

Възможност за използване, на взаимното превръщане и преориентацията на цветните центрове в алкалните халогениди за оптически запис на информацията

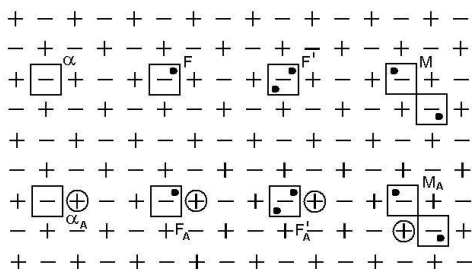
Димитър Попов, Йордан Димов

Mutual conversion and reorientation of colour centers in alkali halide crystals as a base for optical information storage: The photochromic processes based on the mutual conversions and reorientation of colour centers in alkali halides lead to a change of the optical absorbtion and transmittance of the crystal in the wavelength region of the absorbtion bands of these centers. The changes of the optical absorbtion and transmittance of alkali halide crystals could be used for optical information storage.

Key words: colour centers, alkali halides, mutual conversions, optical information storage

ВЪВЕДЕНИЕ

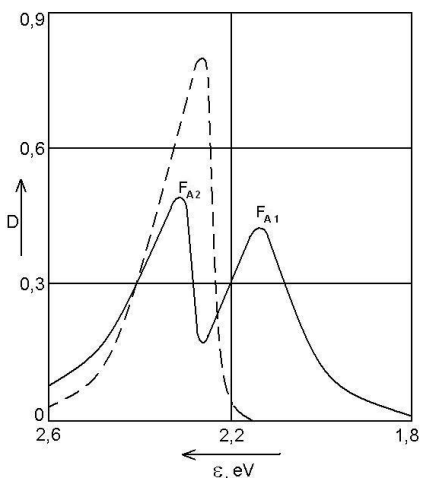
Един от основните проблеми във физиката на твърдото тяло е този на създаването, движението и агрегацията на дефектите на кристалната решетка. Изучаването на този процес има важно теоретическо и практическо значение. Като най-подходящи среди за изследване от този тип се оказват алакалохалогенните монокристали. Тези кристали имат проста кристална и електронна структура, получават се лесно в достатъчно чист вид, дават възможност за внедряването в кристалната решетка на богат избор от примеси, позволяващи белязване на дефектите на кристалната решетка, чрез локализация върху тях на електрони или дупки, в резултат на което се образуват така наречените цветни центрове. Поради широката забранена зона на алкалните халогениди, образуваните цветни центрове имат ясно изразена ивица на поглъщане, разположена в диапазона от дължини на вълната, където бездефектният кристал е оптически прозрачен.



- - халогенна ваканция
- - електрон
- ⊕ - алкален йон с размер по-малък от този на основния катион

Фиг. 1

Модели на някои цветни центрове в алкалните халогениди.



Фиг. 2

Ивици на поглъщане на F и F_A - центрове в KCl:Na

В груб вид моделите на някои цветни центрове са показани на фиг.1. От фигурата се вижда, че основен дефект, който влиза в състава на всички цветни центрове е халогенната ваканция (α -център). В резултат на нейната миграция из кристала и захващането на електрони се образуват различни цветни центрове. [1,2,3] При чисти кристали това са F , F' и M - центрове. При наличие на алкални примеси с размер по-малък от този на основния катион се образуват α_A, F_A, F'_A и M_A - центрове.[2] В някои случаи е възможно образуването и на по-сложни агрегатни центрове, както в чисти, така и в примесни кристали.

F - центровете са оптически изотропни и имат ивица на поглъщане във видимата област. При F_A - центровете се наблюдава оптическа анизотропия, поради което ивицата на поглъщане се разцепва на две ивици (F_{A1} и F_{A2} - ивици) (фиг.2) [2,4,5].

При осветяване на алкалохалогенен кристал със светлина от областта на ивиците на поглъщане на цветните центрове, те се обезцветяват (поглъщането намалява), като се наблюдават процеси на агрегация и преориентация на цветните центрове [1,2]. Тези процеси се наричат фотохромни процеси и могат да се използват за оптичен запис на информация.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Ще смятаме, че в изходно състояние, в резултат на предварителна обработка, в кристала съществуват дефектите от вида А и В. Първият от тях е електронен център (например F или F_A - център), с максимално поглъщане при дължина на вълната λ_A (фиг.3), а вторият (В-център) се получава, в резултат на захващане от дефект с ефективен положителен заряд, освободен от А-центъра, или в резултат на преориентация на А-центъра. Максимумът на ивицата на поглъщане на В-ивицата е при дължина на вълната λ_B . (фиг.3)

В начално състояние в кристала има А-центрове с преобладаваща концентрация. (фиг.3а) При осветяване със светлина в максимума на А-ивицата, А-центровете се йонизират. Дефект с ефективен положителен заряд захваща електрон, като се образува В-център. В резултат на тези процеси, поглъщането в А-ивицата намалява, а това на В-ивицата расте. Конкретен пример на такъв процес в алкалните халогениди е например $F \rightarrow F'$ - превръщането, $F' \rightarrow M$ - прехода и др. При анизотропните центрове преходът $A \rightarrow B$ може да се конкретизира като преориентацията състояние F_{A1} към F_{A2} на F_A - центъра.

Обезцветяването на А- ивицата и нарастването на поглъщането в В- ивицата, дава възможност за използване на $A \rightarrow B$ - превръщането за оптически запис на информация. Ще обърнем внимание, че обратният преход ($B \rightarrow A$ - преход) може да се осъществи, чрез осветяване с В- светлина или чрез загряване при достатъчно високи температури.

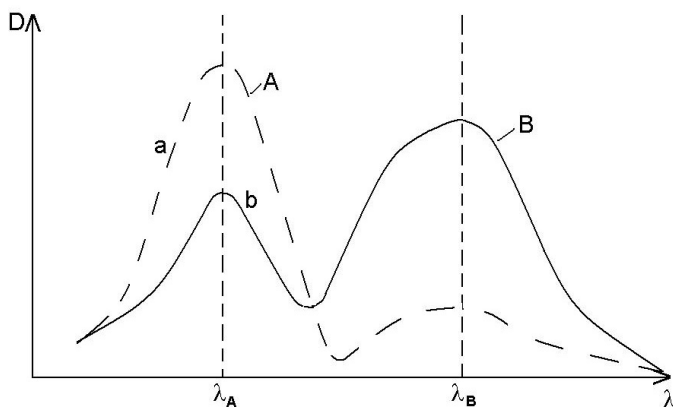
На базата на казаното до тук можем да предположим следните цикли запис-четене – изтриване на информация:

1 цикъл

Изходно състояние – кристалът съдържа А центрове и дефекти с положителен заряд, получени при подходяща предварителна обработка на кристала.

Записът се осъществява, чрез осветяване със светлина от областта на А- ивицата (А- светлина). В резултат на това поглъщането в А- ивицата намалява. В-центровете се получават в резултат на захващането на електрон от дефект с положителен заряд в резултат на преориентация на неизотропни центрове или в резултат на агрегация (образуване на по-сложни центрове) при миграция на A^+ -

центровете. В резултат на тези процеси се образуват B -центрове, като оптичката плътност в B -ивицата расте. В резултат на $A \rightarrow B$ -прехода в кристала се записва информация.



фиг.3

Зависимост на оптичката плътност D от дължината на вълната при кристали с A и B -центрове.

а) Начален спектър на поглъщане

б) Спектър на поглъщане след осветяване със светлина от областта на A -ивицата.

Четенето се извършва с A -светлина или със слабо интензивна B -светлина. Интензитетът на B -светлината е такъв, че изтриването на информацията може да се пренебрегне.

Изтриването на записаната информация, може да се извърши или чрез термично загряване до подходяща температура, или чрез интензивно осветяване с B -светлина.

II цикъл

Исходно състояние – кристалът съдържа A -центрове и центрове с достатъчна концентрация, които са получени в резултат на облъчване с A -светлина.

Записът се реализира с B -светлина, в резултат на която поглъщането в B -ивицата намалява, а това в A -ивицата расте.

Записът се чете с B -светлина или слабо интензивна A -светлина.

Изтриването се извършва с интензивна A -светлина.

Избирането на единия или другия цикъл става след оценяване на особеностите на конкретния монохромен процес, а също така и като се имат предвид и изискванията на съответният елемент на памет. Плътността на записа зависи от характеристиките на използвания лазер (размера на петното му). Тази плътност може да бъде значително увеличена при холографски запис на информация.

Фотохромното превръщане е най-подходящо за оптически запис на информация, ако дава възможност за реализиране на цикъл запис – четене – изтриване със следните качества: максимална промяна на коефициента на поглъщане при запис (максимален контраст на записа); максимална скорост на записа; линейност на записа; устойчивост на записа; неразрушаващо четене; максимална скорост на изтриване; всички етапи на цикъла запис – четене –

изтриване да се осъществяват при една и съща температура (например стайната); кристалът да не се уморява след реализирането на достатъчен брой цикли; при запис и четене да се използва светлина с една и съща дължина на вълната (честота).

Накрая ще споменем за някои конкретни фотохромни превръщания в алкалните халогениди, които са от вида на разглежданото по-горе $A \leftrightarrow B$ - превръщане.

а) $F \leftrightarrow F'$ и $F_A \leftrightarrow F_A'$ - превръщания. Преходите са електронни. При осветяване с F или F_A - светлина, става йонизация съответно на F и F_A - центрите. Освободените електрони се захващат от F' или F_A' - центрите, в резултат на което се получават F' и F_A' - центрове. (фиг.1)

б) $F \rightarrow F_A$ - преход. Осветяването с F - светлина води до йонизация на F - центъра. Получената халогенна ваканция мигрира из кристала и достигайки до примесен алкален йон образува α_A - център, който след захващане на електрон създава F_A - център.

в) $F - M$ и $F_A - M_A$ - преходи. След йонизация на F и F_A - центрите, в резултат на агрегацията, се създават сложни центрове (например M и M_A - центрове). (фиг.1)

При разглежданите до тук случаи поглъщането в областта на F и F_A - ивиците намалява, а това при F' , F_A' , M и M_A ивиците расте.

г) По-специален е случаят, при използване на поляризирана светлина. При осветяване с такава светлина от областта на F_{A1} и F_{A2} - ивиците, F_A - центрите се преориентират, като се изменя коефициентът на поглъщане в F_{A1} и F_{A2} - ивиците.

Записът на основата на преориентацията може да се реализира при достатъчно ниски температури. Например за KCl:Na тази температура е около $-100^{\circ}C$. Причина за това е, наличието на интензивна температурна преориентация при температури около стайната.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на познаването на моделите и свойствата на някои цветни центрове в алкалните халогениди, е предложен модел на фотохромнен процес, който може да се използва за оптически запис на информация. Този процес се базира на взаимното превръщане между два вида центрове, условно наречени A и B - центрове.

Разгледани са два цикъла запис – четене – изтриване, които са възможни при $A \leftrightarrow B$ - превръщането, като са изброени основните изисквания към качеството на записа.

Накрая като примери са цитирани конкретни процеси на взаимно превръщане и преориентация на цветни центрове в алкалните халогениди.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Fowler W.B., "Physics of color centers" Acad. Press, New York – London 1968.
- [2]. Luty F. "Color centers in Alkali Halide Crystals" Acad. Press, New York – London 1968.
- [3]. Попов Д.Н. "Кинетика на фотоиндуцирано образуване на някои електронни цветни центрове в KCl и KCl:Na", Русе 1979.
- [4]. Попов Д., Димов Й. "Кинетика на преориентация на неизотропни цветни центрове", Русе 2008.

[5]. Попов Д., Димов Й. „Кинетика на преориентация на F_A центрове, при осветяване с неполяризирана F_{A1} светлина.“, Русе 2009.

За контакти:

Йордан Димов, Катедра “Технически и природоматематически науки”, Русенски университет “Ангел Кънчев” Филиал Силистра, Тел.: 086 821521, 217, E-mail: jdimov@abv.bg.

Докладът е рецензиран.