

Член-корреспондент АН СССР Е. Ф. ГРОСС, Б. П. ЗАХАРЧЕНЯ
и Н. М. РЕЙНОВ

ЭФФЕКТ ШТАРКА В НЕОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ У ЭКСИТОНОВ КРИСТАЛЛА ЗАКИСИ МЕДИ

В предыдущем сообщении ⁽¹⁾ мы описывали явления, обнаруженные нами в спектре поглощения экситона кристалла закиси меди под влиянием электрического поля. Явления эти настолько характерны и настолько сходны с расщеплением атомных линий в электрическом поле, что не оставляют сомнений в том, что здесь имеет место явление Штарка, хотя, насколько нам известно, до сих пор это явление никогда не наблюдалось в спектрах кристаллов во внешнем электрическом поле.

Наши наблюдения эффекта Штарка в Cu_2O мы проводили в «однородном» * электрическом поле. Для того чтобы более тщательно исследовать обнаруженные нами явления, лучше и удобнее проследить поведение линий экситона в постепенно нарастающем электрическом поле, и для того, чтобы достичь больших полей, мы предприняли исследования явления Штарка в неоднородных электрических полях.

Как известно, наблюдения эффекта Штарка в неоднородных полях в атомных спектрах производятся по способу Ло-Сурдо ⁽²⁾ у катода разрядной трубки, где имеет место сильное падение потенциала и большие градиенты электрического поля.

Для создания сильных неоднородных электрических полей с большими градиентами в кристалле закиси меди мы воспользовались острием. Один из электродов, при помощи которых к пластинке Cu_2O прикладывалась разность потенциалов, был линейным и достаточно длинным, другой в виде острия. Схема электродов показана на рис. 1 а. При таком расположении электродов падение потенциала должно было сосредотачиваться около острия, где поле должно было быть сильным и неоднородным.

Заставляя свет проходить через кристалл Cu_2O вблизи острия и проецируя острие на щель спектрографа, мы могли наблюдать спектр поглощения экситона в области сильного электрического поля около острия. При помощи этого метода мы смогли наблюдать в спектре экситона характерную картину расщепления линий в электрическом поле, подобную той, которая наблюдается в атомных спектрах по способу Ло-Сурдо. На рис. 2 а и б (на вклейке) приведены фотографии спектра экситона Cu_2O в неоднородном электрическом поле, полученном при помощи острия при разности потенциалов между электродами, равной 8 кв/см.

Еще более отчетливую картину расщепления Штарка в неоднородном поле нам удалось наблюдать в особых случаях. Исследуя явление Штарка

* Насколько это возможно достичь в кристаллах Cu_2O с электродами, показанными на рис. 1 б.

в различных образцах Cu_2O с электродами, как показано на рис. 1 б (без острия), в условиях, в которых нами наблюдалось ⁽¹⁾ явление в однородном электрическом поле, мы обнаружили на спектрограмме, что расщепление линий экситона в некоторых образцах неодинаково вдоль линии aa_1 , проектируемой на щель спектрографа. Это указывало на неоднородность электрического поля в некоторых пластинках Cu_2O вдоль линии aa_1 , связанную с какими-то особенностями структуры пластинок.

В одной из таких пластинок Cu_2O эти свойства были особенно ярко выражены и расщепление Штарка было очень большим. На рис. 2 в, г, д и е приведены спектрограммы, полученные нами с этой пластинкой Cu_2O при разности потенциалов на электродах, соответственно, 10; 15; 20 и 25 кВ/см.

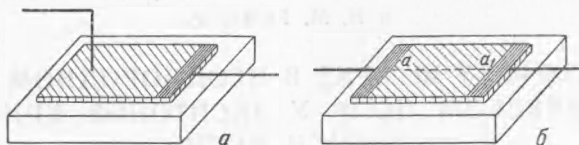


Рис. 1. Electrodes для наблюдения эффекта Штарка в пластинках записи меди. а — в неоднородном поле, б — в „однородном“ поле

Как видно из спектрограмм рис. 2, в спектре экситона в неоднородном электрическом поле выступают с особенной отчетливостью и наглядностью все характерные черты явления Штарка:

- 1) расщепление линий на компоненты и возрастание величины расщепления при увеличении поля;
- 2) смещение линий в красную и фиолетовую части спектра;
- 3) расширение линий с полем;
- 4) появление новых запрещенных линий в электрическом поле, возрастание их интенсивности и их смещение при увеличении поля;
- 5) постепенное исчезновение высших членов серии экситона при возрастании поля*.

Очень сильные электрические поля, получающиеся в кристалле Cu_2O по методу неоднородного электрического поля, позволили нам установить новые факты, ускользавшие от наблюдения в «однородных» электрических полях ⁽¹⁾. Нам удалось обнаружить влияние электрического поля на второй и первый члены серии экситона ($k=2$ и $k=1$). В сильных полях линия $k=2$ ослабляется в интенсивности, немного расширяется и смещается в красную часть спектра, как это видно на рис. 2 е по загибу конца линии $k=2$ на нижнем крае спектрограммы. Расщепления линии $k=2$ в электрическом поле не было заметно**.

Мы не могли заметить даже в сильных электрических полях ни смещения, ни расщепления первого члена серии экситона $k=1$, несмотря на его чрезвычайную узость. Только на нижнем крае спектра, соответствующем областям кристалла Cu_2O , расположенным около острия, где поле наиболее сильное, мы обнаружили значительное возрастание интенсивно-

* По внешним проявлениям, казалось бы, что исчезновение высших членов серии экситона при возрастании поля можно истолковать как эффект нагревания кристалла Cu_2O электрическим током при возрастании поля. Однако тот факт, что первый член серии, слабый и легко исчезающий при нагревании кристалла оставался неизменным даже в сильных полях, а также ряд других соображений, заставляют отклонить это предположение. Поэтому мы полагаем ⁽¹⁾, что исчезновение членов серии связано с вырыванием электрона с уровней экситона электрическим полем (диссоциацией экситона).

** Так как все исследования с электрическим полем мы проводили при температуре жидкого азота ($T=77,3^\circ\text{K}$), мы не смогли проследить влияния электрического поля на поведение отдельных компонент тонкой структуры членов желтой серии экситона, различаемых только при температуре жидкого гелия ⁽¹⁾.

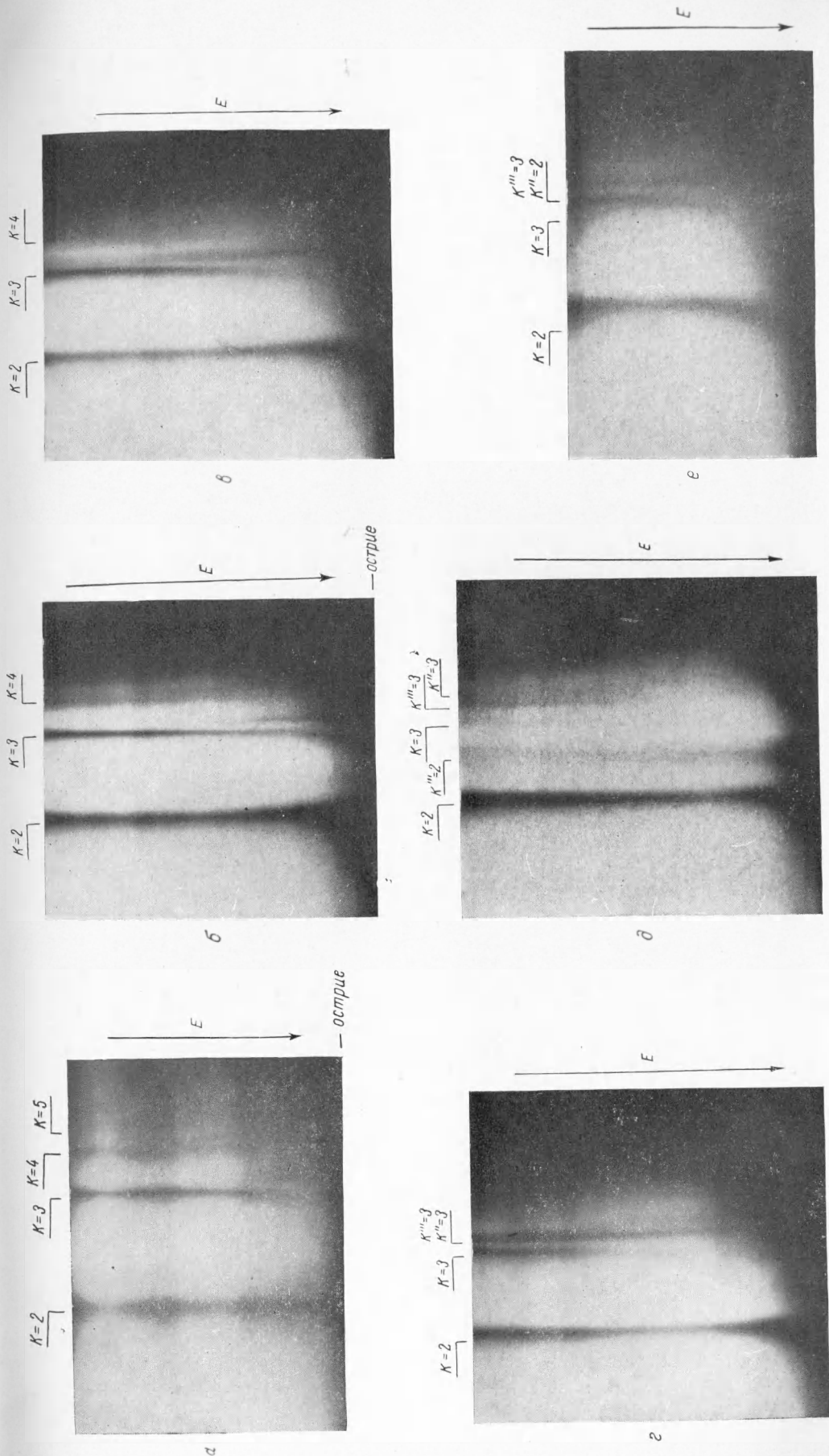


Рис. 2. Расщепление линий экситона в кристалле Cu_2O в неоднородном электрическом поле. а и б — с электродом в виде острого; в, г, д, е — с плоскими электродами в неоднородной пластинке Cu_2O

сти линии $k = 1$. В этом отношении поведение линии $k = 1$ в электрическом поле подобно запрещенным линиям.

Как известно, при изучении эффекта Штарка метод неоднородного электрического поля обладает как преимуществами, так и недостатком — трудностью определить напряжение в различных частях неоднородного поля. Поэтому для количественного исследования зависимости величины смещения и расщепления линий экситона в электрическом поле мы обратились снова к изучению явления в «однородном» поле.

Выбрав пластинки закиси меди, в которых электрическое поле было по возможности однородно и расщепление Штарка одинаковым по всей длине щели, мы произвели количественные измерения смещений линий спектра экситона в зависимости от среднего напряжения электрического поля E , определяемого из разности потенциалов и расстояния между электродами (см. табл. 1).

Таблица 1

Смещение линий экситона в электрическом поле

$k = 3$		$k''' = 3$		$k = 4$		$k' = 4$	
$E, \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$	$\Delta\lambda, \text{\AA}$	$E, \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$	$\Delta\lambda, \text{\AA}$	$E, \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$	$\Delta\lambda, \text{\AA}$	$E, \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$	$\Delta\lambda, \text{\AA}$
10	+0,4	9	0	7	+1,0	7	0
14	+1,2	12	−0,7	12	+1,8	10	−0,5
18	+2,1	14	−1,1	13	+2,0	12	−0,9

Следует заметить, что определение напряжения поля сопряжено с очень большими погрешностями из-за существующего в пластинках Cu_2O сильного падения потенциала около электродов.

Насколько можно сказать по данным измерений, при полях, больших 10 кВ/см, имеет место, повидимому, линейная зависимость величины смещения линий от напряженности поля. Однако эти результаты требуют уточнения из-за погрешности в определении поля, действующего в кристалле.

Ленинградский
физико-технический институт
Академии наук СССР

Поступило
7 VI 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Е. Ф. Гросс, Б. П. Захарченя, Н. М. Рейнов, ДАН, 97, № 1 (1954).
² А. Lo Surdo, Rend. d. Linc., 22, 665 (1913).