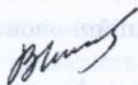


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАУКОВИЙ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР**

УДК 621.039.83

ЛИТВИНЕНКО Володимир Вікторович



**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ РЕЧОВИН
ПУЧКАМИ ЕЛЕКТРОНІВ ТА РЕЄСТРАЦІЯ
ПОЛІВ ВИПРОМІНЮВАНЬ**

01.04.20 - фізика пучків заряджених частинок

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук

Харків - 1997

АВ 39.095

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00739212 (O)

у центрі електрофізичної обробки

Науковий керівник:

доктор фіз.-мат. наук, професор
Клепиков Вячеслав Федорович.
Науково-технічний центр
електрофізичної обробки
НАН України, директор

Офіційні опоненти:

доктор фіз.-мат. наук, професор Неклодов Іван Матвійович, ННЦ
"Харківський фізико-технічний інститут", директор Інституту фізики
твердого тіла і матеріалознавства;

доктор фіз.-мат. наук, професор Азаренков Микола Олексійович,
Харківський державний університет, декан фізико-технічного
факультету;

Провідна установа:

Інститут фізики Національної академії наук України, відділ фізики
радіаційних процесів, м.Київ

Захист відбудеться " 15 " січня 1997 р. о 15²⁰ годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д 02.19.01 Наукового фізико-
технологічного центру Міносвіти України та Національної академії наук
України за адресою: 310145, м. Харків, вул. Новгородська, 1.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Наукового фізико-
технологічного центру Міносвіти України та НАН України за адресою:
310145, м. Харків, вул. Новгородська, 1

Автореферат розісланий 11 грудня 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Дем Демуцький В.П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Електронне випромінювання є одним з інструментів, що дозволяють отримувати речовини з новими фізико-хімічними властивостями. Процеси взаємодії електронного випромінювання (ЕВ) з речовиною характеризуються численними радіаційно-стимульованими перетвореннями, серед яких основними є структурні фазові переходи, ланцюжки каскадів міжатомних взаємодій, хімічні реакції та ін. Ці процеси особливо характерні для складних середовищ, що містять речовини органічної та неорганічної природи, які можуть знаходитись в різних фазових станах. Для таких середовищ властива багатоманітність процесів та явищ, що відбуваються під впливом ЕВ. Ці процеси мають різну тривалість в часі та різні принципи формування. В ряді випадків на хід процесу впливають не тільки значення поглиненої дози, але й другі параметри, що характеризують як сам опромінюваний об'єкт (ОО), так і оточуюче середовище, де відбувається опромінювання. Багато процесів, що при цьому відбувається, лише ініціюються випромінюванням, і їх подальше протікання залежить від ряду факторів, таких як температура, середовище опромінювання, присутність електромагнітних полів, та ін. Ціла низка явищ, що спостерігаються, в середовищах, які опромінюються електронними пучками, дозволила створити один із різновидів радіаційних технологій (РТ) - електронно-променеві технології. На теперішній час накопичені досить великі відомості про основні закономірності поведінки прискорених електронів в речовинах різної природи, які дозволяють розраховувати просторовий розподіл поглиненої дози та описувати протікання окремих процесів. Разом з тим, як в дослідницьких, так і в прикладних задачах існує проблема оцінки розподілу поглиненої дози всередині ОО у випадку складної комбінованої структури, а також оцінки факторів, що впливають на її розподіл. В багатьох роботах взаємодія ЕВ з різними об'єктами розглядалась з урахуванням окремих додаткових факторів, що впливають на результат опромінювання - радіаційно-стимульований вихід (РСВ). Також пропонувались методи вимірювання параметрів полів випромінювання та оцінки розподілу енергії пучка всередині ОО з урахуванням особливостей його внутрішньої структури. Аналіз досліджень, що проводились раніше, показує, що їх авторами разом з характеристиками параметрів полів випромінювання враховувались і інші фактори, такі як температура, наведений електричний заряд,

газове середовище опромінювання та інші, здатні впливати на РСВ при опромінюванні конкретної речовини. Однак, оскільки в основі процесів, що відбуваються в ОО лежать фізичні та хімічні явища різної природи, описати їх єдиним аналітичним апаратом не здається можливим. Тому вельми актуальною є проблема розробки моделі процесу обробки різних речовин ЕП, яка б виявляла та враховувала, максимальну кількість факторів та характеристик полів ЕВ, що визначають РСВ. Найбільш доцільним в цьому випадку здається розробка моделі з застосуванням принципів системотехніки та системного аналізу, які на підставі фізичних вимірювань, дозволяють проводити чисельний аналіз процесів, що відбуваються в ОО.

Контроль характеристик полів випромінювань є принципово важливим як для дослідження взаємодії випромінювання з об'єктом, так і для вимірювання розподілу випромінювання всередині об'єкта, оскільки розподіл поглиненої дози по об'єкту відбувається нерівномірно, особливо у випадку, коли розмір об'єкту перевищує товщину шару половинного ослаблення випромінювання.

Сучасна детекторна техніка, що застосовується в ядерних дослідженнях дозволяє реєструвати характеристики поля випромінювання з високим просторовим розділенням. Точність отримуваної залежності між параметрами, що характеризують стан об'єкту, і значенням поглиненої дози обмежена прецизійністю детектора випромінювання - його просторовим та енергетичним розділенням. Актуальною задачею є створення, випробування та впровадження в дослідницьких та прикладних роботах нового покоління детекторів з використанням вітчизняних матеріалів та технологій.

Необхідність проведення таких досліджень пов'язана з тим, що РТ на базі прискорених пучків електронів знаходять все більш широке застосування у світі, у тому числі в народному господарстві України. Інтенсивний розвиток даної галузі зумовлено також тим, що в багатьох випадках РТ є більш ефективними, ніж традиційні технології, а в деяких випадках - безальтернативними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.
Обраний напрям досліджень пов'язаний перш за все з виконанням Науково-технічним центром електрофізичної обробки (НТЦ ЕФО) НАН України таких науково-дослідних робіт:

держбюджетної теми НАН України "Дослідження взаємодії пучків прискорених електронів та фотонів низьких енергій з

технологічними об'єктами. Розробка технологій на їх основі." (номер державної реєстрації 0197U0010.70), виконаної в 1993-1996 р.р.;

держбюджетної теми НАН України "Дослідження радіаційно-стимульованих змін фізико-хімічних властивостей складних середовищ при опромінюванні електронами та фотонами низьких енергій. Розробка науково-технічних основ електрофізичних технологій." (номер державної реєстрації 0197U001071) період виконання 1997-2001 р.р., що є одним з основних напрямів діяльності НТЦ ЕФО НАН України;

проекту Інноваційного фонду Міннауки України №1(378) "Радіаційні та електрофізичні технології для збереження і виробництва медичної продукції", що виконувався в 1994-97 р.р.;

комплексного проекту 01.09.00/8К "Розробка електрофізичних технологій для стерилізації медичних виробів." державної науково-технічної програми 1.9. за напрямом "Здоров'я людини". (строк виконання - 1995-96 р.р.);

завдання державного контракту України №14-93 (строк виконання 1993-94 р.р.).

Дисертаційна робота за тематикою відповідає напрямам "Нові речовини та матеріали", та "Здоров'я людини" у пріоритетних напрямках розвитку науки і техніки України.

Мета та задачі дослідження. Основною метою проведеної роботи є розробка моделі процесу обробки речовин ЕП, яка дозволяла б враховувати максимальну кількість факторів, що впливають на РСВ. Реалізація такої моделі вимагає використання прецизійної детекторної техніки для реєстрації полів ЕВ.

Запропонована в дисертації модель обробки речовин ЕП передбачає аналіз фізико-хімічних перетворень та процесів, що відбуваються в опромінюваному об'єкті та в оточуючому просторі, а також розробку системи реєстрації полів ЕВ. Для цього необхідно вирішити такі задачі:

- виділити основні процеси, які відбуваються в об'єкті при опромінюванні; проаналізувати зміни механічних, оптичних, електрофізичних, температурних характеристик, які можуть відбуватись при опромінюванні;

- класифікувати фактори, що впливають на формування РСВ;

- визначити принцип формування керуючих дій на опромінюваний об'єкт з метою мінімізації факторів, що перешкоджають досягненню заданого ефекту опромінювання;

- відпрацювати режим експлуатації зразка детектора з високим просторовим розділенням в системі реєстрації ЕВ;
- визначити межі застосованості зразка детектора для реєстрації ЕВ різних енергетичних діапазонів;
- визначити стабільність роботи детектора при коливаннях температур та виявити визначальні джерела флуктуацій, які відповідають за зміни значень енергетичного розділення;
- розробити схему розміщення детекторів у моделі процесу обробки речовин ЕП.

Наукова новизна отриманих результатів. В роботі вперше запропоновано комплексний підхід до оцінки формування РСВ в складних середовищах з застосуванням апарату системотехніки та системного аналізу. Проаналізовані та класифіковані основні процеси, що відбуваються в ОО та в оточуючому середовищі при опромінюванні. Розроблено модель процесу обробки речовин ЕП, яка використовує багатовимірну векторну функцію, що враховує як характеристики поля діючого випромінювання ЕП, так і вплив факторів, що визначаються параметрами та фізико-хімічними характеристиками оточуючого середовища, де відбувається опромінювання, і самого ОО. Проведено аналіз процесів, що відбуваються в ОО, зокрема, тих, що безпосередньо можуть впливати на розподіл дози, і таким чином, визначити зону формування радіаційного впливу.

Як засіб вимірювання характеристик полів ЕВ в моделі, що розроблена, запропоновано використовувати кремнієві стріп-детектори, виготовлені в Україні. Їх конструктивне виконання дозволяє проводити дослідження зі значеннями просторового та енергетичного розділення, співвимірними з величинами, що характеризують неоднорідності полів випромінювання. Визначені енергетичні та температурні режими роботи детектора. Запропонована схема розміщення детектора в моделі процесу обробки речовин ЕП.

Практичне значення отриманих результатів дисертації полягає в тому, що вони дозволяють здійснити подальше удосконалення способів оцінки поведінки складних середовищ під впливом ЕВ, розширити уявлення про фізичну природу перетворень, що стимульовані електронними пучками. Результати дисертаційної роботи істотно покращують методика проведення радіаційно-фізичного експерименту. На основі проведених досліджень можуть бути розроблені нові РТ, які дозволять вирішити проблеми створення екологічно чистих виробництв для отримання полімерних матеріалів

із заданими радіаційно-стимульованими властивостями, стерилізації великих обсягів медичної та сільськогосподарської продукції, нанесення лакофарбових покриттів на безрозчинній основі та ін.

Особистий внесок здобувача полягає в тому, що він брав активну участь в розробці моделі процесу обробки речовин ЕП. Всі розрахункові результати по визначенню характеристик дослідженого зразка кремнієвого стріп-детектора отримані здобувачем особисто. Ним була запропонована схема розміщення стріп-детекторів в розробленій моделі. Здобувач брав безпосередню участь у проведенні експериментальних електрофізичних досліджень детектора, в обговоренні результатів досліджень та підготовці наукових статей і доповідей до публікації.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації представлені та доповідались на таких семінарах і конференціях:

III Міжнародна конференція "Физические явления в твердых телах", Харків - 1997 р.; Науковий семінар з статистичної теорії конденсованих систем, Львів.-1997 р.; "VII Международное совещание по радиационной физике твердого тела", Севастополь.-1997 г; Міжнародна конференція, присвячена 100-річчю відкриття електрона "The Centenary of the Electron (EL-100)", Ужгород.-1997р.; III Міжнародна конференція "Теория и техника передачи, приема и обработки информации", Туапсе.-1997 р.; "XV Международный семинар по линейным ускорителям заряженных частиц", Алушта.-1997 р.

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані в 5 статтях у спеціалізованих фізичних наукових журналах НАН України і в 7 тезах доповідей конференцій та семінарів.

Обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків і списку використаних джерел з 115 найменувань; вона викладена на 136 сторінках, містить 16 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, викладено зв'язок з науковими програмами, планами, темами організації, де виконувалась робота, сформульована мета і задачі дослідження, відзначена наукова новизна та практичне значення основних результатів роботи а також особистий внесок здобувача в отримані результати.

У першому розділі "Літературний огляд" проведено аналіз стану методів обробки речовин ЕП. Показано, що такий вид обробки дозволяє отримувати матеріали з заданими властивостями (в ряді випадків -унікальними), отримання яких альтернативними способами є більш складним. На підставі окремих наведених прикладів показано принципову важливість урахування ряду факторів (температура, газовий склад середовища, де відбувається опромінювання, наведений електричний заряд та ін.), що впливають на РСВ та реєстрації полів випромінювання на виході джерела, у безпосередній близькості від ОО і в робочій зоні. Робиться висновок про необхідність прецизійного формування і контролю поля випромінювання та урахування багатьох факторів, що визначають РСВ, а також дослідження нових типів детекторів ЕВ.

У другому розділі "Загальна методика та об'єкти дослідження" міститься обґрунтування поставлених в роботі задач, вибору об'єктів та методів дослідження.

Проведений літературний огляд показує, що в ряді робіт зверталась увага на необхідність створення автоматизованих експериментальних стендів на базі прискорювачів електронів для проведення досліджень прикладного та фундаментального характеру в області взаємодії пучків електронів з речовиною. Попередні дослідження показують, що процеси, які відбуваються в ОО, характеризуються багатоманітністю явищ, які залежать не тільки від параметрів діючого випромінювання, але і від багатьох зовнішніх факторів (температура, газовий склад оточуючого середовища, де проводиться опромінювання, механічних впливів та ін.), а також внутрішніх фізико-хімічних процесів, що відбуваються в ОО.

На теперішній час в Україні радіаційні технології, незважаючи на високу їх ефективність, не знайшли відповідного широкого застосування, і причиною цього в ряді випадків є неможливість контролю параметрів та оцінки стану ОО в процесі обробки. Таким чином вирішення задач, що поставлені в даній роботі, є безумовно актуальним.

Оскільки при формуванні РСВ, відбувається багато явищ, що не піддаються універсальному аналітичному опису, в роботі ставилась задача розробки моделі процесу обробки речовин ЕП і розробити систему реєстрації полів ЕВ.

В основу запропонованого підходу при розробці моделі процесу обробки речовин ЕП покладено кінетичні методи, що характеризують найбільш загальні та значущі радіаційно-стимульовані процеси. Об'єктами теоретичного аналізу були процеси радіаційного

затвердіння покриттів, взаємодії ЕВ з повітрям та утворення наведеного електричного заряду в ОО, як такі, що найбільш повно характеризують багатofакторність РСВ.

Для успішного вивчення особливостей проходження електронів через ОО потрібен детектор з достатньо високим просторовим та енергетичним розділенням. Зі всіх наявних на сьогодні засобів вимірювання диференціальних характеристик потоків прискорених електронів найбільш перспективним є нове покоління напівпровідникових мікрополоскових детекторів, так званих стріп-детекторів. В роботі досліджувались іонно-леговані кремнієві стріп-детектори з метою визначення можливості його використання в радіаційно-фізичному експерименті. Були експериментально досліджені залежності ємностей р-п переходів і струмів витіку від напруги зміщення для кожного чутливого елемента детектора. Експериментально була визначена можливість вимірювання енергії швидких електронів по величині іонізаційного ефекту в матеріалі детектора. Були визначені енергетичне розділення та ефективність реєстрації детектора. Показана хороша узгодженість експериментальних та розрахункових результатів.

У третьому розділі "Розробка моделі процесу обробки речовин пучками електронів" проведено аналіз факторів, які впливають на процес обробки матеріалів: характеристик випромінювання, наведеного електричного заряду, температури обробки, газового оточуючого середовища та ін. Показано, що РСВ може визначатись значенням кожного з наведених факторів, більш того, в процесі обробки значення окремих факторів, наприклад наведеного електричного заряду, температури, газового середовища можуть змінюватись і, таким чином, змінювати умови процесу обробки. Схема формування РСВ наведена на рис. 1

Для повного урахування всіх факторів, що впливають на процес обробки матеріалів, запропонована комплексна математична модель, що описує стан ОО. В запропонованій моделі багатовимірною векторною функцією, що описує стан ОО, \vec{a} (сукупність фізико-хімічних властивостей об'єкта) визначається виразом:

$$\vec{a} = \vec{a}(\vec{F}, \vec{U}), \quad (1)$$

де, $\vec{F} = \vec{F}(\vec{F}_\eta, \vec{F}_s, \vec{F}_z)$ - вектор діючих факторів,

\vec{F}_η - зовнішні діючі фактори (випромінювання, температура, газовий склад оточуючого середовища та ін.)

\vec{F}_s - діючі фактори, що формуються об'єктом (зміни температури в результаті ендо(екзо)термічних реакцій, газовиділення, утворення хімічно активних компонентів, тощо)

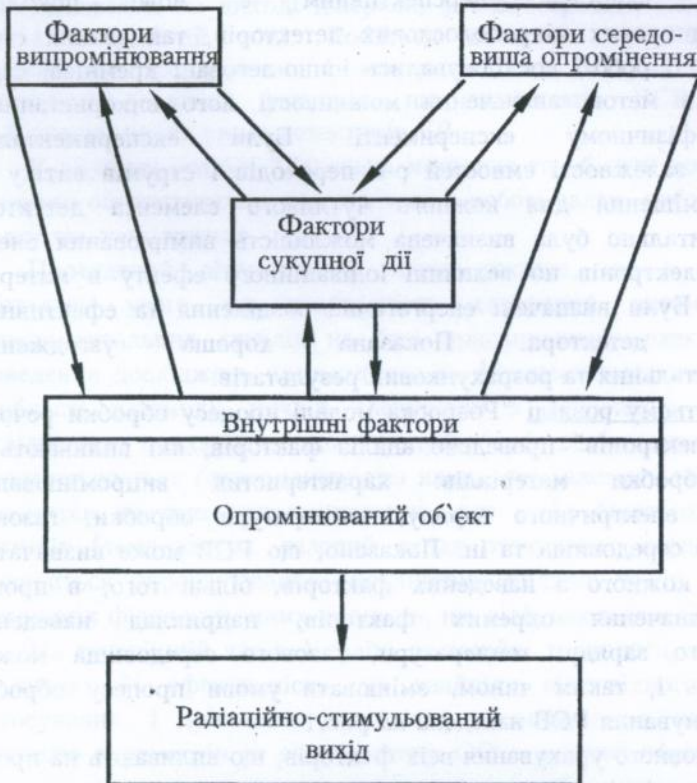


Рис. 1 Схема формування радіаційно-стимульованого виходу.

\vec{F}_z - вектор радіаційно-стимульованої реакції об'єкта на діючі фактори (відхилення пучка полем наведеного електричного заряду, газовиділення в оточуюче середовище та ін.)

\vec{U} - вектор керуючих дій (регулювання температури, створення електромагнітних полів, що формують параметри випромінювання, вентиляція зони опромінювання та ін.)

Аналіз математичної моделі здійснюється шляхом дискретизації та спрощення початкової моделі та застосування методів числового та імітаційного моделювання. Вважаючи модель, що розглядається, лінійною її можна представити у вигляді системи рівнянь в просторі станів таким чином:

$$\frac{d\vec{a}}{dt} = G\vec{a} + B\vec{u} + F\vec{d}, \quad \vec{a}(t_0) = \vec{a}_0 \quad (2)$$

де \vec{a} - n -мірний вектор станів,

\vec{d} - k -мірний вектор діючих факторів,

\vec{u} - m -мірний вектор керуючих факторів

G, B, F - матриці відповідних розмірностей.

Використовуючи перетворення Лапласа та повертаючись до оригіналів отримуємо для $\vec{a}(t)$ вираз:

$$\vec{a}(t) = e^{G(t-t_0)}\vec{a}_0 + \int_{t_0}^t e^{G(t-\tau)} [B\vec{U}(\tau) + F\vec{d}(\tau)] d\tau, \quad (3)$$

де τ - періодичність вимірювань.

Оскільки за станом ОО здійснюється дискретний контроль, то ідентифікація в n -ому стані буде визначатись за формулою:

$$\vec{a}(n \cdot \Delta t) = K^n \vec{a}_0 + \beta \sum_{i=0}^{n-1} K^{n-1-i} \cdot \vec{U}(i \cdot \Delta t), \quad (4)$$

де $K = e^{G \cdot \Delta t}$; $\beta = \int_0^{\Delta t} e^{F(\Delta t - \tau)} d\tau \cdot B$;

В моделі, що розглядається, багатовимірна векторна функція $\vec{a}(t)$ може мати n станів: $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3, \dots, \vec{a}_n$. Процес класифікації станів можна розглядати як задачу розпізнавання, побудови вирішального правила про належність вектора \vec{a} до того або іншого класу станів W_i згідно їх розташування в просторі ознак. Дискримінаційна (вирішальна) функція $f(\vec{a})$ побудована на основі баєсовської статистики. Вирішальне правило (вектор \vec{a} належить W_i) та розпізнавальна функція $f_{ij}(\vec{a})$ мають вигляд:

$$\frac{P(\bar{a}|W_i)}{P(\bar{a}|W_j)} > 1; \quad j \neq i; \quad f_{ij}(\bar{a}) = \frac{P(\bar{a}|W_i)}{P(\bar{a}|W_j)} \quad (5)$$

При класифікації вектор \bar{a} відноситься до того класу W_i , для якого значення функції $f_{ij}(\bar{a})$ є максимальним.

Модель дозволяє оптимізувати процес обробки та здійснити оцінку сумарного радіаційно-стимульованого ефекту - K_Σ .

$$K_\Sigma = K_1 \left(\bigcup_{i=1}^r N_1^i \right) + K_2 \left(\bigcup_{i=1}^r N_2^i \right) + \dots + K_n \left(\bigcup_{i=1}^r N_n^i \right) \quad (6)$$

де: K_1, K_2, \dots, K_n - вагові коефіцієнти радіаційно стимульованого ефекту по відповідним факторам дії, що враховують їх значущість,

N_1, N_2, \dots, N_n - можливі стани об'єкту за факторами дії,

r - число заданих варіантів станів об'єкта,

n - число можливих станів.

Принципове значення розробленої моделі визначається можливістю передбачення та пояснення радіаційних ефектів та створення автоматизованих радіаційних комплексів, що забезпечують обробку широкої номенклатури продукції для надання їй заданих радіаційно-стимульованих властивостей.

У четвертому розділі "Визначення електричних характеристик іонно-легованого кремнієвого детектора" наведені результати досліджень електричних характеристик багатосмужкового кремнієвого детектора, виготовленого з урахуванням вимог, що висуваються до контролю інтегральних та диференціальних характеристик полів випромінювання при обробці матеріалів електронними пучками.

Детектор складається з 40 діодних смужок, що розташовані на єдиному кристалі з кроком 400 мкм. Довжина кожної смужки становила 40 мм, ширина 350 мкм. Р-п переходи детектора леговано іонами фосфора та бора.

Були проведені дослідження зворотньої напруги зміщення, що прикладувалась до р-п переходів детектора, визначено оптимальне її значення (20 В) при якому досягається найбільша ширина збідненої зони (фактично чутливої області). Напруга понад 200 В виявилась пробивною. Проведена чисельна та експериментальна оцінка струмів витіку через р-п перехід та ємностей переходу як характеристик, що визначають ступінь чистоти основного кристала детектора, застосованих легуючих добавок та рівня досконалості технології

виготовлення. Струми витіку через р-п переходи становили 2-10 нА, а значення ємностей близько 30 пФ, що є співмірним зі значеннями цих параметрів в сучасних зразках детекторів подібного типу. Такі значення були отримані для 37 стріпів (чутливих елементів) з 40, тобто конструктивно закладене значення просторового розрізнення може бути реалізовано.

П'ятий розділ "Розробка системи реєстрації полів електронних випромінювань в моделі процесу обробки речовин пучками електронів" присвячено дослідженню спектрометричних характеристик детектора, описаного в Розд.4 та розробці на його основі системи реєстрації полів електронних випромінювань, яка дозволяє проводити дослідження з використанням моделі, що була розроблена в Розд.3.

Експериментальні дослідження в радіаційній фізиці вимагають контролю як високоенергетичного, так і низькоенергетичного ЕВ. З цією метою було визначено енергетичне розділення (11,2 кеВ) детектора при реєстрації низькоенергетичного ЕВ від стандартного джерела конверсійних електронів ^{109}Cd . Також була проведена чисельна оцінка можливого значення енергетичного розділення (10,4 кеВ). Показано, що найбільш істотним джерелом флуктуацій є теплові шуми. Шуми, що вносяться переддісилювачем, пригнічувались при проходженні сигналу через інтегратор з великим RC.

Джерелом моноенергетичного ультрарелятивістського ЕВ були пружно розсіяні на ядрі вуглицевої мішені електрони. Енергія електронів визначалась по величині іонізаційного ефекту в матеріалі детектора при проходженні електронів. Так при проходженні через матеріал детектора електрона з енергією 225 МеВ найбільш ймовірні значення втрат енергії відповідали значенню 105 кеВ. Розрахункове значення цієї величини (96 кеВ) було отримано з формули:

$$\Delta_0 = \frac{\eta}{V^2/C^2} \left[\text{Ln} \frac{3 \cdot 10^3 \eta}{Z^2 (1 - V^2/C^2)} + 1 - \frac{V^2}{C^2} \right], \quad (7)$$

де Δ_0 - найбільш ймовірні втрати енергії,

V - швидкість електрона,

C - швидкість світла,

$$\eta = \frac{1,54 \cdot 10^5 \mu \sum Z}{\sum A} \quad (8)$$

Z - атомний номер опромінюваної речовини (кремній),

A - атомна вага,

μ - маса шару детектора, віднесена до 1 см² площі.

Ефективність реєстрації стріп- детектора в цілому (93%) була отримана з використанням вищезгадуваних електронів, розсіяних на ядрі вуглицю. Експериментальне значення співставлялось з добре відомими значеннями формфактора для ядра вуглицю. Таке значення ефективності є співмірним зі значеннями, що зустрічаються в інших роботах. Отримані результати показують, що досліджений детектор може успішно використовуватись для реєстрації потоків електронів на виході джерела випромінювання. Оскільки реєстрація швидких електронів здійснюється в прольотному режимі, використання двох пар подібних детекторів, розташованих в паралельних площинах з перпендикулярно орієнтованими стріпами, дозволяє отримувати двокоординатне розділення.

Розглядається можливість використання даного детектора для контролю енергії пучка прискорювача по процесу пружного розсіювання на вихідній фользі.

Для реалізації моделі, запропонованої в Розд.3, була розроблена схема розміщення кремнієвих стріп-детекторів (КСД), що зображена на рис.2. Оскільки одним з основних факторів, відповідальних за формування РСВ, є енергія первинного випромінювання, детектор розміщується на виході джерела ЕВ. При цьому детектор працює в прольотному режимі.

Траєкторія проходження електрона через матеріал опромінюваного об'єкта може контролюватись по спектру вторинної електронної емісії (ВЕІ), що вибиваються з поверхні ОО. У цьому випадку детектор слід використовувати як чутливий елемент спектрометра. Отримання картини розподілу поля випромінювання всередині ОО дозволить не тільки оцінити значення ефективної дози, але й сформуванати зону цілеспрямованого опромінювання шляхом накладання електричних та магнітних полів.

Визначення величини наведеного електричного заряду, який є одним з факторів, що визначають РСВ, також потребує використання координатно-чутливого детектора з енергетичним розділенням близько 10 кеВ. Оцінка величини наведеного заряду здійснюється за величиною відхилення частинок від джерела еталонного ЕВ (ДЕЕВ).

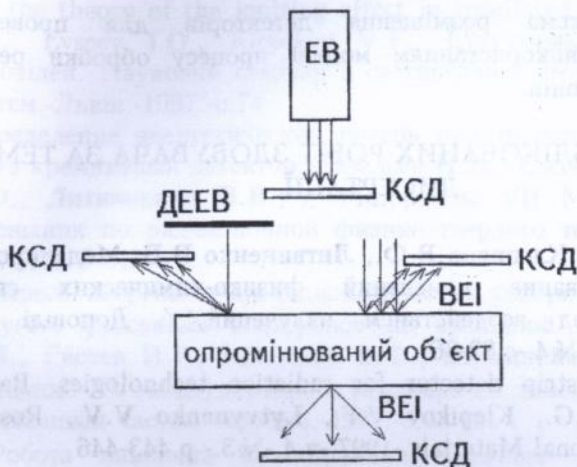


Рис.2. Схема розміщення детекторів в моделі процесу обробки речовин пучками електронів

ВИСНОВКИ

У висновках міститься постановка задачі, а також описані методи та підходи до її вирішення.

В ході виконання дисертаційної роботи були отримані такі положення та результати.

1. Класифіковано фактори, що впливають на формування радіаційно-стимульованого виходу. Запропоновано використовувати багатомірну векторну функцію для ідентифікації стану опромінюваного об'єкту.
2. Запропоновано модель, здатну на підставі фізичних вимірювань і чисельного математичного аналізу визначати принцип формування радіаційно-стимульованого виходу.
3. Дсліджені електричні характеристики іонно-легованого кремнієвого стріп-детектора для цілей прикладної радіаційної фізики.
4. Визначені межі застосованості кремнієвого стріп-детектора для реєстрації електронних випромінювань різних енергетичних діапазонів.

5. Розроблена схема розміщення детекторів для проведення досліджень з використанням моделі процесу обробки речовин пучками електронів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.

1. Базалеев Н.И., Клепиков В.Ф., **Литвиненко В.В.** Моделирование и прогнозирование изменений физико-химических свойств материалов под воздействием излучений // Доповіді НАН України.-1997.-№4.-с.82-86
2. Semiconductor strip detector for radiation technologies. Bazaleev N.I., Evseev I.G., Klepikov V.F., **Lytvynenko V.V.**, Rosenfeld A.B. // Functional Materials.-1997.-v.4.-№3.- p.443-446
3. Про можливість використання кремнієвого стріп-детектора для реєстрації вторинного випромінювання в твердих тілах. Базалеев М.І., Євсєєв І.Г., Клепиков В.Ф., **Литвиненко В.В.**, Розенфельд А.Б. // УФЖ.-1997.-т.42.-№6.- с.759-762.
4. Детекторы для регистрации электронных излучений в околоземном космическом пространстве. Базалеев Н.И., Евсеев И.Г., Клепиков В.Ф., **Литвиненко В.В.**, Шевченко Н.Г. // Радиофизика и радиоастрономия.-1997.-т.2.-№1.-с. 103-105.
5. Електрофізичні характеристики кремнієвого стріп-детектора. Базалеев М.І., Євсєєв І.Г., Клепиков В.Ф., **Литвиненко В.В.**, Ранюк Ю.М., Розенфельд А.Б., Шевченко М.Г. // УФЖ.-1997.-т.42.-№8.-с.1034-1037.
6. Базалеев Н.И., Клепиков В.Ф., **Литвиненко В.В.**/Оценка радиационно-стимулированного эффекта в твердых телах// Физические явления в твердых телах. Материалы 3-й международной конференции.-Харьков.-1997.-с.171.
7. Bazaleev M.I., Klepikov V.F., **Lytvynenko V.V.** Simulation of radiation induced transition in physico-chemical properties of polymers// Тези доповідей. Науковий семінар з статистичної теорії конденсованих систем.-Львів.-1997.-с.74
8. Базалеев Н.И., Клепиков В.Ф., **Литвиненко В.В.** Моделирование процесса радиационной обработки сложных сред и идентификация их состояний// Тезисы доклада 3-й Международной конференции "Теория и техника передачи, приема и обработки информации".-Туапсе.-1997.-с.167-168
9. Базалеев Н.И., Клепиков В.Ф., **Литвиненко В.В.** Оптимизация радиационных технологий на основе системного подхода// Материалы VII Межнационального совещания по радиационной физике твердого тела.-Севастополь.-1997.-с.209-211.

10. On the theory of the ionizing effect in irradiated matter / Bazaleev M.I., Evseev I.G., Klepikov V.F., **Lytvynenko V.V.** // Тези доповідей. Науковий семінар з статистичної теорії конденсованих систем.-Львів.-1997.-с.74
11. Определение энергетических потерь при прохождении электрона через кремниевый детектор. Базалеев Н.И., Евсеев И.Г., Клепиков В.Ф., **Литвиненко В.В.** // Материалы VII Межнародного совещания по радиационной физике твердого тела.-Севастополь.-1997.-с.212-213.
12. Контроль энергии пучка технологических ускорителей по процессу упругого рассеяния электронов на выходной фольге. Базалеев Н.И., Евсеев И.Г., Клепиков В.Ф., **Литвиненко В.В.** // Тезисы докладов. XV международного семинара по линейным ускорителям зараженных частиц.-Алушта.-1997.-с.68-69.

Робота виконана за підтримки іменного спільного гранта Міжнародної асоціації академій наук та Національної академії наук України для молодих учених (постанова Президії НАН України №199 від 04.06.97 р.).

Литвиненко В.В. Моделирование процесса обработки речовин пучками електронів та реєстрація полів випромінювань.- Рукопис

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.20.- фізика пучків заряджених частинок.- Науковий фізико-технологічний центр Міносвіти України та НАН України, Харків, 1997.

У дисертації розроблено модель процесу обробки речовин пучками електронів, що заснована на апараті системного аналізу та принципах системотехніки. Модель передбачає урахування, контроль та аналіз максимального числа факторів, які можуть впливати на формування радіаційно-стимульованого виходу. Для реєстрації полів електронних випромінювань запропоновано використовувати кремнієві стріп-детектори. В роботі досліджені спектрометричні та електричні характеристики детектора. Запропонована схема розміщення детекторів для реєстрації полів випромінювань в розробленій моделі. Основні результати можуть використовуватись в прикладній радіаційній фізиці та при розробці радіаційних технологій на базі джерел електронних випромінювань.

Ключові слова: моделювання, електронні пучки, радіаційно-стимульований вихід, кремнієвий стріп-детектор, радіаційні технології.

Литвиненко В.В. Моделирование процесса обработки веществ пучками электронов и регистрация полей излучений.- Рукопись

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.20.- физика пучков заряженных частиц.- Научный физико-технологический центр Минобразования и НАН Украины, Харьков, 1997.

В диссертации разработана модель процесса обработки веществ пучками электронов, основанная на аппарате системного анализа и принципах системотехники. Модель предполагает учет, контроль и анализ максимального числа факторов, которые могут влиять на формирование радиационно-стимулированного выхода. Для регистрации полей электронных излучений предложено использовать кремниевые стрип-детекторы. В работе исследованы спектрометрические и электрические характеристики детектора. Предложена схема размещения детекторов для регистрации полей излучений в разработанной модели. Основные результаты могут использоваться в прикладной радиационной физике и при разработке радиационных технологий на базе источников электронных излучений.

Ключевые слова: моделирование, электронные пучки, радиационно-стимулированный выход, кремниевый стрип-детектор, радиационные технологии.

Lytvynenko V.V. Simulation of a process of a matter treatment by the electron beams and electron fields registration.- Manuscript.

Thesis for a candidate degree by speciality 01.04.20 - physics of charged particles beams.- Scientific Physics & Technological Center Education Ministry of Ukraina and National Academy of Science of Ukraina, Kharkiv, 1997.

The model of a process of a matter treatment by electron beams was developed in dissertation. The model are basis on the system analysis and systemotechnics. There are many factors which can influence to radiation-induced effect taking in to account in a model. Silicon strip-detectors are proposed to use for electron beams registration. The spectral and electrical characteristics of the detectors were researched. The scheme of detectors disposition in a model was developed. The main dissertation's results can be used in applied radiation physics and in developing of the radiation technologies on the base of electron beams.

The key words: simulation, radiation induced effect, electron beams, silicon strip-detector, radiation technologies.

Відповідальний за випуск М.І. Базалєєв

Підп. до друку 5.12.97 р.
Формат А5
Ум.-друк. арк. 0,7
Папір ксероксний 80 г/м²
Тираж 100 прим.
Замовлення № 2411

AB 39.095

AB 39.095

Дисертация В.В. Мухоморова
на тему: "Синтез и свойства
полупроводниковых структур"

Дисертация на тему: "Синтез и свойства
полупроводниковых структур"
Министерство и ИАН Урала, Челябинск, 1997.

В диссертации разработана методика синтеза полупроводниковых структур методом электрохимического осаждения на подложках из различных материалов и приведены результаты. Методика синтеза структур из различных материалов и условия осаждения были рассмотрены. В работе описаны методы формирования полупроводниковых структур. Для регистрации ионной электрохимической реакции предложены и разработаны конструкции детекторов. В работе описаны электрохимический и электрохимический детекторы. Предложена схема работы детектора для измерения тока и напряжения в различных режимах. Описаны результаты работы детектора при измерении радиационно-индуцированной электрохимической реакции. Предложена методика измерения тока и напряжения в различных режимах.

Ключевые слова: полупроводниковые структуры, электрохимический метод, электрохимический детектор, радиационно-индуцированная реакция.

Lyukhovich V.V. Synthesis of a process of a matter treatment by electron beams and electric field registration - Manuscript.

This is a manuscript of a dissertation in the field of physics of charged particles. The author is V.V. Lyukhovich, Candidate of Sciences of the Ministry of Education and National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, 1997.

The topic of a process of a matter treatment by electron beams was developed in dissertation. The model for data on the system energy and its state are taken. The author has developed a method for the registration of the induced effect taking in account the influence of various factors on the system. The author has developed a method for the registration of the induced effect taking in account the influence of various factors on the system. The author has developed a method for the registration of the induced effect taking in account the influence of various factors on the system.