

Державна служба України з надзвичайних ситуацій



Львівський державний
університет безпеки
життєдіяльності

**XII Міжнародна
науково-практична конференція
молодих вчених, курсантів та студентів**

**ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
РОЗВИТКУ СИСТЕМИ
БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

Частина II



Львів, 2017

$$F_x'(x, y) = \frac{x-x_1}{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}} + \frac{x-x_2}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}} + \dots + \frac{x-x_n}{\sqrt{(x-x_n)^2 + (y-y_n)^2}} =$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{x-x_i}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}, \quad (2)$$

$$F_y'(x, y) = \frac{y-y_1}{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}} + \frac{y-y_2}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}} + \dots + \frac{y-y_n}{\sqrt{(x-x_n)^2 + (y-y_n)^2}} =$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{y-y_i}{\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}$$

Прирівнявши до нуля вирази (2), отримаємо систему рівнянь для знаходження координат логістичного об'єкта. Обмеження вкажемо у вигляді нерівностей:

$$f_1(x) - y = 0, f_2(x) - y = 0, \dots, f_k(x) - y = 0, \quad (3)$$

$$(x-a_i)^2 + (y-b_i)^2 \leq 0, i=1, \dots, m, \quad (4)$$

$$(x-c_i)^2 + (y-d_i)^2 \geq 0, i=1, \dots, l, \quad (5)$$

$$p_i \leq x \leq g_i, r_i \leq y \leq s_i, i=1, \dots, t, \quad (6)$$

$$u_i \geq x \geq v_i, q_i \geq y \geq w_i, i=1, \dots, h. \quad (7)$$

У виразах (3) вказана вимога знаходження об'єкта на одній з k доріг, заданих рівняннями ліній (має виконуватись тільки одна з рівностей), нерівності (4) задають вимогу обов'язкового знаходження в одній з m кругових областей з центрами в точках a_i і b_i (в цих областях бажане знаходження, наприклад наявні необхідні комунікації), нерівності (5) забороняють знаходження в одній з l кругових областей з центрами в точках c_i і d_i (наприклад це може бути водойма, тощо). Нерівності (6) і (7) регламентують відповідно t обов'язкових і h заборонених прямокутних областей, аналогічно до (4) і (5). Аналітично така задача практично не розв'язується, тому здійснена чисельна реалізація в програмному середовищі «Пошук розв'язку» Excel 2010 з графічним інтерфейсом, де функції (3) встановлюються методом найменших квадратів за характерними точками шляхів сполучення, а логістичний об'єкт вказується візуально в системі координат.

Література:

1. Кігель В.Р. Математичні методи ринкової економіки: Навчальний посібник. // К.: Кондор, 2003.—158 с.
2. Сумец А.М. Что следует учитывать, выбирая место для строительства логистического объекта. // Международный научно-практический журнал «Логистика: проблемы и решения» – Харьков: 2008. – вып. № 5 – С. – 32-37.

УДК 539.294

ЦЕНТРИ ЗАХОПЛЕННЯ КРИСТАЛІВ ГАЛОЇДНИХ СПОЛУК КАДМІЮ

Гончар А.В.

Яришська Л.І., канд. фіз.-мат. наук, доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

При дослідженні рівнів захоплення в напівпровідниках і діелектриках широко використовуються термоактиваційні явища: термостимульовані струми (ТСС), термостимульована деполяризація (ТСД), термостимульована люмінесценція (ТСЛ), термоелектронна емісія. Суть цих явищ зумовлюється специфічною поведінкою тієї чи іншої фізичної величини при нагріванні зразків високоомних кристалів, в яких попередньо при низькій температурі створено нерівноважне заповнення носіями зарядів рівнів прилипання. Ця специфіка пов'язана з появою екстремумів на графіках термостимульованої деполяризації, зумовлених температурним спустошенням рівнів прилипання. При тепловому збудженні носіїв струму з рівнів прилипання їх концентрація зростає і вони зумовлюють додатковий - термостимульований струм. Дослідження термостимульованих струмів і термостимульованої деполяризації дозволяє оцінити концентрацію рівнів прилипання і їх розташування в зонній схемі кристала. Метод ТСС особливо ефективний для високоомних фотопровідних кристалів. Методи ТСС і ТСД є спорідненими процесами і відрізняються тим, що при ТСС нерівноважне заповнення рівнів створюється рівномірно по всьому об'єму кристала, тоді як в методі ТСД необхідний просторово-неоднорідний розподіл захоплених носіїв заряду, який створює внутрішнє електричне поле. Характер кривих ТСС в кристалах CdI_2 залежить від взаємної орієнтації напрямку зовнішнього електричного поля, прикладеного до кристала і його кристалографічної осі. Якщо електричне поле прикладене паралельно до базисної площини кристала, то ТСС обмежені зі сторони високих температур і темновий струм швидко збільшується. При зміні орієнтації електричного поля відносно базисної площини з паралельної на перпендикулярну питомий опір кристалів зростає на три-чотири порядки, а збільшення темнового струму починається при більш високих температурах.

Кристали галоїдних сполук кадмію з точки зору зонної структури є проміжними між напівпровідниками і діелектриками. Їх шарувата структура дозволяє успішно досліджувати властивості цих кристалів описаними вище методами. Дослідження ТСД фотоелектретного стану дозволяє отримати додаткову інформацію про параметри центрів захоплення та характер рекомбінаційних процесів у цих кристалах що є необхідним для аналізу фотоелектричних, люмінесцентних та сцинтиляційних властивостей галоїдних сполук кадмію.

Для визначення центрів захоплення у кристалах CdI_2 широко застосовується метод термостимульованих струмів у фотоелектренному режимі – метод ТСД. Зміст його полягає в тому, що кристал при низькій температурі опромінюється світлом, енергія якого відповідає області власного поглинання. Одночасно до зразка прикладається електричне поле. Носії заряду просторово розподіляються полем і захоплюються рівнями прилипания. При нагріванні кристалів захоплені носії звільнюються з цих рівнів, що призводить до появи термостимульованого струму. Цей струм проявляється максимумами на кривих ТСД.

Метод ТСД дозволяє виявити локальні рівні в області іонної провідності. Крім того, при вимірюванні ТСД знижуються вимоги до омичних контактів і, відповідно, зменшується рівень шумів.

Існування в кристалах заряджених дефектів, пасток, диполів зазвичай зумовлюється можливістю створення стійкої внутрішньої поляризації під дією на кристал електричного поля і температури. Розрізняють два види електричної поляризації: дипольну і об'ємно-зарядову. Вивчення вимог створення і руйнування електричної поляризації кристала є ефективним засобом для дослідження дефектів в кристалі. Для створення електричної поляризації зразок поляризується в постійному електричному полі напруги U протягом певного часу при температурі T , яка повинна бути достатньою для повної орієнтації дефектів (диполів). Потім зразок охолоджується до температури $T_0 \ll T$, при якій переорієнтація дефектів “заморожена”. Після цього зовнішнє поле виключається, кристал закорочується через електрометр і вимірюється розрядний струм (струм деполяризації) при лінійному нагріванні кристала, який є результатом термічного руйнування “замороженої” поляризації. Переорієнтація диполів зумовлюється переходом дефекту з одного рівноважного стану в інший шляхом подолання потенціального бар'єру (ширини забороненої зони E). Енергія активації E визначається кутом нахилу прямої на графіку залежності:

$$\ln I = f \left(\frac{10^3}{T} \right)$$

Наявність глибоких рівнів захоплення носіїв в поєднанні з малою концентрацією малих рівнів, що знаходяться в інтенсивному термічному обміні з відповідною зоною, є необхідною передумовою утворення електричного стану в кристалі. Якщо кристал також fotocутливий, то при одночасній дії електричного поля і світла із області fotocутливості кристала в ньому виникає стійка внутрішня поляризація, яка порівняно повільно розряджається за рахунок власної провідності кристала чи навколишнього середовища

Кристали галоїдних сполук кадмію fotocутливі при опроміненні їх світлом із області власного поглинання, а в забороненій зоні цих кристалів є ряд рівнів прилипания, які задовольняють вимогам фотоелектретного стану.

На графіках експериментальних кривих струмів термостимульованої деполяризації в кристалах CdI_2 спостерігаються максимуми при 265, 305 і 375 К. Низькотемпературні максимуми при 265 К в кристалах виникають при поляризації кристалів в області температур 160-240 К. Їх положення не залежить від температури поляризації, а амплітуда лінійно збільшується з ростом величини поляризуючого поля. Така поведінка максимумів зі зміною температури поляризації і величини поля поляризації характерна для дипольної поляризації. Термічна енергія розорієнтації диполів E , обчислена з наростаючої ділянки низькотемпературних максимумів, становить для CdI_2 0,31 еВ.

При температурах вищих від 280 К в кристалах галоїдних сполук кадмію спостерігається значний ріст електропровідності. В цій області температур спостерігається також максимум струму деполяризації при 305 К.

При збільшенні температури амплітуда сублінійно залежить від величини поля поляризації. Така поведінка максимумів характерна для об'ємно-зарядової поляризації. Таким чином, струм термодеполяризації при 305 К в кристалах зумовлений делокалізацією об'ємного заряду.

Високотемпературний максимум струму ТСД при 375 К характеризується тією особливістю, що під впливом звичайного нагрівання він не руйнується і завжди спостерігається на кривій струму деполяризації, навіть при багаторазових циклах нагріву або охолодження зразка. Таким чином, поява даних максимумів зумовлена стійкою електричною поляризацією, яка незначно руйнується під дією температури.

Отже, дослідження термостимульованих процесів в кристалах галоїдних сполук кадмію дозволяє застосовувати їх в якості температурно-чутливих сенсорів у безпеці життєдіяльності.

Література:

1. А.В.Гальчинський, Н.В.Глосковська, Л.І.Ярицька. Захоплення і делокалізація носіїв заряду в кристалах CdI_2 з домішкою PbI_2 // Неорганічні матеріали. – 2012. – Т.48, №4. – с. 495-500.
2. S.A.Piroga, I.D.Olekseyuk Experimental observation of radiation-stimulated polarization in CdI_2 single crystals // Functional Materials, v.4, №1, pp.31-34, 1997.
3. А.С.Уэллс Строение неорганических веществ. М., 690 с., 1988.
4. Э.А.Силинши, М.В.Курик, В.Чапек. Электронные процессы в органических молекулярных кристаллах. Явления локализации и поляризации. Зинанте, Рига, 329 с., 1988.