УДК 621.371

Філатов Ю.Д., докт. техн. наук, професор
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, filatov2045@gmail.com
Сідорко В.І., докт. техн. наук, доцент
ДП "Інженерно-виробничий центр АЛКОН" НАН України, sidorko@ism.kiev.ua
Ковальов С.В., канд. техн. наук
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, skovalyov2@gmail.com
Ковальов В.А., канд. техн. наук, доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, wikkov@gmail.com
Юрчишин О.Я., канд. техн. наук, доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, urchyshynoks@ukr.net

ПОЛІРУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ОПТОТЕХНІКИ З МІДІ

Підвищення якості деталей оптотехніки з міді можливе лише за удосконалення технології їх полірування та розробки нових полірувальних дисперсійних систем, які б забезпечували досягнення низької шорсткості оброблених поверхонь за достатньої швидкості зняття оброблюваного матеріалу [1]. Метою даного дослідження є вивчення закономірностей впливу фізико-хімічних властивостей оброблюваного матеріалу та дисперсної системи на показники полірування.

Визначення показників полірування деталей оптотехніки з міді здійснювалось під час оброблення плоских поверхонь зразків діаметром 42 мм на верстаті мод. 2ШП-200М за допомогою притиру з замші діаметром 100 мм за зусилля притискання 55,5 Н, частоти обертання притира 90 об/хв, зміщення 10 мм та довжини штриха 20 мм, середньої температури в зоні контакту оброблюваної деталі та притира 298 *К*. Полірування зразків з міді здійснювали за допомогою дисперсних систем ДС1 з мікро- та нанопорошків метаборату міді (CuB_2O_4, густина 3,86 г/см^3, статична діелектрична проникність 6,05, ширина забороненої зони 3,6 еВ, параметри кристалічної гратки a = 1,148 нм, c = 0,562 нм) і ДС2 з двооксиду церію (CeO_2, густина 6,26 г/см^3, статична діелектрична проникність 21,2, ширина забороненої зони 3,3 еВ, параметр кристалічної гратки a = 0,5411 нм), в яких в якості дисперсного середовища використовувався гас.

Визначення розмірів та аналіз поверхні частинок дисперсної фази полірувальних дисперсних систем здійснювали за допомогою растрового електронного мікроскопу "Zeiss-EVO50" з системою мікроаналізу AZtec та сканувального мікроскопу-аналізатора Camscan-4DV. Середній розмір частинок полірувального порошку в дисперсних системах складав 409 нм (ДС1) і 910 нм (ДС2). Довжина шляху тертя L_t частинки полірувального порошку по оброблюваній поверхні складала 132 мм, а час контакту t_c частинки полірувального порошку з оброблюваною поверхнею складав 3,2–3,3 мкс (ДС1) і 7,3–8,9 мкс (ДС2). Знімання оброблюваного матеріалу визначали ваговим методом за допомогою аналітичних терезів мод. «ВЛР-200». Параметри шорсткості полірованих поверхонь визначали методом комп'ютерного моделювання. Підготовку поверхонь деталей під полірування здійснювали за допомогою традиційних методів тонкого шліфування та мікроточіння [2, 3].

У відповідності до сучасних уявлень про механізм взаємодії оброблюваної поверхні з частинками дисперсної фази полірувальної дисперсної системи, видалення оброблюваного матеріалу під час полірування напівпровідників і металів відбувається внаслідок перенесення енергії від частинок полірувального порошку до оброблюваної поверхні за механізмом QD-FRET – ферстерівського резонансного перенесення енергії, опосередкованого квантовими точками, які утворюються на їхніх поверхнях, у відкритому мікрорезонаторі, який утворено поверхнями оброблюваного матеріалу і частинки полірувального порошку [2, 4].

Ефективність QD-FRET, опосередкованого квантовими точками CuO-QDs і Cu_2O-QDs, залежить від добротності мікрорезонатора на характерних частотах, а швидкість зняття оброблюваного матеріалу визначається у відповідності до загального рівняння [4] $Q = \eta L_t \frac{\tau}{t_c} q$ (де η – коефіцієнт об'ємного зносу; L_t – довжина шляху тертя частинки полірувального порошку по оброблюваній поверхні; $t_c = d/u$ – час контакту частинки полірувального порошку з оброблюваною поверхнею, d – розмір частинок полірувального порошку; u – швидкість відносного переміщення деталі та притира, τ – час життя квантових точок оброблюваної поверхні у збудженому стані; $q = \nu_1/(\nu_2 - \nu_1)$ – добротність резонатора; ν_2, ν_1 – частоти коливань молекулярних фрагментів кластерів на поверхні частинок полірувального порошку та на оброблюваній поверхні).

Результати визначення швидкості зняття оброблюваного матеріалу та параметрів шорсткості оброблених поверхонь наведено в таблиці.

Таблиця 1 – Показники полірування поверхонь деталей оптотехніки з міді

Показники полірування	Дисперсна система	
	ДС1	ДС2
Швидкість зняття матеріалу, Q, 10^{-13} м^3/с	19,6	42,5
Продуктивність полірування, мг/хв.,	1,1	2,2
мкм/год	5,3	10,6
10^{-13} м^3/с	20,5	40,7
Параметри шорсткості		
Ra, нм	9,8±0,4	16,9±1,0
Rq, нм	10,5±0,4	18,4±0,6
*R*max, нм	14,6±1,6	29,6±1,3
Rz, мкм	0,049	0,085

В результаті досліджень показано, що під час полірування деталей оптотехніки з міді за допомогою дисперсної системи ДС2 на основі полірувальних порошків двооксиду церію не забезпечується виконання вимог, які висуваються до полірованих оптичних поверхонь (*Rz* < 0,05 мкм), та обґрунтовано доцільність застосування полірувальної дисперсної системи ДС1 з мікро- та нанопорошків метаборату міді, яка забезпечує необхідну шорсткість полірованих поверхонь за високої швидкості знімання оброблюваного матеріалу.

Список посилань

1. Філатов Ю.Д., Сідорко В.І., Філатов О.Ю., Ковальов С.В. Фізичні засади формоутворення прецизійних поверхонь під час механічної обробки неметалевих матеріалів. – К.: Наук. думка, 2017. – 248 с.

2. Filatov Yu.D. Quantum Mechanism of Optical Glass Polishing. J. Superhard Mater. 2024. Vol. 46, no. 4. P. 303–313.

3. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Sokhan' S.V., Kovalev S.V., Boyarintsev A.Y., Kovalev V.A., Yurchyshyn O.Y. Roughness of Polished Surfaces of Optoelectronic Components Made of Polymeric Optical Materials. J. Superhard Mater. 2023. Vol. 45, no. 1. P. 54–64.

4. Filatov Yu.D., Boyarintsev A.Yu., Kolesnikov O.V., Galkin S.M., Novgorodtsev V.O., Polupan Ya.I., Pylypenko O.I., Sidorko V.I., Kovalev S.V. Polishing of Optotechnical Parts Made of Semiconductor Materials. J. Superhard Mater. 2025. Vol. 47, no 2. P. 125–136.