформирования и разрушения материалов и конструкций. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 1999. – 226 с.
2. Готра З.Ю. Технологія електронної техніки: Навч. посібник: у 2 т.– Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2010. – Т. 2. – 884 с.
3. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : [монография] / А. И. Гусев. – 2-е изд., испр. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 416 с.
4. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки / Херман М.: [Пер. с англ.]- М.: Мир, 1989. – 240 с.
5. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с.
6. Валиев Р. З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией / Р. З. Валиев, И. В. Александров. – М.: Издательский центр “Академия”, 2005. – 272 с
7. Радченко Ю.М., Романько Я.В. Теплотехнічні вимірювання та прилади: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 53 с.
8. Дунин-Барковский И.В., Карташова А.Н. Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхностей.-М.: Машиностроение. 1978.-232с.

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, старший викладач кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки