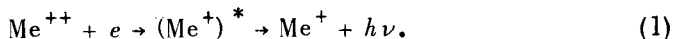


ПЕРЕЗАРЯДКА ДЫРОЧНЫХ ЦЕНТРОВ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

И.А.Маркова-Осоргина, С.З.Шмурак

Обнаружен перенос движущимися дислокациями дырок от Tl^{++} к Cu^+ -ионам в кристаллах KCl: Cu: Tl. Этот процесс вызывает изменение спектра F -стимулированной люминесценции после пластической деформации образца.

Деформация окрашенных щелочногалоидных кристаллов (ШГК) с примесью активатора (Cu^+ , Ag^+ , Tl^+ , ...) приводит к увеличению активаторного свечения, стимулированного F -светом [1 – 3]. Этот процесс, названный деформационной сенсбилизацией (ДС) имеет дислокационную природу и протекает в два этапа. Вначале движущиеся при деформации дислокации захватывают дырки (вероятно, из оптически неактивных центров неизвестной природы – X^+ -центров), а затем переносит их (дырки) к Me^+ -центрам. При этом концентрация активаторных Me^{++} -ионов возрастает, что и приводит к экспериментально наблюдаемому увеличению интенсивности люминесценции, стимулированной F -светом (FL) которая описывается схемой:



Электроны, участвующие в FL, освобождаются F -светом из F -центров. Первый этап ДС в ШГК + Me^+ – уменьшение числа X^+ -центров, оптически не проявляется, поэтому о нем в [1, 2] можно было судить лишь предположительно. В настоящей работе удалось налюдовать обе стадии ДС. Это достигалось следующим образом.

Согласно развитым в [1 – 3] представлениям, дырочная дислокационная зона D_p в кристаллах KCl расположена в запрещенной зоне кристалла выше уровней Tl^+ - и In^+ -центров, но ниже уровней Cu^+ - и Ag^+ -ионов. Если это справедливо, то введя в кристалл два активатора (a_1 и a_2) уровень одного из которых расположен выше, а другого – ниже дырочной дислокационной зоны, можно ожидать при пластической деформации переноса дислокациями дырок с нижнего a_1 на верхний a_2 уровень. Описанный процесс переноса дырок должен проявляться в уменьшении a_1 и возрастании a_2 полос в спектре стимулированной F -светом люминесценции. Для практической реализации такого эксперимента необходимо также отсутствие перекрытия полос FL активаторов a_1 и a_2 . Указанным выше условиям удовлетворяют кристаллы KCl, легированные Tl^+ - и Cu^+ -ионами [1, 2]. Исследование таких образцов, проведенное в настоящей работе, подтвердило высказанные выше предположения. При деформации обнаружено уменьшение числа Tl^{++} -центров и увеличение концентрации Cu^{++} -ионов, что выразилось в изменении интенсивностей соответствующих полос FL.

Закаленные образцы KCl, содержащие Tl и Cu, размером $3 \times 4 \times 10$ мм окрашивались на источнике γ -квантов Co^{60} дозой 10^6 рад, при 300K,

а затем деформировались при $T = 100 \div 300\text{K}$ с постоянной скоростью $\dot{\epsilon} = 10^{-5} \text{сек}^{-1}$. Концентрация Tl и Cu в расплаве варьировалась в пределах $3 \div 5 \cdot 10^{-2} \text{ ат. \%}$ ¹⁾. Регистрация стимулированного F -светом ($\lambda_{\text{возб}} = 560 \text{ нм}$) свечения осуществлялась светосильным монохроматором "Hitachi" и ФЭУ-106. Интенсивность F -света подбиралась такой, чтобы исключить заметное обесцвечивание образца за время измерения спектра.

В спектре FL исходного образца (рис. 1) наблюдается две полосы - коротковолновая ($\lambda = 300 \text{ нм}$) и длинноволновая ($\lambda = 400 \text{ нм}$). Они совпадают со спектрами внутрицентральной люминесценции активаторов Tl^+ и Cu^+ , соответственно [4, 5], а значит, описываются схемой (1).

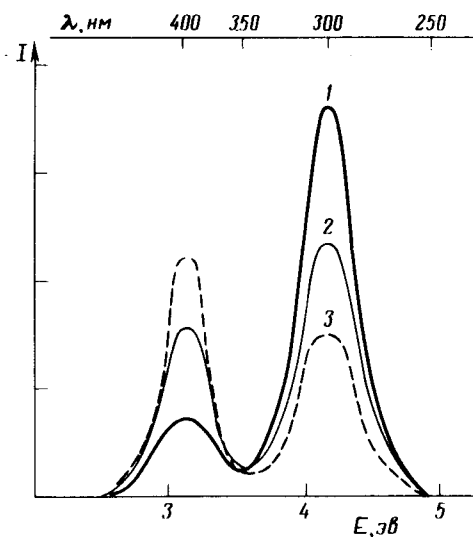


Рис. 1. Изменение спектра F -стимулированной люминесценции после пластической деформации: 1 - недеформированный кристалл, 2 - после деформации 3%, 3 - после деформации 8%

Пластическая деформация приводит к существенному изменению вида спектра: уменьшается интенсивность полосы с $\lambda = 300 \text{ нм}$, соответствующая внутрицентральному свечению Tl^+ и увеличивается длинноволновая полоса, за которую ответственны Cu^+ -центры. Эволюция спектра протекает монотонно и практически завершается при деформациях $\sim 8\%$ (рис. 2). Описанный процесс перераспределения интенсивностей полос FL в системе $\text{KCl} : \text{Cu} : \text{Tl}$ наблюдается и в том случае, если деформирование производится при температуре $T < 300\text{K}$, во всей исследованной области $100\text{K} < T < 300\text{K}$.

Изменение соотношения между концентрациями активаторов Tl и Cu в указанных выше пределах приводит к изменению интенсивностей соответствующих полос в спектре FL исходного образца. Основные же черты трансформации спектра при пластической деформации (уменьшение полосы 300нм и увеличение свечения с $\lambda = 400 \text{ нм}$) сохраняются.

Для установления закономерностей в перераспределении дырок между Tl- и Cu-ионами при деформировании кристаллов в настоящей работе определялось относительное число Tl^{++} - и Cu^{++} -центров в исходном

¹⁾ Кристаллы выращены В.Н.Ерофеевым и З.Ивановой, за что авторы выражают им глубокую благодарность.

(n_{Tl} и n_{Cu}) и идентичном деформированном кристаллах (n_{Tl}^* , n_{Cu}^*); концентрация Tl^{++} - и Cu^{++} -ионов находилась описанным в [1] способом по числу квантов света с $\lambda = 300 \text{ нм}$ и $\lambda = 400 \text{ нм}$, излученных при обесцвечивании кристалла.

Для всех исследованных в настоящей работе образцов концентрация Tl^{++} -центров уменьшается, а Cu^{++} -ионов увеличивается после пластической деформации. Соотношение между числом рожденных при деформации Cu^{++} -центров $\Delta n_{Cu} = n_{Cu}^* - n_{Cu}$ и уничтоженных Tl^{++} -ионов $\Delta n_{Tl} = n_{Tl} - n_{Tl}^*$ изменяется от $\Delta n_{Tl} = 0,7 \Delta n_{Cu}$ до $\Delta n_{Tl} \approx \Delta n_{Cu}$. При $\Delta n_{Tl} \approx \Delta n_{Cu}$ X^+ -центры не участвуют в процессе ДС и дырки переносятся дислокациями от Tl^{++} - к Cu^+ -центрам.

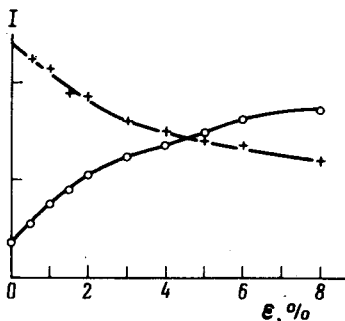


Рис. 2. Кинетика изменения интенсивностей полос F -стимулированной люминесценции, соответствующих свечению — + — Tl^+ - и o — Cu^+ -центров, в зависимости от степени деформации

Отсутствие зависимости ДС от температуры в кристаллах $KCl:Tl:Cu$ позволяет сделать вывод о том, что первый и второй этапы процесса не требуют температурной активации, т. е. на каждом этапе ДС дырки "всплывают" в запрещенной зоне. Значит, в кристаллах $KCl:Tl:Cu$ так же как и в $KCl:Me^+$ движущиеся дислокации захватывают в дырочную дислокационную зону дырки, локализованные на более мелких ловушках (Tl^+ , X -центрах). Дырки, захваченные дислокацией (также как и электроны в электронной дислокационной зоне [6]) могут участвовать в двух движениях. Они движутся вдоль дислокации в силу ее одномерности и перемещаются по кристаллу при движении дислокации. Такие квазисвободные дырки захватываются Me^+ -центрами, уровни которых расположены в запрещенной зоне выше дырочной дислокационной зоны. Полученные в настоящей работе результаты свидетельствуют также о том, что введенные в [1 — 3] представления о дырочной дислокационной зоне и данные о ее положении в зонной схеме кристалла действительно верны.

Выражаем благодарность В.Л.Броуде за плодотворные дискуссии.

Литература

- [1] Ф.Д.Сенчуков, С.З.Шмурак. ЖЭТФ, 65, 2356, 1973.
 - [2] С.И.Бредихин, С.З.Шмурак. ФТТ, 16, 2430, 1974.
 - [3] С.З.Шмурак. Изв. АН СССР, сер. физ., №9, 1976.
 - [4] R. Oggioni , P. Scaramely. Phys. Stat., Sol., 9, 411, 1965.
 - [5] F. Williams , P. Johnson. Phys. Rev., 113, 97, 195, 1959.
 - [6] С.З.Шмурак, Ф.Д.Сенчуков. ФТТ, 15, 2976, 1973.
-