

УДК 535.215

PACS number(s): 72.40.+w

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОРГАНІЧНОГО НАПІВПРОВІДНИКА КЛАСУ ПОХІДНИХ АКРИДИНУ

**М. Кравців^{1,2}, В. Бойчук¹, О. Шпотюк², І. Гадзаман^{1,2},
М. Медвідь¹**

¹Дрогобицький державний педагогічний університет
вул. Івана Франка, 24, 82100 м. Дрогобич
e-mail: sndlnd@drohobych.net

²Науково-виробниче підприємство "Карат"
вул. Стрийська, 202, 79031 м. Львів
e-mail: shpotyuk@novas.lviv.ua

Наведено результати досліджень органічного напівпровідника класу похідних акридину. Виміряно спектри поглинання, фотолюмінесценсії і фотопровідності структур, отриманих термічним напиленням у вакуумі за різних температур випарника. У досліджуваному матеріалі виявлено фотоелектретний стан і піроелектричні властивості. Експериментально одержані результати пояснюють фотогенерацією носіїв заряду і їх інжекцією з електродів.

Ключові слова: органічні напівпровідники, тонкі плівки, фотопровідність, фотоелектретний стан, піроелектричний ефект.

Відомо, що зі збільшенням числа π -електронів зменшується енергія переходу у перший збуджений стан. Але, на електричні і фотоелектричні властивості суттєво впливає надмолекулярна структура, зокрема перекривання молекулярних орбіталей, і структура молекул [1, 2, 3]. Із літературних даних відомо [7], що схожими властивостями володіють гетероциклічні аналоги антрацену. Досліджуваний органічний напівпровідник на основі акридину – структурний аналог антрацену з одним атомом азоту, який має пару неподільних електронів. Дослідження фотоелектричних властивостей даних матеріалів свідчить, що вони можуть бути корисними не лише для вивчення закономірностей впливу структури на властивості матеріалу, але й для практичного використання, наприклад, для створення приймачів випромінювання або перетворювачів енергії [4].

Для електрофізичних досліджень фотоелектричних властивостей були використані структури у вигляді сендвіч-комірок з алюмінієвими напів-прозорими електродами. Зразки тонких плівок органічних сполук виготовлялися послідовним нанесенням на підкладки (кварц, сітал, полімерні плівки) термічним випаровуванням у вакуумі нижнього електрода, органічної речовини і верхнього електрода. Робоча область зразків відповідає області перекриття нижнього і

верхнього алюмінієвих електродів і становила $25 \cdot 10^{-8} - 16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, а товщина фоточутливого елемента – 0,5–1,0 мкм.

Опромінення чутливих елементів фотоприймачів проводили від монохроматора ЗМР-3, на вхідну щілину якого падало світло від ксенон-криптонової лампи марки ДКСШ-1000 і абсолютно чорного тіла. Кінетику піроефекту і фотоелектретного стану досліджували за допомогою електрометричного підсилювача У5-9 і осцилографа С1-69.

Експериментальні дані свідчать про те, що структура і властивості плівок залежать від температури випарника органічного матеріалу. Наприклад, плівки, отримані за температури випарника 500 К, мали жовтий колір, а для температури 540 К – синій.

Досліджували фотопровідність органічних сполук при опроміненні через напівпрозорий алюмінієвий електрод світлом довжиною хвилі $\lambda = 300 \text{ нм}$. Освітлення від'ємно зарядженого електрода зумовлює фотострум удвічі більший, ніж при освітленні позитивно зарядженого електрода. Максимум фотопровідності припадає на область 400 нм (рис. 1). При електричних полях $E \approx 10^7 \text{ В/м}$ різко зростає відносна частка фотопровідності при $\lambda = 500 - 800 \text{ нм}$.

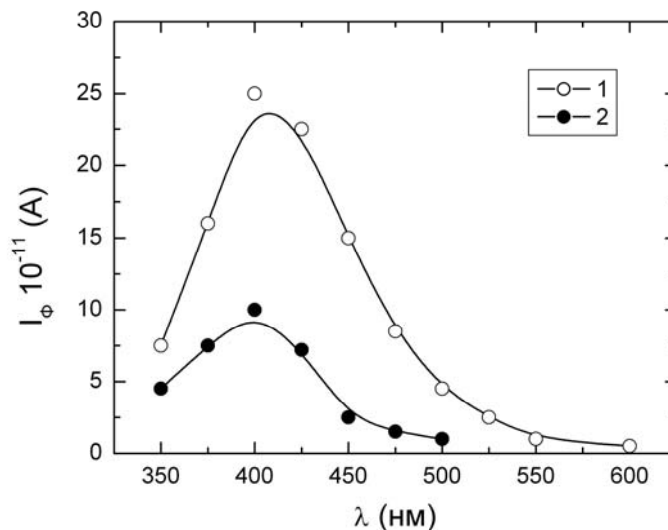


Рис. 1. Спектральні характеристики фотопровідності структур отриманих при температурі випарника 500 К (крива 1) і 540 К (крива 2)

Тонкі плівки отримані за температури випарника 540 К, крім загальної для всіх зразків закономірності фотоструму в області 400 нм, мають деякі особливості, а саме – фотопровідність в області довжин хвиль 400 нм у 2–3 рази менша за однакових товщин плівок і напруженостях полів, наступною особливістю спектрів фотопровідності даних плівок є наявність додаткової смуги фотопровідності з максимумом в області 620 нм, відносна величина якого значно залежить від електричного поля і температури. Вольтамперні характеристики мають незвичний характер, який, відповідно, залежить від температури вимірювань і довжини хвилі

опромінення. У плівках, отриманих за температури випарника 500 К, в області $\lambda=400$ нм і $T=300$ К при освітленні додатньо зарядженого електрода спостерігається лінійна вольтамперна характеристика (ВАХ) ($E \approx 10^6 - 5 \cdot 10^7$ В/м). При освітленні від'ємно зарядженого електрода лінійна ВАХ переходить у надлінійну ($\alpha=2,5$) і $E \approx 5 \cdot 10^6$ В/м, а при $E \approx 8 \cdot 10^6$ В/м стає знову лінійною. ВАХ при 140 К мають $\alpha=1,2$.

Люксамперні характеристики (ЛАХ) при $E \approx 5 \cdot 10^7$ В/м лінійні для обидвох структур в області $\lambda=400$ нм, а при $E > 5 \cdot 10^6$ В/м простежено надлінійну залежність фотоструму від освітленості. При 140 К ЛАХ лінійні. У випадку освітлення плівок, отриманих при температурі випарника 540 К довжинами хвиль із області $\lambda=620$ нм ЛАХ на слабких освітленостях сублінійна, а зі збільшенням інтенсивності світла переходить у лінійну залежність.

За освітлення плівок довжинами хвиль $\lambda=(300-500)$ нм спостерігається фотоелектрорушійна сила, величина якої зменшується у разі кожного послідовного вимірювання і досягає граничного значення, величина якого залежить від температури наплення плівок. Окрім цього, у досліджуваних структурах виявлено фотоелектретний стан (ФЕС) [5], тобто стійка поляризація зразків. Дослідження кінетики фотодеполяризації ФЕС дають підставу вважати, що генеровані світлом носії заряду захоплюються дефектами структури. Початкові ділянки процесів утворення і фотодеполяризації ФЕС добре описані експоненціальним законом. Методом термостимульованих струмів у режимі ФЕС знайдено один рівень прилипання, який відповідає за утворення ФЕС, з глибиною залягання $9,6 \cdot 10^{-20}$ Дж.

Для визначення положення і природи основних енергетичних рівнів і для отримання відомостей щодо механізму генерації, переносу і рекомбінації носіїв заряду також досліджували спектри поглинання і фотолюмінесценції розчинів речовини у спирті та плівок речовин на кварцевих підкладках, отриманих термічним напленням у вакуумі або осадженням із розчину. Розчин похідного акридину (рис. 2, крива 1) має три області інтенсивного поглинання: 200–250, 250–300 і 300–370 нм. Спектр поглинання плівок (рис. 2, крива 2), особливо його довгохвильова область зсунута у бік менших енергій фотонів. “Синя” плівка має смугу поглинання у видимій області спектра – при 600 нм. Зміна спектра зі зміною температури випарника і поява додаткового поглинання у плівці зумовлені зміною форми молекули.

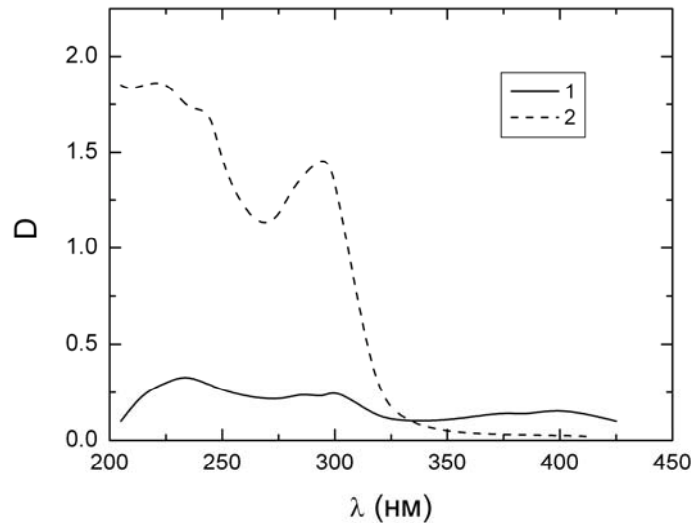


Рис. 2. Спектри поглинання плівок отриманих при температурі випарника 500 К (крива 1) і 540 К (крива 2)

Колір плівок пояснюють наявністю у молекулах довгохвильової полоси поглинання, зумовленої оптичними переходами з внутрішньо молекулярними переносами заряду.

Збіг спектральних залежностей поглинання, фотопровідності і фотоелектрорушійної сили похідного акридину в області 300 – 400 нм дає підстави робити висновок про те, що у досліджуваних структурах у генерації носіїв заряду має місце екситонний і домішковий механізми генерації носіїв. Важливими також є носіяї заряду інжектвані з електродів.

Отже, досліджувана сполука володіє сукупністю низки характеристик – залежністю фотоструму від величини і полярності прикладеної напруги, температури вимірювань, довжини хвилі світла й інтенсивності світлового потоку; залежністю спектральних характеристик фото поляризації, поглинання і фотолюмінесценції від температури вимірювань та технології приготування зразків. Подальші дослідження цих структур перспективні не лише для з'ясування механізмів проходження явищ, але можуть мати практичне використання. Так, у досліджуваних структурах виявлено піроелектричний ефект [4, 6] за наявності зовнішнього електричного поля $E \cong 10^6$ В/м. Величина піроелектричного коефіцієнта становить 10^4 Кл/м²К.

Отримані піроелектричні передавачі інфрачервоної області спектра мають питому виявну здатність порядку 10^6 – 10^7 см Вт⁻¹Гц^{1/2} залежно від структури плівки, підкладки, а також величини прикладеного електричного поля.

1. *Силинши Э.А.* Электронные состояния органических молекулярных кристаллов // Рига: Зинатне, 1978. 344с.
2. *Гутман Ф., Лайонс Л.* Органические полупроводники // Пер. с англ. М., Мир, 1970. 696 с.
3. *Поуп М., Свенберг Ч.* Электронные процессы в органических кристаллах // Пер. с англ. М., Мир, 1985. Т. 1. 696 с, Т. 2. 462 с.
4. *Кременчугский Л.С.* Сегнетоэлектрические приемники излучения // К.: Наукова думка, 1971, 233 с.
5. *Ковальский П.Н., Шнейдер А.Д.* Фотоэлектрический эффект у полупроводниках // Л.: Вища школа. 1977. 150 с.
6. *Кременчугский Л.С., Ройцина О.В.* Пироэлектрические приемники излучения // К.: Наук. думка, 1979. 383 с.
7. *Свердлова О.В.* Электронные спектры в органической химии // Л.: Химия, 1973. 248 с.

INVESTIGATION OF PHOTOELECTRICAL PROPERTIES OF AKRIDIN BASED ORGANIC SEMICONDUCTOR

M. Kravtsiv^{1,2}, V. Boychuk¹, O. Shpotyuk², I. Hadzaman^{1,2}, M. Medvid¹

¹*Drohobych State Pedagogical University,
24 Franko Str., 82100 Drohobych, Ukraine
e-mail: sndlnd@drohobych.net*

²*Scientific Research Company "Carat"
202 Stryjska Str., 79031 Lviv, Ukraine,
e-mail: shpotyuk@novas.lviv.ua*

In the present work the results of research of the akridin based organic semiconductor have been demonstrated. The absorption spectra, photoluminescence and photoconductivity of the structure, obtained by thermal evaporation in vacuum at the different temperature of evaporator, have been measured. The photoelectrical state and pyroelectrical properties have been detected for the material studied. The experimental results observed have been explained by photogeneration of the carriers and their injection from electrodes.

Key words: organic semiconductor, thin films, photoconductivity, photoelectrical state, pyroelectrical effect.

Стаття надійшла до редколегії 29.05.2006
Прийнята до друку 09.06.2008