

06.3;07;12

©1995

ОПТИЧЕСКАЯ АБСОРБЦИОННАЯ ЗАПИСЬ ИНФОРМАЦИИ НА $F_A(\text{Li})$ -ЦЕНТРАХ В КРИСТАЛЛАХ KCl.

*Л.И.Бережинский, Л.И.Власкин,
М.П.Лисица, Г.Г.Тарасов*

Нелинейные оптические явления в кубических кристаллах [1] могут быть использованы для создания различного рода модуляторов и устройств оптической обработки информации. Исследования, выполненные авторами [2], показали, что щелочно-галлоидные кристаллы с $F_A(\text{Li})$ -центрами могут быть использованы как записывающие среды. Настоящее сообщение также посвящено этому вопросу, причем средой для записи изображения являются монокристаллы KCl с $F_A(\text{Li})$ — центрами.

$F_A(\text{Li})$ -центр — это линейный центр, вытянутый вдоль одного из направлений [100], [010], [001] кубической решетки, и представляет собой F -центр, связанный с ионом Li^+ , расположенным вблизи соседнего катионного узла. Ион Li^+ приводит к понижению симметрии локального кристаллического поля, в котором находится F -центр, что вызывает расщепление его полосы электронного поглощения на две компоненты [3].

Наблюдаемые в спектре поглощения полосы F_{A1} и F_{A2} обладают сильным дихроизмом, причем поляризация перехода F_{A1} ($\lambda_{\text{max}} = 6020 \text{ \AA}$) параллельна связи F -центр — ион Li^+ , а для полосы F_{A2} ($\lambda_{\text{max}} = 5500 \text{ \AA}$) она перпендикулярна этому направлению.

Поскольку $F_A(\text{Li})$ -центр линейный и располагается вдоль одного из указанных выше направлений, это обстоятельство позволяет реализовать оптическую запись информации, на основе механизма оптической ориентации. Это обусловлено значительной разницей скоростей переориентации центров в основном и возбужденном состояниях.

Темновая переориентация $F_A(\text{Li})$ -центров в KCl практически отсутствует. По крайней мере, при сравнительно низких температурах (80–100 К) барьер переориентации в основном электронном состоянии достаточно высок и составляет $\sim 1 \text{ эВ}$ [3]. В возбужденном состоянии он настолько мал, что даже при низких температурах, попадая в возбужденные состояния, при реализации которых возникают по-

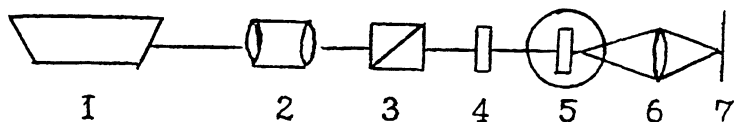


Рис. 1. Схема записи изображения на $F_A(\text{Li})$ -центрах.

лосы F_{A1} или F_{A2} , центр может переориентироваться и опуститься в основное состояние уже в новом переориентированном положении.

Основываясь на этом принципе оптической ориентации $F_A(\text{Li})$ -центров и учитывая различную поляризацию F_{A1} и F_{A2} полос, предлагается следующая схема записи информации (рис. 1). Здесь 1 — лазер на парах меди ($\lambda = 5106 \text{ \AA}$), 2 — расширитель лазерного пучка, 3 — поляризатор, 4 — транспарант, 5 — кристалл KCl с $F_A(\text{Li})$ -центрами, находящийся в криостате при $T = 90 \text{ K}$, 6 — линза, 7 — экран. Образец для записи информации приготавливался следующим образом. Аддитивно окрашенный кристалл KCl с концентрацией примесных ионов $\sim 5 \text{ мол.}\%$ помещался в криостат и охлаждался до температуры -30° C . При этой температуре кристалл облучался излучением Cu лазера в течение 40 мин. Излучение лазера ионизировало F -центры, поэтому свободные галоидные вакансии и электроны могли мигрировать по кристаллу. Встречая ионы Li^+ , галоидные вакансии стабилизировались и, захватывая затем свободные электроны, образовывали $F_A(\text{Li})$ -центры. При температуре -30° C подвижность галоидных вакансий достаточно высока, а энергия kT не достаточна для разрыва связи «вакансия — ион Li^+ ».

40-минутное облучение указанным выше светом приводит к установлению достаточно высокой концентрации $F_A(\text{Li})$ -центров (порядка 10^{18} см^{-3} , [4]). После этого кристалл подвергался более глубокому охлаждению (90–100 K) и при этой температуре осуществлялась многократная запись и стирание информации.

Рассмотрим протекающие при этом процессы. Пусть поляризатор установлен так, что излучение медного лазера поляризуется в направлении $[100]$, проходит через транспарант и освещает кристалл в криостате. Изображение транспаранта в плоскости кристалла с помощью линзы 6 переносится на экран 7, где оно может быть сфотографировано (рис. 2, а). Темные места на фотографии представляют собой тень от транспаранта. На светлых участках под действием лазерного излучения происходит переориентация центров. Действительно, при указанной выше поляризации падающего излучения $E \parallel [100]$ в актах поглощения, образующих полосу F_{A2} , будут участвовать все центры, ориен-



а



б

Рис. 2. Изображение транспаранта при оптической записи (а) и его воспроизведении (б).

тированные перпендикулярно направлению $[100]$. Попадая в возбужденное состояние и подвергаясь переориентации в направление $[100]$, центры будут выпадать из дальнейшего процесса поглощения, так как в этом случае плоскость поляризации перехода F_{A2} будет перпендикулярна плоскости поляризации падающего света. Если же в результате переориентации центр оказался в направлении, отличном от $[100]$, он снова подвергнется возбуждению и переориентации в одно из трех равновероятных направлений $\langle 100 \rangle$. Таким образом, через некоторое время в областях кристалла, освещенных зеленым светом ($\lambda = 5106 \text{ \AA}$), большая доля центров окажется ориентированной параллельно направлению поляризации падающего излучения. Происходит оптическая запись изображения транспаранта.

Для воспроизведения записи убирается транспарант. Силезер, и через ту же систему направляется излучение He-Ne лазера ($\lambda = 6328 \text{ \AA}$), которое попадает в полосу поглощения F_{A1} . Пройдя через поляризатор, излучение He-Ne лазера приобретает поляризацию $[100]$, параллельно которой зеленый свет сориентировал большинство $F_A(\text{Li})$ -центров. Поэтому в этих местах кристалла будет наблюдаться сильное поглощение (рис. 2, б). В тех же местах, которые не были подвергнуты воздействию зеленого (записывающего) излучения, наблюдается естественное равномерное распределение $F_A(\text{Li})$ -центров по трем ориентациям и быстро наступает просветление. Таким образом, в красном свете наблю-

дается картина, обратная наблюдавшейся в зеленом свете, т. е. воспроизводится негативное изображение объекта.

Разрешающая способность записи определяется однородностью распределения $F_A(\text{Li})$ -центров по кристаллу, качеством обработки его поверхности и характеристиками используемых оптических элементов. В наших экспериментах она составляла порядка 10 линий на миллиметр.

Запись изображения под действием излучения Cu лазера плотностью 1 Вт/см^2 происходит за 2–3 сек, а воспроизведение через 3–5 сек после начала облучения He-Ne лазером при плотности излучения $1.5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/см}^2$.

Если кристалл освещать He-Ne лазером в течение 15 мин, происходит стирание записанного изображения из-за переориентации $F_A(\text{Li})$ -центров. При низких уровнях его интенсивности это время может быть достаточно большим (около часа). Это обстоятельство, а также тот факт, что кристалл находится при низкой температуре ($\sim 90 \text{ К}$), вызывают определенные трудности практического использования рассмотренного эффекта.

Список литературы

- [1] Лисица М.П. // ЖПС. 1982. Т. 37. В. 6. С. 955–965.
- [2] Spak A., Boiko S., Tarasov G. // Holographic Optics II Proc. SPIE. 1989. P. 1136.
- [3] Luty F. F_A -centers in alkali halides. In physics of colour centers. / Ed. by W.B. Fowler. Academic Press., N.Y., 1968. P. 181–242.
- [4] Sanipoli C., Scacco A. // Growth and characterization of single crystals. Special issue of Rome university "La Sapienza". 1991. V. 984.

Институт физики
полупроводников
Киев, Украина

Поступило в Редакцию
16 октября 1994 г.