

УДК 004.08; 004.023; 004.085

А. А. Тарнай, В. К. Кириленко, В. М. Рубіш, Е. В. Гера

Ужгородський науково-технологічний центр матеріалів оптичних носіїв інформації Інституту проблем реєстрації інформації НАН України
вул. Замкові сходи, 4, 88000 Ужгород, Україна

Установка для дослідження процесів рідинного травлення неорганічних резистів — середовищ для голографії та оптичного запису інформації

Розроблено установку для дослідження кінетики рідинного травлення тонких плівок халькогенідних склоподібних матеріалів (неорганічних резистів) і одержання інформаційного мікрорельєфу в статичному, динамічному з циркуляцією та динамічному з утилізацією травника режимах в інтервалі температур 293–353 К.

Ключові слова: неорганічні резисти, рідинне травлення, швидкість розчинення, мікрорельєф.

Завдяки фотоіндукованим змінам хімічних властивостей світлочутливі шари на основі халькогенідних склоподібних напівпровідників (ХСН) мають різні швидкості травлення опромінених і неопромінених ділянок, що важливо з точки зору їхнього практичного використання для запису інформації та різноманітних інтерференційних картин, формування дифракційних ґраток і рельєфно-фазових голограм [1–5]. При цьому для одержання високоякісного інформаційного мікрорельєфу важливим є склад плівки та технологічні умови її одержання, склад, концентрація та температура травника, швидкість ротації шарів травника, які безпосередньо контактують з поверхнею плівки. Наявність значної кількості різноманітних впливаючих чинників ускладнює не тільки одержання відтворюваних результатів, але й саме дослідження процесів рідинного травлення. У зв'язку з цим розробка ефективних методів й обладнання для вивчення цих процесів є вельми актуальними. Саме розробці автоматизованої багатофункціональної установки для дослідження процесів травлення неорганічних резистів й одержання заданого мікрорельєфу присвячена дана робота.

Оскільки процес травлення за своєю суттю є руйнівним, був реалізований підхід, який передбачає локалізацію травлення на обмеженій ділянці досліджуваної плівки (діаметр поля травлення близько 3 мм). Локалізація процесу травлення дає можливість при використанні мінімальної кількості травника (~50 мл) на плівці одного складу (максимальний розмір — 160×160 мм) провести цілу серію дос-

© А. А. Тарнай, В. К. Кириленко, В. М. Рубіш, Е. В. Гера

ліджень (сотні вимірювань), що виключає вплив технологічних умов одержання плівок, і разом з тим забезпечує зручність проведення досліджень, високу продуктивність роботи, економію матеріалів. Для реалізації методу локального травлення був розроблений спеціальний пристрій (реактор), який представляє собою проточну мікроювету з ущільнювальним отвором, через який здійснюється контакт травника з поверхнею досліджуваної плівки (рис. 1).

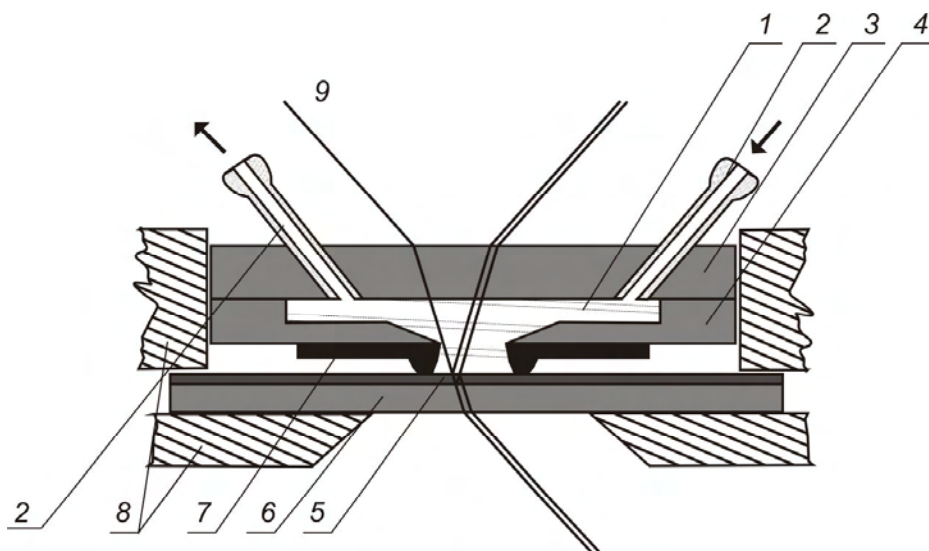


Рис. 1. Реактор: 1 — травник; 2 — вхідний і вихідний патрубки; 3 — кварцове вікно; 4 — корпус реактора; 5 — досліджувана плівка; 6 — підкладка; 7 — ущільнювальний елемент; 8 — термостатований тримач; 9 — зондуєчий промінь

Зміна товщини плівки під час травлення вимірюється інтерференційним способом шляхом зондування поверхні травлення лазерним променем, довжина хвилі якого знаходиться в області оптичної прозорості плівки. Коефіцієнти пропускання та відбивання є періодичними функціями оптичної товщини nd (n і d — показник заломлення та фізична товщина досліджуваної плівки відповідно) і досягають екстремальних значень за умови

$$nd = k \frac{\lambda}{4},$$

де λ — довжина хвилі зондуєчого променя; k — натуральний ряд чисел.

Підраховуючи кількість цілих і дробових значень інтерференційних екстремумів для пропускання або відбивання у вибраний момент часу однозначно визначається оптична товщина плівки [6]. Точність вимірювання залежить від товщини хвилі зондуєчого променя та від точності визначення дробових значень інтерференційних екстремумів і реально складає ~ 10 нм.

Наявність кварцового вікна в реакторі дає можливість проводити дослідження процесів травлення плівок і на непрозорих підкладках (за умови прозорості травника для зондуєчого променя). Необхідно зазначити, що вимірювання опти-

чного пропускання та відбивання під час травлення плівки має однакову інформативність щодо зміни оптичної товщини. Оптико-механічна частина установки (рис. 2) забезпечує можливість зондування поверхні плівки як з боку підкладки, так і з боку травника, причому зондування можливе як по нормалі до поверхні травлення, так і під вибраним кутом у межах $0-65^\circ$. Вимірювання зміни оптичної товщини плівки під час травлення можна проводити на двох різних довжинах хвиль зонduючого променя ($\lambda_1 = 650$ нм, $\lambda_2 = 810$ нм) при діаметрі променя в декілька десятків мікрон.

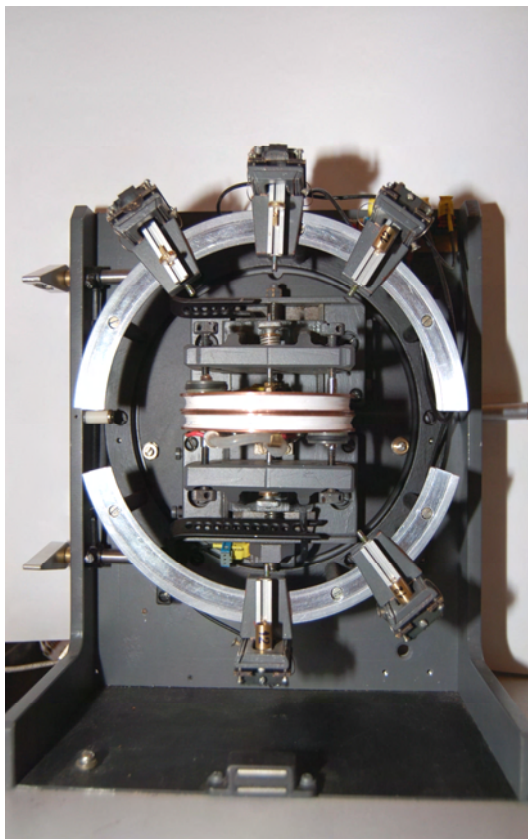


Рис. 2. Загальний вигляд оптико-механічної частини установки

Дана установка передбачає три режими травлення — статичний, динамічний з циркуляцією та динамічний з утилізацією травника. Найбільш ефективними з них є два останні, оскільки при цьому забезпечується незмінність концентрації і pH розчину в процесі травлення халькогенідної плівки та найкращий контакт поверхні травлення та селективного травника. Відповідно не зменшуватимуться при цьому (на противагу травленню в статичному режимі) швидкості розчинення неопромінених (V_H) й опромінених (V_o) ділянок плівок, а, значить, і селективність травлення γ ($\gamma = V_H/V_o$ при $V_o < V_H$ (негативне травлення) і $\gamma = V_o/V_H$ при $V_o > V_H$ (позитивне травлення)) [5].

Конструкція установки передбачає можливість припинення травлення у вибраний момент часу, промивання та висушування поверхні травлення, оперативну заміну травника. Подача травника, дистильованої води або стисненого повітря в ділянку травлення (реактор) здійснюється автоматично, що спрощує ек-

перимент і підвищує продуктивність роботи.

Для плівок ХСН травниками є розчини лугів (NaOH, KOH, KH_4OH), амінів (метиламін, диметиламін, диетиламін, етилендіамін), розчини різних солей (Na_2CO_3 , K_2CO_3 , Na_3PO_4 , $K_2Cr_2O_7$) [4, 5, 7–10]. Тому всі деталі та вузли пристрою подачі рідких реагентів у ділянку реактора, які в процесі роботи контактують з агресивними речовинами, виготовлені з інертних матеріалів: тефлон, силікон, кварц, кераміка, скло. У процесі травлення як досліджувані об'єкти, так і хімічні реактиви — термостатовані. Термостатування може проводитися в інтервалі температур 293–353 К. Результати досліджень реєструються у вигляді комп'ютерних файлів.

Для демонстрації деяких функціональних можливостей установки на рис. 3 та 4 наведені залежності швидкості травлення плівки As_2S_3 розчином карбонату на-

трію в залежності від концентрації травника та температури процесу травлення. Дослідження показали, що зі збільшенням концентрації і температури травника швидкість розчинення V неопромінених ділянок плівок даної системи зростає (рис. 3, 4), причому при $T > 320$ К спостерігається різке збільшення V . Якщо в якості травника використовувати 2-процентний розчин карбонату натрію, то швидкість травлення плівки As_2S_3 зростає від 0,8 до 6,6 нм/с при збільшенні температури від 300 до 320 К і від 6,6 до 28,6 нм/с при збільшенні температури від 320 до 340 К. Важливо зазначити, що наведені результати одержані протягом трьох годин, а зразок, на якому проводились вимірювання мав площу $2,5 \times 2,5$ см². Це свідчить про високу продуктивність й економічність установки.

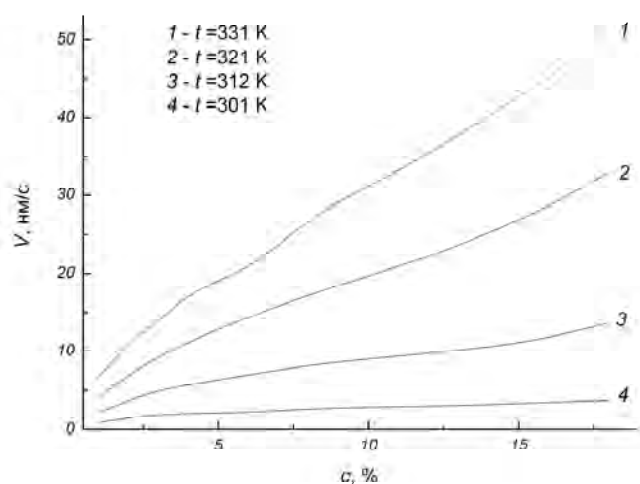


Рис. 3. Залежність швидкості травлення від концентрації травника

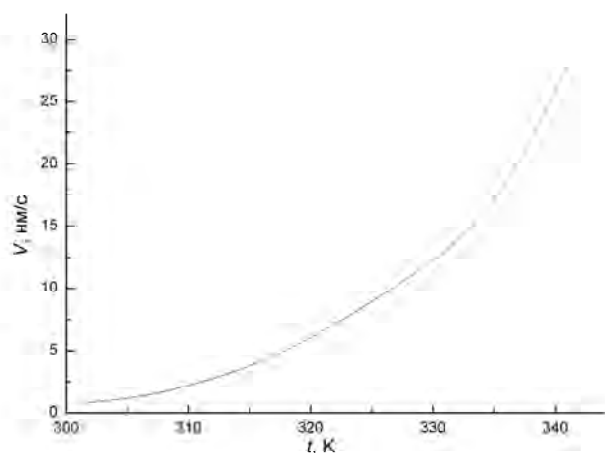


Рис. 4. Залежність швидкості травлення від температури травника

Таким чином, у результаті проведених пошукових робіт по проблемі селективного травлення неорганічних резистів розроблена автоматизована установка, яка дозволяє: досліджувати процеси травлення в статичному і динамічному (з цирку-

ляцією та утилізацією травника) режимах; досліджувати залежності швидкості травлення плівок від концентрації, температури та швидкості потоку травника; вимірювати оптичну товщину плівок безпосередньо в процесі травлення на двох довжинах хвиль зондуючого променя; вивчати залежності зміни швидкості травлення та показника заломлення плівок від параметрів експозиції; досліджувати контрастні, поліруючі та буферні властивості травників.

1. Семак Д.Г., Різак В.М., Різак І.М. Фототермоструктурні перетворення халькогенідів. — Ужгород: Закарпаття, 1999. — 392 с.

2. Петров В.В., Крючин А.А., Шанойло С.М., Костюкевич С.А., Кравець В.Г., Ланчук А.С. Оптические диски: история, состояние, перспективы развития. — К.: Наук. думка, 2003. — 176 с.

3. Teteris J., Reinfelde M. Application of Amorphous Chalcogenide Semiconductor Thin Films in Optical Recording Technologies // J. of Optoelectronics and Advanced Materials. — 2003. — Vol. 5, N 5. — P. 1355–1360.

4. Петров В.В., Крючин А.А., Костюкевич С.О., Рубіш В.М. Неорганічна фотолітографія. — К.: ІМФ НАНУ, 2007. — 195 с.

5. Венгер Е.Ф., Мельничук А.В., Стронский А.В. Фотостимулированные процессы в халькогенидных стеклообразных полупроводниках и их практическое применение. — К.: Академперіодика, 2007. — 283 с.

6. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. — М.: Наука, 1973. — 721 с.

7. Пинзеник В.П., Фролова Н.П., Туряница И.И. Селективное травление светочувствительных слоев систем As(Ge)–S(Se) // Некристал. полупроводники. — Ужгород: Патент, 1989. — Ч. 1. — С. 228–230.

8. Пинзеник В.П., Фролова Н.П., Туряница И.И. Фотоиндуцированные изменения в слоях халькогенидных стеклообразных полупроводников и параметры селективного растворения // Успехи научной фотографии. — 1990. — Т. 26. — С. 50–52.

9. Mednikarov B.D. Vacuum deposited As₂Se₃ — Photoresist. Some Properties and Outlooks // Bulgarian Chemical Communs, 1993. — Vol. 26, N 3/4. — P. 502–513.

10. Зенкин С.А., Мамедов С.Б., Михайлов М.Д. и др. Механизм взаимодействия монолитных стекол и аморфных пленок системы As–S с растворами аминов // Физ. и химия стекла. — 1997. — Т. 23, № 5. — С. 560–568.

Надійшла до редакції 16.05.2008