

АНИЗОТРОПИЯ ПРОВОДИМОСТИ, ИНДУЦИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ, В КРИСТАЛЛАХ CdS

И. А. Дроздова, Н. Е. Корсунская, И. В. Маркевич

Институт полупроводников Академии наук Украины, 252650, Киев, Украина
(Получено 22 июня 1993 г. Принято к печати 29 июня 1993 г.)

Известно, что гексагональные кристаллы A_2B_6 практически изотропны [1]. Появление анизотропии проводимости в этих кристаллах ранее наблюдалось только после пластической деформации [2-4]. Так, в низкоомных кристаллах CdS в результате введения высокой плотности (до 10^8 см^{-2}) параллельных винтовых дислокаций проводимость, измеренная перпендикулярно направлению дислокаций, оказывалась на несколько порядков меньше проводимости, измеренной вдоль дислокаций [2-4].

Нами было обнаружено новое явление — возникновение анизотропии проводимости под действием электрического поля. Этот эффект наблюдался в недеформированных кристаллах CdS, содержащих только ростовые дислокации.

Исследовались объемные, высокоомные кристаллы, выращенные методом сублимации. Образцы размером $1 \times 2 \times 5 \text{ мм}^3$ выкальвывались из слитка и снабжались электродами из наплавленного In (рис. 1). Плотность дислокаций определялась после травления в селективном травителе путем подсчета ямок травления с помощью металлографического микроскопа и составляла 10^2 — 10^5 см^{-2} для разных образцов.

Темновая проводимость и фотопроводимость всех исследованных образцов, измеренные при малых напряженностях электрического поля ($E \leq 10 \text{ В/см}$), были изотропны. Однако после приложения поля $E \geq 10^2 \text{ В/см}$ («тянущее» поле, электроды 1 и 2, 2' на рис. 1) в некоторых образцах наблюдалось увеличение темновой проводимости и фотопроводимости со временем (рис. 2, кривые 1, 3). В то же время темновая проводимость и фотопроводимость в поперечном направлении (электроды 3 и 4 на рис. 1), измеренные при кратковременной подаче (только в момент измерения) такого же по величине поля, изменялись слабо и оказывались существенно меньше соответствующих величин, измеренных вдоль направления тянущего поля (рис. 2, кривые 2, 4). Таким образом, под действием электрического поля в образце формируются проводящие каналы, что приводит к появлению анизотропии проводимости. Эффект не зависит от кристаллографической ориентации кристалла, а определяется только направлением приложения тянущего поля и может быть получен при любой его полярности.¹

После отключения тянущего поля анизотропия проводимости со временем исчезает и кристалл возвращается в исходное состояние (рис. 2, кривые 1,

¹ Следует отметить, что явление нарастания тока со временем в кристаллах CdS под действием поля 10^3 В/см при повышенных температурах наблюдалось также в [5]. Однако какие-либо сведения о появлении при этом анизотропии проводимости в этой работе отсутствуют.

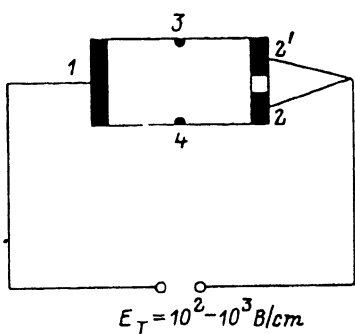


Рис. 1. Схема расположения электродов на образце. Для образования проводящих каналов и проведения дрейфа дефектов в электрическом поле электроды 2 и 2' закорачивались и тянущее поле E_T прикладывалось (см. рисунок). В момент измерения тока между электродами 2 и 2', 3 и 4 поле E_T отключалось, при этом электроды 2 и 2' размыкались.

3). Образование и разрушение проводящих каналов может быть осуществлено в одном и том же образце многократно.

Приложение тянущего поля $10^2 - 10^3 \text{ В/см}$ в большинстве исследованных образцов приводило также к увеличению проводимости и фотопроводимости в прикатодной области образца и уменьшению этих величин в прианодной области. Это явление хорошо известно в кристаллах CdS [6-8] и обусловлено, как было показано в [8], дрейфом подвижных точечных дефектов в электрическом поле. Природу дрейфующих дефектов можно определить, исследуя влияние электрического поля на спектры люминесценции связанных экситонов [8]. Как показали исследования, в используемых в настоящей работе образцах такими дефектами были водородоподобные доноры Cd_i и Li_i . Оказалось, что образование проводящих каналов имеет место в тех и только в тех образцах, в которых наблюдается дрейф дефектов в

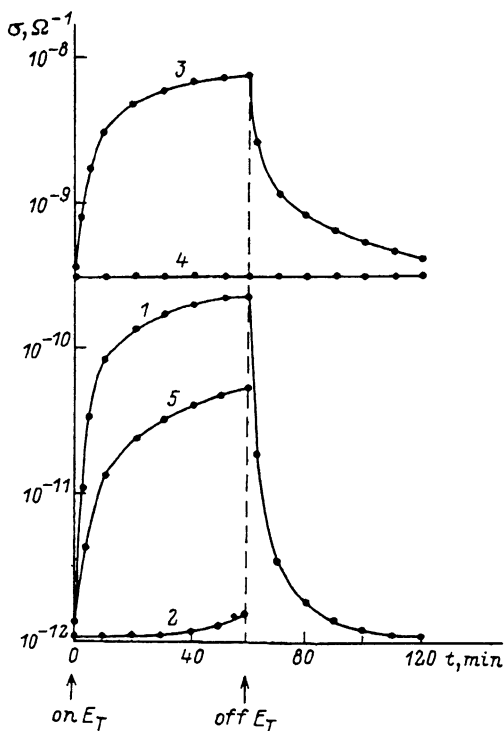


Рис. 2. Изменение темновой проводимости (кривые 1, 2, 5) и фотопроводимости (кривые 3, 4) со временем в кристаллах CdS при 300 К под действием тянущего поля $E_T = 10^3 \text{ В/см}$ и после его отключения между электродами 1-2, 2' (кривые 1, 3) и 3-4 (кривые 2, 4), а также между электродами 2 и 2', когда они являются катодом.

электрическом поле, т. е. в заметной концентрации присутствуют подвижные дефекты. При этом в образцах, где доминируют более подвижные доноры Li, [8], образование и разрушение проводящих каналов как и увеличение проводимости на катоде происходят при 300 К в течение нескольких минут, в то время как для образцов, содержащих преимущественно менее подвижные доноры Cd, [8], времена этих процессов измеряются часами. Процессы появления и исчезновения анизотропии проводимости, так же как и дрейф подвижных дефектов, существенно ускоряются при нагревании образца до 350—400 К. Эти результаты свидетельствуют о том, что образование проводящих каналов связано с наличием в кристаллах подвижных дефектов.

В то же время в некоторых кристаллах, в которых наблюдается значительное изменение проводимости приэлектродных областей в результате дрейфа дефектов, проводящие каналы не образуются. Природа проводящих каналов и механизм их образования являются предметом наших дальнейших исследований.

В заключение отметим, что образование мостиков с металлической проводимостью под действием электрического поля в низкоомных кристаллах и пленках CdS и CdSe с точечными запорными контактами (Au, Cu) наблюдалось авторами [9, 10]. Такие мостики, однако, возникали только при определенной полярности приложенного напряжения и разрушались при противоположной полярности. Как показано в [9, 10], эффект обусловлен образованием металлических мостиков из материала электродов. Как следует из приведенных выше результатов, обнаруженное нами явление имеет другую природу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Физика и химия соединений A^2B^6 , гл. 117. М. (1970).
- [2] С. Elbaum. Phys. Rev. Lett., 32, 376 (1974).
- [3] G. Döding, R. Labusch. Phys. St. Sol. (a), 68, 143, 469 (1981).
- [4] О. Ф. Вывенко, А. В. Тульев. ФТТ, 29, 855 (1987).
- [5] А. В. Бурлак. Автореф. канд. дис. Одесса (1986).
- [6] С. Н. Henry, K. Nassau, J. W. Shiever. Phys. Rev., 5, 2453 (1971).
- [7] А. В. Игнатов, В. В. Сердюк. УФЖ, 20, 644 (1975).
- [8] Н. Е. Корсунская, И. В. Маркевич, И. Ю. Шаблий. ФТП, 15, 279 (1981).
- [9] A. Matsuda, H. Okyshi, M. Kikuchi. Sol. St. Commun., 9, 2241 (1971).
- [10] H. Okushi, M. Saito, M. Kikuchi. Sol. St. Commun., 9, 991 (1971).

Редактор Г. А. Полянская