

## SECTION XI. CHEMISTRY, CHEMICAL ENGINEERING AND BIOENGINEERING

DOI 10.36074/logos-26.05.2023.035

### ВПЛИВ ГІДРОДИНАМІЧНИХ УМОВ НА ПАРАМЕТРИ ХІМІЧНОГО ТРАВЛЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ГРУПА:

**Алексєєва Ольга Олександрівна**  
здобувач вищої освіти IV курсу

*Житомирський державний університет імені Івана Франка*

ORCID ID: 0000-0001-5356-9856

**Чайка Микола Володимирович**

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії

*Житомирський державний університет імені Івана Франка*

**Камінський Олександр Миколайович**

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії

*Житомирський державний університет імені Івана Франка*

**Денисюк Роман Олександрович**

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії

*Житомирський державний університет імені Івана Франка*

УКРАЇНА

Зважаючи на швидкий розвиток технологій напівпровідникових матеріалів, вивчення впливу гідродинамічних умов на параметри хімічного травлення напівпровідникових матеріалів є надзвичайно актуальним. Оптимізація процесу отримання напівпровідникових матеріалів з високою якістю та ефективністю є надзвичайно важливою для підвищення їх конкурентоспроможності на ринку та забезпечення розвитку нових технологій.

Гідродинамічні умови включають швидкість потоку реагентів, тиск та температуру, які можуть впливати на швидкість травлення, рівномірність проходження реакції та якість отриманого продукту. Наприклад, при збільшенні швидкості потоку реагентів може збільшуватись швидкість процесу травлення, але це може також призвести до нерівномірності реакції та погіршення якості продукту. Також, підвищення тиску та температури може сприяти прискоренню реакції, але може також мати негативний вплив на якість полірованої поверхні та ефективність процесу [1].

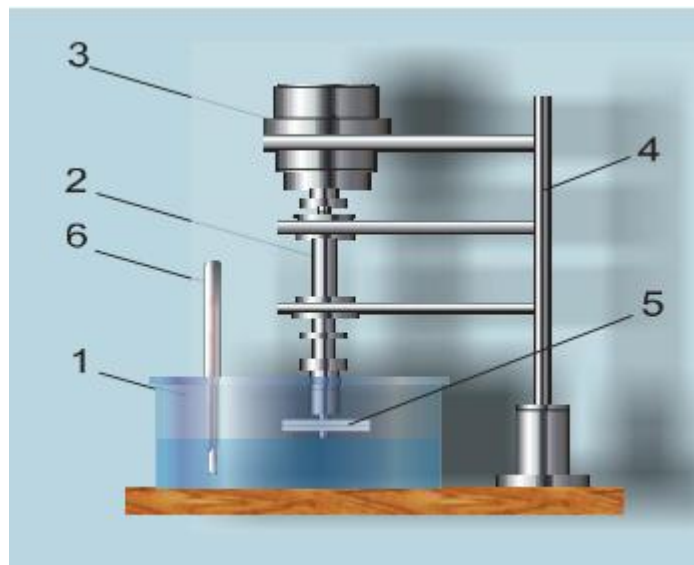
Рух речовини в рухомому потоці рідини відбувається за двома механізмами: молекулярною дифузією, яка відбувається при нерівномірній концентрації речовини, і конвективною дифузією, яка відбувається, коли частина розчиненої речовини захоплюється потоком рідини, що рухається. Аналіз ламінарних і турбулентних течій показує, що поверхня реакції зазвичай нерівномірно присутня в дифузійному співвідношенні [3], тобто залежить від

швидкості рідини. Якщо реакційна поверхня являє собою нерухому гладку пластину, що обтікається ламінарним потоком, то біля її поверхні буде спостерігатися розподіл концентрації та швидкості рідини. Тому в дослідженні слід використовувати метод диска, що обертається, оскільки дифузійний потік і розподіл концентрації частинок в розчині є постійними і рівномірними у всіх точках поверхні твердого тіла.

Конвективна дифузія відбувається паралельно поверхні пластин (для ламінарних потоків), тоді як молекулярна дифузія відбувається перпендикулярно. Тому розподіл концентрації активного компонента травника в граничному дифузійному шарі є нелінійним, і наступне рівняння може бути використане для визначення граничної густини дифузійного потоку ( $I$ ) до поверхні диска, що обертається [2]:

$$I = 0,062 \cdot D^{2/3} \cdot \nu^{-1/6} \cdot \omega^{1/2} \cdot C_0$$

де  $D$  - коефіцієнт дифузії активного компонента,  $C_0$  - його концентрація,  $\nu$  - кінематична в'язкість розчину і  $\omega$  - швидкість обертання диска. З цього рівняння видно, що величина дифузійного потоку до поверхні диска, що обертається залежить від швидкості обертання  $I \sim \omega^{1/2}$ . Якщо таким чином розв'язати задачу тільки для кристалів товщина гідродинамічного шару залежить від відстані від осі обертання і реакційна поверхня обертового диска однаково доступна для дифузії (рис. 1).



**Рис. 1. Установка для реалізації методу диска, що обертається:  
1 – ємність з травильним розчином, 2 – вал електродвигуна,  
3 – електродвигун, 4 – стійка, 5 – диск з закріпленими зразками,  
6 – термометр**

Коли полірована поверхня турбулізується травильним розчином, рух матеріалу характеризується коефіцієнтом турбулентної дифузії. Це гарантує, що концентрація розчину залишається постійною навіть на дуже малих відстанях від поверхні пластини, так що немає реальної різниці в швидкості, з якою травильний розчин наближається до виступу або ямки. Товщина дифузійного шару змінюється випадковим чином, і всі ділянки поверхні протравлюються приблизно з однаковою швидкістю. Середня висота нерівностей зменшується в абсолютному значенні, але відносно згладжування

невелике. Поверхня виглядає дзеркально гладкою на мікрорівні, але стає хвилястою на макрорівні і містить макроскопічні нерівності, такі як лимонна шкірка [4].

Отже, виконані дослідження підтверджують значний вплив гідродинамічних умов на процес хімічного травлення напівпровідникових матеріалів і показують, що оптимізація цих умов може покращити ефективність та якість отримання напівпровідникових матеріалів. Дана тема є актуальною в контексті постійного розвитку технології електронної промисловості та високих вимог до якості та ефективності напівпровідникових матеріалів, які використовуються в електроніці, сонячних батареях, світлодіодах та інших пристроях сучасної електронної техніки.

#### Список використаних джерел:

- [1] Перевошиков В.А. (1970). Хімічне полірування пластин кремнію в умовах підвищеної швидкості руху травника. Журн. прик. хімії 43 (7), 1487-1491.
- [2] Франк-Каменецький Д.А. (2008). *Основи макрокінетики. Дифузія та теплопередача в хімічній кінетиці*. Довгопрудний: Інтелект, 2008.
- [3] Чайка, М. V., Tomashyk, Z. F., Tomashyk, V. M., Malanych, G. P., & Korchovyi, A.A. (2019). Optimization of bromine-emerging etching compositions  $K_2Cr_2O_7 - HBr - ethylene\ glycol$  for forming a polished surface of CdTe,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  and  $Cd_xHg_{1-x}Te$ . *Functional Materials* 26 (1). 189-196. doi.org/10.15407/fm26.01.189.
- [4] Ohno T. (1998). Surface cleaning with hydrogen plasma for low-defect-density ZnSe homoepitaxial growth. *J. Vac. Sci. Technol. A*. 16 (4). 2539-2545.