Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian National Scientific Journal

№3 (95)

2016

Техніка енергетика транспорт АПК

ТЕХНІКА, ЕНЕРГЕТИКА, ТРАНСПОРТ АПК

Журнал науково– виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою "Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту".
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644– 5116 ПР від 30.04.2010 р..

Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2016. – №3 (95) – 249 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 3 від 30.09.2016 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

Журнал є друкованим засобом масової інформації, який внесено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Додаток 12 до наказу Міністерства освіти і науки України 16.05.2016 № 515).

Національна редакційна колегія:

Головний редактор

Калетнік Г.М. – д.е.н., проф., академік НААНУ, Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Паламарчук І.П. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Друкований М.Ф. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет
Анісімов В.Ф. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет
Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет
Сивак І.О. – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет
Огородніков В.А. – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет
Бурдо О.Г. – д.т.н., проф., академік АНТКУ, Одеська національна академія харчових технологій
Гунько І.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет
Матвійчук В.А. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет
Цуркан О.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет
Булгаков В.М. – д.т.н., проф., академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України
Солона О.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет
Іванов М.І. – к.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет
Кондратюк Д.Г. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет
Любін М.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет
Пришляк В.М. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет
Середа Л.П. – к.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет
Веселовська Н.Р. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет
Гевко Р.Б. – д.т.н., проф., Тернопільський національний економічний університет
Бандура В.М. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Володимир Крочко – д.т.н., проф., Словацький аграрний університет (м. Нітра, Словакія)
Януш Новак – д.т.н., проф., Люблінський аграрний університет (м. Люблін, Польща)
Маріан Веселовськи – д.т.н., проф., Люблінський природничий університет (м. Люблін, Польща)
Зденко Ткач – д.т.н., проф., Словацький аграрний університет (м. Нітра, Словакія)
Семенс Івановс – д.т.н., проф., Латвійський аграрний університет (м. Улброка, Латвія)
Людвікас Шпокас – д.т.н., проф., Університет Олександра Стулгинського (Литва)
Марош Коренко – д.т.н., проф., Словацький аграрний університет (м. Нітра, Словакія)
Ян Франчак – д.т.н., проф. Словацький аграрний університет (м. Нітра, Словакія)
Володимир Юрча – д.т.н., проф., Чеський університет сільського господарства (м. Прага, Чехія)
Гражина Езевська– Вітковська – д.т.н., проф., Люблінський аграрний університет (м. Люблін, Польща)

Відповідальний секретар редакції **Цуркан О.В.**, кандидат технічних наук, доцент
Технічний редактор **Зозуляк О.В.** Графічний дизайнер **Янович В.П.**
Редагування, корекція й переклад на іноземну мову Матієнко О.С., Марцінко Т.І.
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет, тел. 46– 00– 03
Сайт журналу: ***http://tetapk.vsau.org/*** **Електронна адреса:** ***tehnovnau@mail.ru***

ЗМІСТ

МАШИНОВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ

Kaletnik H., Adamchuk V., Bulgakov V., Kyurchev V., Nadykto V.
MAIN PROBLEMS IN THE FIELD OF AGRICULTURAL MECHANIZATION IN UKRAINE……6
Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Адамчук В.В., Борис М.М., Ігнатьєв Є.І.
ВЛАСТИВОСТІ ГИЧКИ ЦУКРОВОГО БУРЯКА ПРИ ЇЇ ЗБИРАННІ…….13
Барановський В. М., Пулька Ч.В., Паньків М.Р., Теслюк В.В.
ЕНЕРГООЩАДНИЙ СПОСІБ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ ……21
Головач І.В., Дерев'янко Д.А., Дерев'янко О.Д.
ЗНИЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ НАСІННЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ГУМОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИСТКИ ……...……26
Грицун А.В., Бабин І.А., Сінгаєвський В.П.
ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ МОБІЛЬНОГО ПОДРІБНЮВАЧА-РОЗДАВАЧА ГРУБИХ КОРМІВ……..……..31
Любін М.В., Токарчук О.А., Єленіч М.П.
РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРИГОТУВАННЯ КОРМОСУМІШІ ЗА ДОПОМОГОЮ СКРЕБКОВОГО ТРУБЧАСТОГО ТРАНСПОРТЕРА-ЗМІШУВАЧА……..……35
Павленко С.І.
ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ГНОЄ-КОМПОСТНОЇ СУМІШІ РОБОЧИМ ОРГАНОМ ЗМІШУВАЧА-ФОРМУВАЛЬНИКА БУРТІВ……...…….42
Паламарчук І.П., Горбатюк Р.М., Зозуляк І.А.
РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ З АКТИВАТОРОМ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА……..48
Паламарчук І.П., Похвалюк С.Г., Бандура В.М., Буряк М.М.
КУЛЬТИВАТОР ДЛЯ СУЦІЛЬНОГО І МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ ДО АДАПТОРА ДЛЯ МОТОБЛОКУ "МОТОР СІЧ"…….….52
Пришляк В.М., П'ясецький А.А., Бурлака С.А.
ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ, АДАПТОВАНИХ ДЛЯ ЧАСТКОВИХ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕННЯ ……..…….57
Пономаренко Н. О., Ільченко В.Ю., Яропуд В.М., Усенко А.І.
АРГУМЕНТАЦІЯ СЕРЕДНЬОЇ ВІДСТАНІ ПРОБІГУ ПЕРЕСУВНИХ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН……..…….63
Спірін А.В., Твердохліб І.В., Лановий М.М.
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОДУКТИВНОСТІ МАШИНИ ДЛЯ ВИТИРАННЯ НАСІННЯ.....67
Труханська О.О.
ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ПОШКОДЖЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ КОМБІНОВАНОЇ ОЧИСНОЇ СИСТЕМИ……..76
Цуркан О.В., Герасимов О.О., Коломієць О.С., Присяжнюк Д.В.
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ОЗОНУ В ПІСЛЯЗБИРАЛЬНІЙ ОБРОБЦІ ЗЕРНА……..80
Шленський О.Б., Середа Л.П.
ТЕХНОЛОГІЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ «СТРИП-ТІЛ» - ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ ПОРІВНЯНО З ІНШИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ……...……85

ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Гунько І.В., Коваль Л.Г.
ЕНЕРГООЩАДНІ БЕЗКОНТАКТНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ……....89

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Бандура В.М.
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФРАЧЕРВОНОГО ТА МІКРОХВИЛЬОВОГО ПОЛЯ В

ПРОЦЕСІ ПЕРЕРОБКИ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР……....94
Бандура В.М., Коляновський О.М.
ПОСИЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ ІЗ РІПАКУ ……...….102
Власенко В.В., Бондар М.М., Семко Т.В., Соломон А.М.
ФУНКЦІОНАЛЬНІ ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ З НАПОВНЮВАЧАМИ……106
Власенко В.В., Крижак С.В., Петлюк Л.А., Крижак Л.М.
ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ М'ЯСНОГО ФАРШУ З СТАРТОВОЮ КУЛЬТУРОЮ РЦІ-47……...…….110
Дзісь В.Г., Ярошенко Л.В., Олійник А.І.
СУШАРКА З ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ СТІРЛІНГА……..…114
Крижак С.В., Власенко В.В., Коляновська Л.М., Новгородська Н.В.
ЗМІНИ ДИНАМІКИ НАКОПИЧЕННЯ ЛЕТКИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ, ВМІСТУ ВОЛОГИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ У ВИРОБНИЦТВІ КОВБАС……...117
Котов Б.І., Степанеко С.П.
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТИТЕЧІЙНОЇ ПОДАЧІ МАТЕРІАЛУ В ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ ПОВІТРЯНИЙ ПОТІК...121
Паламарчук І.П., Янович В.П., Купчук І.М.
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНОВОЇ КРОХМАЛОВМІСНОЇ СИРОВИНИ ЯК ОБ'ЄКТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДІЇ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА……..126
Паламарчук І.П., Янович В.П., Купчук І.М.
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНОВОЇ КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА……...……130
Пришляк В.М., Завальнюк П.Г.
НАУКОВО ОБҐРУНТОВАНІ СПОСОБИ, МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ НА СУШІННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ……...…..…135
Солона О.В., Котов Б.І., Спірін А.В., Калініченко Р.А.
СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ТЕПЛОВОЇ І МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ НА КОРМ…….139

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

Веселовська Н.Р., Яремчук О.А.
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО СЛІДКУЮЧОГО ПРИВОДУ З ЧОТИРЬОХ ЩІЛИННИМ ДРОСЕЛЬНИМ РОЗПОДІЛЬНИКОМ……..143
Дубчак В.М.
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ОДНІЙ ПРИКЛАДНІЙ ЗАДАЧІ…….151
Краєвський В.О.
АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МАКСИМІЗАЦІЇ НАКОПИЧЕНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ БАГАТОСТУПЕНЕВОМУ ГАРЯЧОМУ ДЕФОРМУВАННІ…….155
Матвійчук В.А., Бубновська І.А.
АНАЛІЗ СХЕМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПРЕСОРНИХ ЛОПАТОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОПЕРАЦІЇ ГАРЯЧОГО ВАЛЬЦЮВАННЯ…….160
Матвійчук В.А., Явдик В.В.
РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ВИРОБІВ З ДНИЩАМИ І ГОРЛОВИНАМИ……...166
Найко Д.А.
РОЗВИТОК ТЕОРІЇ АПРОКСИМАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ ТИПУ ПОЛІНОМІВ БЕРНШТЕЙНА……...171
Штуць А.А., Матвійчук В.А.
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ ТРУБНИХ ЗАГОТОВОК…….. 178

ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Веселовська Н.Р., Гуцаленко О.В.
ВОДНЕВЕ ПАЛИВО ДЛЯ ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ – АЛЬТЕРНАТИВА

ТРАДИЦІЙНОМУ……..185
Друкований М.Ф., Алексевич І.М., Ковальова І.М.
ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЯ……190
Комаха В.П., Рябошапка В.Б.
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ЕФЕКТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНА ТА ТЯГОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ ТЯГОВО-ПОТУЖНІСНОГО БАЛАНСУ……..…..193
Лежнюк П.Д., Гунько І.О., Рубаненко О.Є., Малогулко Ю.В.
ОПТИМІЗАЦІЯ СЕКЦІОНУВАННЯ В ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З РІЗНОТИПНИМИ РОЗПОДІЛЕНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ……...……199
Прядько В.А., Рубаненко О.О.
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ МЕТОДИ, ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВЕРМИКОМПОСТУВАННЯ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ПОБУТУ……..……206
Sanan Eminov
FRUCTOSE CONVERSION TO 5-HYDROXYMETHYLFURFURAL (HMF) CATALYZED BY METAL HALIDES IN IONIC LIQUIDS……..……..211
Стаднік М.І., Рубаненко О.О., Бондаренко С.В.
ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА СОНЯЧНІЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ВІДНОСНО ЇЇ ВСТАНОВЛЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ……..213
Хомяковський Ю.Л.
СОЦІАЛЬНІ ТА ПЕДАГОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ……...……221
Шевчук О.Ф.
ПЛІВКИ C_{60}, ЯК ЕФЕКТИВНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ……...……226
Яцковський В.І., Яцковська Р.О.
ВИКОРИСТАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ ТЕПЛОВОГО РОЗРАХУНКУ ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДАХ ПАЛИВА……....231

ТРАНСПОРТНІ ТА ТРАНСПОРТНО - ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Любін М.В., Токарчук О.А., Яропуд В.М.
ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ КРУТОПОХИЛЕНИХ ГВИНТОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ……...……....235
Паладійчук Ю.Б., Тарасюк Ю.М.
ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНІСТІ КОНСТРУКЦІЙ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ...….241

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Стадник Н.И.
МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В АПК……..…245

УДК 523.72:620.91

ПЛІВКИ C_{60}, ЯК ЕФЕКТИВНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Шевчук Олександр Федорович *к.ф.м.н., доцент*
Вінницький національний аграрний університет
Shevchuk A.
Vinnytsia National Agrarian University

Анотація: *в роботі наведено результати досліджень фоточутливості модифікованих плівок C_{60}, як ефективних фотоперетворювачів.Розглянута можливість дослідження фотоелектричних властивостей фулеренів за рахунок застосування притискних електродів через проміжний шар рідини.*

Ключові слова:*фулерен, плівка C_{60}, фоточутливість, двошарові структури.*

Вступ

В сучасних умовах енергетичної кризи, гостро стоїть проблема освоєння відновлюваних джерел енергії. Раціональне використання, наприклад, сонячного випромінювання здатне забезпечити всі сьогоднішні потреби в енергетиці. Сонце - джерело енергії надзвичайно великої потужності. Термоядерна реакція, яка відбувається на Сонці призводить до виділення $4 \cdot 10^{20}$ Дж енергії щосекунди. Лише 22 дні сонячного випромінювання за сумарною потужністю, що надходить на Землю, еквівалентне всім запасам органічного палива на планеті.

Пряме перетворення сонячної енергії в електричну може бути здійснене з використанням фотоелектричного ефекту.Для цього, як правило, застосовують кремнієві сонячні елементи (СЕ), коефіцієнт корисної дії (ККД) яких складає близько20 %.Але вартість отримання чистого кремнію досить велика. Кремній, в якому на 10 кг продукту припадає не більше 1 гр домішок коштує стільки ж, скільки збагачений уран для електростанцій. Тому, актуальнимиє питаннящодо технологічногозменшення вартості виготовлення сонячних елементів та підвищення їх ККД.

Іншим перспективним напрямком досліджень є застосування нанотехнологій у виробництві СЕ. Відомо, що активний шар в якому відбувається генерація і поділ носіїв заряду в органічних напівпровідниках становить десятки нанометрів. Отже, перспективні і багатофункціональні органічні фоточутливі матеріали можуть бути отримані засобами нанотехнологій.Такими ефективними органічними фоточутливими наноструктурами, як відомо [1-5] є фулерени.

При дослідженні цих матеріалів найбільших ефективностей фотоперетворення вдалося досягти у випадку коли фуллерен є складовою частиною молекули, в якій внаслідок хімічних реакцій синтезу прикріплюється функціональні групи, що сприяють подальшій зшивці молекул.Хоча і сам процес формування плівок на основі полімеризації молекул фулеренів з прикріпленими групами є сам по собі досить простим, однак він висуває певні вимоги до чистоти вихідного матеріалу (тобто синтезу, виділенню і очищенню речовин зі складними за структурою і хімічним складом молекулами).

Альтернативою полімеризації за рахунок синтезу молекул мономерів на основі фулеренів можуть бути різні методи модифікації і, зокрема хімічна модифікація плівок C_{60}. Важливо відзначити, що модифікація плівок фулеренів може здійснюватися вже на етапі виготовлення фотоперетворювачів. З практичної точки зору, це є досить перспективним, оскільки на основі певного вихідного матеріалу, в залежності від способу модифікації, можна отримувати різні за функціональними властивостями матеріали. Отже, ***метою даної статі*** є визначення впливу модифікації структури фулеренів на їх чутливість до впливу світла.Ще одне завдання, яке вирішується в даній роботі стосується технології фоточутливих структур.

Модифіковані плівки C_{60}

Для одержання плівок використовували хімічно очищений C_{60} (концентрація неконтрольованих домішок складала менше як 1 мас.%).Шари C_{60} наносили на скляну підкладку, покриту провідним та прозорим у видимій ділянці спектру шаром ІТО (суміш окислів індію та олова) за допомогою термічного напилювання при кімнатній температурі та тиску 10^{-6} Торр. Товщина зразків складала 100 нм. Досліджували зразки трьох типів. Для контролю змін зумовлених різними факторами (про них мова буде йти далі) досліджували немодифіковані (референтні) зразки. Як один із видів модифікації використовували опромінення Kr-F лазером на довжині хвилі 248 нм [6]. Довжина імпульсу складала 30 нс, а частота слідування імпульсів 10 Гц. Опромінення проводилось при атмосферному тиску у повітряній атмосфері при кімнатній температурі упродовж 30 секунд.

Загальна доза при опроміненні складала 50 мДж/см^2.

На основі порівнювання раманівських спектрів модифікованого та референтного зразків, а також значно меншій розчинності УФ-опроміненого зразка (порівняно з референтним зразком) у толуолі було зроблено висновок, що така модифікація плівок C_{60} призводить до полімеризації (принаймні, часткової) молекул фулерену [6].

Іншим методом модифікації плівок C_{60} була обробка в парах аміду (1,8-октанодіамін). Модифікація відбувалась в спеціально розробленому реакторі. Обробка плівок C_{60} проводилась при тиску парів аміду 1 Тор при температурі 150° С впродовж 3 годин. Як і у випадку УФ-опромінених зразків, інфрачервоні та раманівські спектри показали що хімічна обробка також призводить до полімеризації молекул C_{60}. Термічне напилювання плівок, модифікація та дослідження їх структури було проведено в Universidad Nacional Autonoma de Mexico (Mexico).

На рис. 1 наведено спектри поглинання плівок C_{60}: обробленого УФ лазером (крива 1), не модифікованого (крива 2) та обробленого в парах аміду (крива 3). З порівняння цих результатів можна зробити наступні висновки:

1. Модифікація не приводить до зміни положень смуг поглинання.
2. Обробка в парах аміду приводить до зменшення поглинання (по відношенню до поглинання не модифікованої плівки), а обробка УФ лазером збільшує поглинання плівки C_{60}.

Перший висновок особливих пояснень не потребує, бо, як відомо, спектри молекулярних кристалів та полікристалічних плівок досить близькі до спектрів молекул. Застосовані методи модифікації не могли суттєво вплинути на властивості молекул, а отже і змістити положення смуг поглинання.

Найпростішим поясненням зміни величини оптичної густини плівок при модифікації їх структури, може бути зміна товщини плівки. Максимальну зміну товщини (зменшення) слід було чекати при обробці УФ лазером. Але, саме при такій модифікації структури плівок, як це випливає з рис. 1, оптична густина є найбільшою. Тому, для пояснення різниці в величині оптичної густини плівок 1, 2 та 3 слід припустити, що в залежності від методу модифікації, упорядкування молекул в плівці є різним. Найімовірніше, що при обробці УФ лазером часткова полімеризація відбувається в напрямі перпендикулярному до поверхні (у напрямі поширення світла при вимірюванні спектрів поглинання). А при обробці в парах аміду полімеризація найефективніше відбувається в площині плівки (тобто перпендикулярно до напряму поширення світла при вимірювання спектрів поглинання.

Будова вимірювальної комірки

Для підвищення ефективності перетворення світла в фотоперетворювачах зазвичай використовуються прозорі провідні електроди (ITO), нанесені на скляні підкладки.Нанести фотопровідний органічний шар на шар ITO технічно ніяких проблем не становить.Складнішою є проблема створення верхнього електрода.У більшості випадків для цього застосовують термічно нанесені шари Al [3, 5] або Au [2].Однак, в цьому випадку є велика ймовірність зміни властивостей самої плівки фулерену внаслідок проникнення атомів металу в об’єм органічного шару.Тому,нами був запропонований метод дослідження фотоелектричних властивостей фулеренів із застосуванням притискних електродів через проміжний шар рідини.В такому випадку, можна легко змінювати не тільки електрод, а й хімічний склад рідини.

У вимірювальних комірках на один із електродів (умовно назвемо його нижнім електродом) вже було термічно нанесено плівку C_{60} (модифіковану або не модифіковану). На поверхню наносився шар рідини і за допомогою струбцини прижимався верхній прозорий у видимій області електрод (рис. 2).

Рідини використовували як для забезпечення надійного контакту з верхнім електродом, так і для вивчення впливу різних рідких середовищ на фотогенераційні та транспортні характеристики такого типу структур. Як ізотропні рідини використовували гліцерин (чда) та дистильовану воду.

При наближенні електродів за допомогою струбцини контролювалась ємність зразків. Електроди наближались один до одного доти, доки невеликі повороти прижимних гвинтів не приводили до зміни ємності. В цьому випадку товщина шару рідини задавалась її в’язкістю та поверхневим натягом. Як показали проведені оцінки, найбільшу товщину мав шар СЕРК, а найменшу – шар дистильованої води.

Для оцінки впливу різних рідин важливо було використати одні і ті ж плівки C_{60}. Рідини наносились у такій послідовності. Спочатку досліджувались зразки з проміжним шаром гліцерину. Оскільки гліцерин досить добре розчиняється у воді, то в наступному етапі дослідження проводили з дистильованою водою (плівка C_{60} з нанесеним гліцерином промивалась в дистильованій воді і перед прижимом верхнього електрода на неї наносилась чиста дистильована вода). Важливо зазначити, що

використання прижимного електрода давало можливість змінювати не лише хімічний склад рідини, але і хімічний склад електрода. Така можливість зміни матеріалу електрода є перспективним експериментальним способом для подальших досліджень.

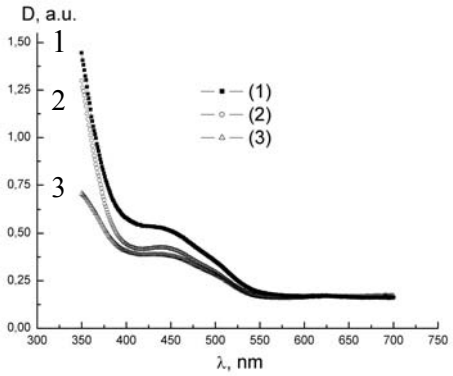


Рис. 1. Спектри поглинання плівок C_{60}: обробленого УФ лазером (крива 1), не модифікованого (крива 2) та обробленого в парах аміду (крива 3)

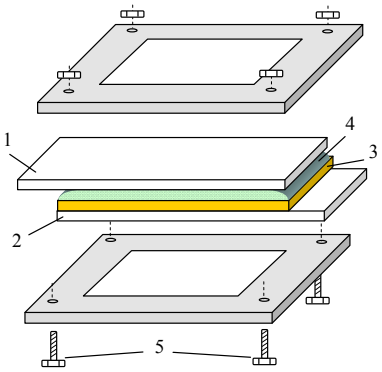


Рис. 2. Будова вимірювальної комірки: 1 – верхній електрод; 2 – нижній електрод; 3 – плівка C_{60}4 – шар рідини; 5 – прижимні гвинти

Наявність шару рідини між плівкою фулерену та верхнім електродом могло призвести до часткового переходу молекул C_{60} в рідину і, внаслідок цього, до зміни властивостей зразків (такий ефект спостерігали в роботі [7]). Тому, важливо було дослідити стабільність параметрів отриманих структур. Тривалі дослідження (упродовж кількох місяців) показали, що навіть при дії світла не відбувається зміна параметрів зразків з часом. Тобто, досліджувані плівки C_{60} виявились достатньо стійкими до дії зовнішніх факторів. Підставою для такого твердження може бути полімеризація (навіть часткова) таких плівок при дії УФ – опромінення та при обробці в парах аміду.

Експериментальні результати та їх обговорення

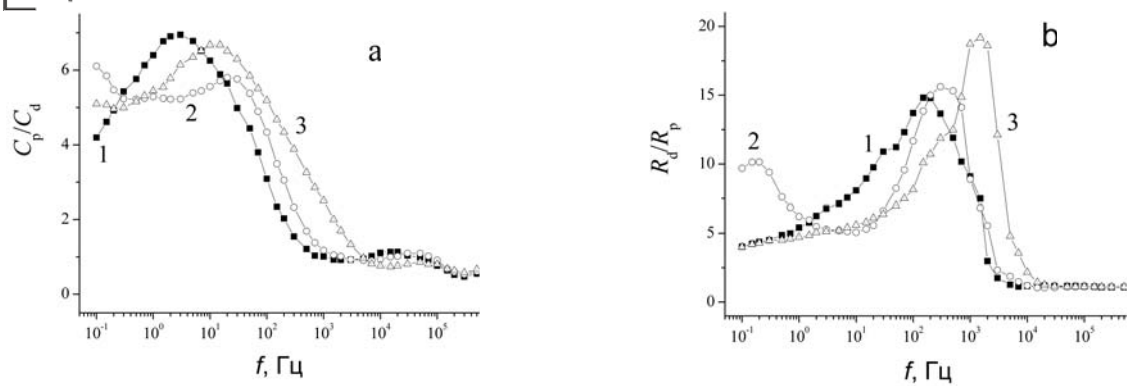
Оскільки розподіл електричного поля для зразків з двошаровою структурою є неоднорідним вусьому діапазоні частот,то фотоелектричні властивості зразків аналізували за зміною ємності і опору під дією світла. Значення C та R вимірювались в діапазоні 10^{-3}-10^{6} Гц за допомогою осцилоскопічного методу [8]. Освітлення зразків проводилось сфокусованим світлом галогенної лампи розжарювання потужністю 100 Втяк за допомогою немонохроматичногосвітла, так і з використанням інтерференційного фільтра з максимумом пропускання для довжини хвилі λ =485 нм. Така довжина хвилі близька до максимального поглинанняплівок C_{60}.Для зменшення нагрівання зразків за рахунок інтенсивної інфрачервоної області випромінювання лампи розжарювання застосовувався водяний фільтр.

Всі виміри проведено при температурі 293 К.

Експериментальні даніпоказали, що фоточутливість двошарових структур C_{60} – дистильована вода є досить малою і тому детальних досліджень на цих структурах проведено не було. Дані для структур C_{60} – дистильована вода будуть використані нами лише для визначення наскільки сильно на властивості двошарових структур C_{60} – ізотропна рідина впливають властивості самої рідини.

Фоточутливішими виявились двошарові структури C_{60} – гліцерин, і тому основну увагу буде зосереджено саме на аналізі їх властивостей.

На рис. 3 *а* наведено частотну залежність відношення ємності C_p, виміряної при освітленні з боку нижнього електроду, до ємності C_d, виміряної в темноті, для трьох різних типів зразків. Із отриманих даних видно, що відношення C_p/C_d, має чіткий максимум в інтервалі частот 10^0 – 10^2Гц (найчіткіше це спостерігається для зразків 1 і 3). При цьому максимальне значення C_p/C_d перевищувало 6. Така велика зміна ємності не може бути викликана змінами поляризаційних властивостей молекул фулеренів при опромінюванні світлом, а найімовірніше, зумовлена зміною параметрів приелектродних шарів (при дії світла товщина приелектродного шару зменшується).



а *б*

Рис. 3. Частотна залежність відношення C_p/C_d(а) та відношення R_d/R_p (б) для трьох різних типів зразків (плівка C_{60} – гліцерин)[9]

Важливо також відзначити, що як частота, при якій значення C_p/C_d має максимум, так і саме максимальне значення C_p/C_d залежить відтехнології виготовлення плівок C_{60}. Причому, в зразках 2 і 3 із пониженням частоти спостерігається перехід можливо до іншого максимуму. З цього виходить, що запропонована методика аналізу фотоелектричних властивостей зразків дозволяє досліджувати, як впливають різні технологічні фактори на фотоелектричні властивості різних речовин і, зокрема, фулеренів.

Оскільки гліцерин не поглинає світло у видимому діапазоні світла, то зміна ємності, при освітленні структур, зумовлена зміною параметрів приелектродної області переважно в шарі фулерену.

Як і у випадку ємності, важливо проаналізувати відносні зміни опору зразків при освітленні вусьому інтервалі частот. Частотну залежність відношення опору, виміряного в темноті R_d до опору, виміряного при освітленні R_p, наведено на рис. 3 *б*. Чітко видно, що, як і для відношення ємностей, спостерігаються максимуми, причому не лише відношення R_d/R_p в максимумі більше (для зразка 3 воно досягає майже 20, тоді як максимальне значення $C_p/C_d \approx 7$), але і положення максимуму зсувається в область більших частот (в порівнянні з відповідним положенням для максимумів C_p/C_d). Відмінності між рис. 3 *а* і рис. 3*б* якісно можна пояснити, в припущенні, що досліджувані структури складаються з двох шарів (C_{60} і рідини). Зміна параметрів C_{60} під дією світла призводить до перерозподілу електричного поля, яке буде різним для ємностей і опорів структур.

В роботі [9] на основі аналізу частотних залежностей темнових значень ємності C та опору R двошарових структур C_{60} – гліцерин було розділено процеси, зумовлені змінами в приелектродних областях, від процесів, зумовлених зміною об'ємних властивостей зразків. Експериментально показано, що перехід між ними можна описати на основі "класичного" ефекту міжшарової поляризації Максвела-Вагнера. Проте розглянутий процес релаксації є складнішим для аналізу, ніж класичний ефект, оскільки потрібно враховувати не лише об'ємні, але і приелектродні процеси.

Якщо порівняти дані для випадку гліцерину з даними для дистильованої води, то можна зробити такий висновок: для створення умов коли при певних частотах електричне поле буде прикладене до приелектродного шару C_{60}, потрібно мати рідину з певними властивостями. Це пов'язано не лише з провідністю рідини, але й з її в'язкістю (саме цей параметр впливає якою буде товщина шару рідини). Оцінки товщини шару води по ємності C_0 показали, що вона у декілька разів менша за товщину шару гліцерину. Відсутність умов різкого переходу від стану, де електричне поле прикладено до об'ємного шару рідини, до стану, коли поле прикладено до приелектродного шару фулерену, у разі, коли між верхнім електродом і плівкою C_{60} була вода, призводить до того, що фоточутливість структур різко зменшується. Тому, оптимізація параметрів структур з верхнім прижимним електродом повинна полягати в підборі не лише органічної плівки, але й хімічного складу рідини.

Висновки

Показано, що при аналізі фоточутливості органічних структур, і зокрема фулеренів, перспективним і не впливаючим на поверхню органічної плівки, є метод використання притискних електродів через шар рідини.

З'ясовано, що максимальна фоточутливість двошарових структур рідина – плівка C_{60} реалізується в режимі Максвелл-Вагнерівської поляризації між приелектродними шарами рідини і

фулерену. Такий режим реалізовано для структур гліцерин – плівка C_{60} і може бути використаний для розробки ефективних фотоперетворювачів.

Список літератури

1. Dyakonov V. Electrical aspect of operation ofpolymer-fullerene solar cells / V. Dyakonov // Thin Solid Films. – 2004. – V. 451-452.–p. 493-497.

2. Umeda T. Fabrication of interpenetratingsemilayered structure of conducting polymer andfullerene by solvent method and its photovoltaicproperties / T. Umeda, Y. Hashimoto, H. Mizukami, A. Fujiiand K. Yoshino // Jpn J. Appl. Phys. – 2005. – V. 44, N 6A, p. 4155-4160.

3. Camaioni N.Solar cells based onpoly(3-alkyl)thiophenes and [60] fullerene: acomparative study / N. Camaioni, L. Carlaschelli, A. Geri, M. Maggini,G. Possamai and G. Ridolfi // J. Mater. Chem. 12, – 2002. – p. 2065-2070.

4. Koster L.J.A. Device model for the operation ofpolymer / fullerene bulk heterojunction solar cells / L.J.A. Koster, E.C.P. Smits, V.D. Michaletchi, P.W.M. Blom // Phys. Rev. E 72, – 2005. – 085205.

5. MozerA. J. Timedependentmobility and recombination of thephotoinduced charge carriers in conjugatedpolumer/fullerene bulk heterojunction solar cells / A.J. Mozer, G. Dennler, N.S. Sariciftci, M. Westerling, A. Pivricas, R. Osterbacka, G. Juska // Phys. Rev. E 72, – 2005. – 035217.

6. Alvarez-Zauco E. Polymerization of C60 fullerene thin films byUV pulsed laser irradiation / E.Alvarez-Zauco, H.Sobral, E.V.Basiuk, J.M.Saniger-Blesa, M.Villagra´n-Muniz // Appl. Surf.Scie. – 2005. – V.248. – P.243–247.

7. Boiko O. Photonoltaic properties of C60/liquid crystal composites and heterostructures / O. Boiko, A.Verbitsky // Mol. Cryst. Liq. Cryst. – 2002. –V.384. –No.1. – P.85–91.

8. Koval'chuk A.V. Low frequency spectroscopy asinvestigation method of the electrode-liquidinterface / A.V. Koval'chuk // Functional Materials 5, N 3, – 1998. – p. 428-430.

9. Koval'chuk A.V. Photodielectrical properties of the modified C_{60} films. Maxwell – Vagner-type polarization between near-electrode and bulk layers / A.V. Koval'chuk, A.F. Shevchuk, D.A. Naiko, T.N. Koval'chuk // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. – 2005. – V.8. – № 3. – P. 92 – 99.

ПЛЕНКИ C_{60}, КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Аннотация: *в работе приведены результаты исследований фоточувствительности модифицированных пленок C_{60}, как эффективных фотопреобразователей. Рассмотрена возможность исследования фотоэлектрических свойств фуллеренов за счет применения прижимных электродов через промежуточный слой жидкости.*

Ключевые слова: *фуллерен, пленка С60, светочувствительность, двухслойные структуры.*

C_{60} FILMSAS EFFECTIVE PHOTOELECTRIC CONVERTERS OF SOLAR RADIATION

Summary: *this paper presents the results of photosensitivity modified C_{60} films as efficient solar cellsresearch. The possibility of fullerene photovoltaic properties research through the use of clamping electrodes via an intermediate layer of liquid is studied.*

Keywords: *fullerene, C_{60} film, photosensitivity, dual-layer structures.*