

УДК 537.226

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В КРИСТАЛЛАХ CdS

А.С. МЕЛКОНЯН, С.В. КАРАПЕТЯН,
М.С. САКАНЯН, С.В. ГАСПАРЯН

Ереванский государственный университет

А.А. ТАДЕВОСЯН, Р.С. САКАНЯН

Армянский педагогический институт

(Поступила в редакцию 2 июня 1999 г.)

Проведено изучение фоточувствительного амплитудно-зависимого дислокационного поглощения ультразвука в кристаллах CdS в зависимости от степени пластической деформации. С использованием теории Гранато-Люкке проведены расчеты для оценки степени фоторазупрочнения.

Возможность применения полупроводниковых кристаллов во многом определяется их пластическими свойствами, которые в свою очередь обусловлены состоянием дефектной структуры этих материалов. Возникает необходимость тщательного исследования механизмов закрепления и открепления дислокаций (их взаимодействия между собой, решеткой, различными дефектами кристаллической решетки), что позволило бы продвинуться в выяснении их роли в образовании центров закрепления.

Сильное электрон-фононное взаимодействие в кристаллах A_2B_6 делает их незаменимыми в акустоэлектронной технике. При освещении этих кристаллов светом определенной длины волны изменяется электронное состояние точечного дефекта и, как следствие – его взаимодействие с дислокацией. В кристаллах CdS такими дефектами служат собственные точечные дефекты типа V_{Cd} и другие [1]. Однако механизмы закрепления дислокаций окончательно не установлены.

При исследовании пластических свойств кристаллов A_2B_6 был обнаружен эффект фотоупрочнения и фоторазупрочнения в зависимости от соотношения плотностей дислокаций в базисных и призматических плоскостях [2]. Было обнаружено, что в кристаллах ZnS и CdS путем изменения соотношения $N_{\text{п}}/N_{\text{б}}$ ($N_{\text{п}}$, $N_{\text{б}}$ – плотности дислокаций соответственно в призматических и базисных плоскостях) достигалась инверсия знака от разупрочнения к упрочнению [2,3].

Представляет интерес рассмотрение обратного перехода от фотоупрочнения к фоторазупрочнению, а также условий, при которых влияние освещения на поглощение ультразвука в этих кристаллах исчезает.

В настоящей работе проведено изучение фоточувствительного амплитудно-зависимого поглощения в кристаллах CdS в зависимости от степени пластической деформации, а также проведены расчеты для оценки степени фоторазупрочнения.

Наиболее подходящим методом исследования явился метод внутреннего трения [4]. Были исследованы высокоомные нелегированные кристаллы CdS со структурой вюрцита. Образцы имели форму параллелепипеда с размерами $4 \times 4 \times 14$ мм³, ось которого составляла угол 90° с кристаллографической осью C_6 шестого порядка. Предварительная плотность дислокаций составляла $N_{(0001)} \cong 4 \cdot 10^5$ см⁻² – в базисных, и $N_{(10\bar{1}0)} \cong 10^4$ см⁻² – в призматических плоскостях. Освещение кристаллов проводилось галогеновой лампой КГМ мощностью 80 Вт. Инфракрасная часть излучения лампы вырезалась с помощью водяного фильтра. Освещенность составляла 1000 люкс.

Изучение поглощения ультразвука проводилось в килогерцовой области частот, в которой электронное поглощение мало по сравнению с дислокационным поглощением ультразвука. Так как дислокационное поглощение очень чувствительно к структурным изменениям кристаллов, то такого рода исследования дают возможность контролирования процессов микропластичности под влиянием освещения на их ранних стадиях. Относительное изменение модуля упругости ($\Delta E/E$) определялось с использованием теории [5].

Исследование амплитудной зависимости поглощения ультразвука (δ) и дефекта модуля упругости показало (рис.1), что начиная с малых амплитуд деформаций ($\varepsilon \cong 10^{-5}$) поглощение растет, а модуль упругости уменьшается вплоть до $\varepsilon \cong 5 \cdot 10^{-5}$, после чего изменение этих параметров ослабевает до значений $\varepsilon \cong 4 \cdot 10^{-4}$. Начиная с этих значений амплитуд наблюдается резкое увеличение поглощения ультразвука и спад дефекта модуля, что хорошо объясняется согласно теории Сварца-Виртмана [6].

Под влиянием освещения поглощение ультразвука значительно понижается (эффект упрочнения). После пластической деформации образцов способом одноосного сжатия вдоль продольной оси под нагрузкой 30 кгс/см² при $T \cong 600$ К плотность дислокаций в базисных плоскостях составляла $N_{(0001)} \cong 8 \cdot 10^5$ см⁻², а в призматических – $N_{(10\bar{1}0)} \cong 7 \cdot 10^5$ см⁻², при этом наблюдалось увеличение фона амплитудно-зависимого поглощения ультразвука приблизительно в 1,5 раза. Видно, что когда соотношение N_δ / N_n после деформации становится порядка еди-

нищи, то освещение почти не влияет на поглощение ультразвука (кривые 3,4). Повторная пластическая деформация, проводимая в тех же условиях, привела к изменению соотношения плотностей дислокаций в базисных и призматических плоскостях. В базисных она достигала $N_b \cong \cong 3 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}$, а в призматических — $N_n \cong 4 \cdot 10^7 \text{ см}^{-2}$. При таком соотношении N_b/N_n исследование влияния освещения на поглощение ультразвука показало, что освещение приводит к увеличению поглощения (эффект разупрочнения) (кривые 5,6).

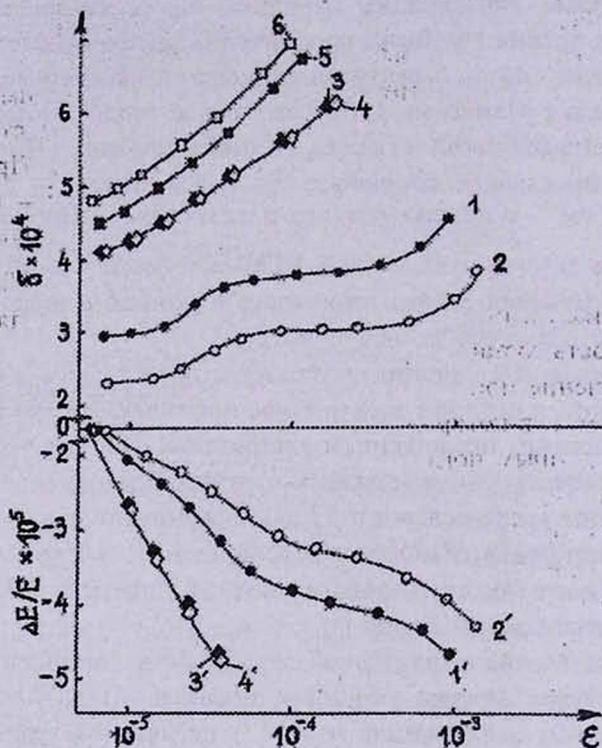


Рис.1. Амплитудная зависимость внутреннего трения в кристаллах CdS: (1,1',2,2') — до пластической деформации, (3,3',4,4') — после пластической деформации, (5,6) — после повторной деформации. Кривые 1,1',3,3',5 получены в темноте, а остальные — под влиянием освещения 1000 люкс.

Для уточнения полученных результатов нами были подобраны высокоомные кристаллы CdS того же среза с избытком дислокаций в призматических плоскостях приблизительно на порядок $N_{(10\bar{1}0)} / N_{(0001)} \cong \cong 3 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2} / 3 \cdot 10^4 \text{ см}^{-2}$. В этих кристаллах под влиянием освещения также наблюдалось увеличение дислокационного поглощения ультразвука (разупрочнение) (рис.2). С увеличением уровня освещения наблюдалось возрастание эффекта (кривая 3).

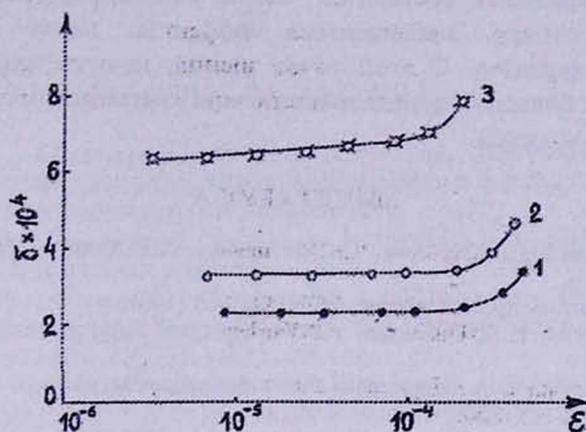


Рис.2. Амплитудная зависимость внутреннего трения в кристаллах CdS при $T = 300$ К: 1 - в темноте, 2 - при освещенности 70 люкс, 3 - при освещенности 1000 люкс.

Результаты наших исследований совместно с использованием теорий [5,7] дали возможность провести оценку степени фоторазупрочнения. Она определялась с помощью соотношения

$$\Delta\tau = \tau_T - \tau_\Phi, \quad (1)$$

где τ_T и τ_Φ - напряжения течения соответственно в темноте и под влиянием освещения.

Так как $\Delta\tau_T/\Delta\tau_\Phi = (N_T/N_\Phi)^{1/2}$ [7], где $N_T = 1/L_T$, $N_\Phi = 1/L_\Phi$, N - плотность стопоров, L - расстояния между стопорами, а $\delta \sim L^4$ [5], то следует, что

$$\delta_\Phi / \delta_T \cong (L_\Phi / L_T)^4, \quad (2)$$

$$N_\Phi / N_T \cong (\delta_T / \delta_\Phi)^{1/4}. \quad (3)$$

С учетом этих соотношений для величины фоторазупрочнения получаем

$$\Delta\tau = \{1 - (\delta_T / \delta_\Phi)^{1/4}\} \cdot \tau_T. \quad (5)$$

Исходя из экспериментальных данных (рис.2) было получено, что при освещенности 70 люкс $\Delta\tau \cong 0,045\tau_T$, а при освещенности 1000 люкс $\Delta\tau = 0,2\tau_T$.

Таким образом, полученное соотношение (4) дает возможность оценки величины эффекта влияния освещения на дислокационное поглощение ультразвука.

Влияние освещения может быть различным для разных видов дислокаций даже в одних и тех же кристаллах, что обусловлено как

различием зарядовых состояний, так и различием сечений захвата носителей, однако наблюдаемые эффекты носят качественно одинаковый характер. С этой точки зрения количественные оценки могут внести большую определенность при описании происходящих в кристаллах процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.П.Здебский, Н.В.Миронюк, С.С.Остапенко, Л.Н.Хават, Г.Гарягнев. ФТП, 1, 935 (1987).
2. Р.П.Вардапетян, А.С.Мелконян. ФТП, 33, 466 (1991).
3. А.Н.Durgaryan, Н.С.Melkonyan, R.P.Vardapetyan. Solid State Comm., 73, 185 (1990).
4. Е.Г.Швидковский, А.А.Дургарян. Научные доклады высшей школы (ф.-м. науки), N5, 211 (1958).
5. А.Гранато, К.Люкке. Физическая акустика, М., Мир, 1969.
6. Д.Ж.Сварц, Дж.Виртман. Ультразвуковые методы исследования дислокаций, М., ИЛ, 1963.
7. Ю.А.Осипьян, В.Ф.Петренко. ЖЭТФ, 63, 1735 (1972).

ՊԼԱՍՏԻԿ ԴԵՖՈՐՄԱՅԻՄՅԻ ԱԶԳԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՆԴՐԱԶԱՅՆԻ ԿԼԱՆՍԱՆ ՎՐԱ CDS ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ

Հ.Ս.ՄԵԼԵՈՆՅԱՆ, Ս.Վ.ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Մ.Ս.ՍԱԶԱՆՅԱՆ,
Ս.Վ.ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ, Ա.Հ.ԹԱԴԵՎՈՍՅԱՆ, Ռ.Ս.ՍԱԶԱՆՅԱՆ

Ուսումնասիրված է Cds միաբյուրեղներում լուսազգայուն դիսլոկացիոն անդրաձայնի կլանումը կախված պլաստիկ դեֆորմացիայի աստիճանից: Ըստ Գրանատո-Լյուկեի տեսության կատարված են հաշվարկներ ֆոտոթուլացման աստիճանի գնահատման համար:

INFLUENCE OF PLASTIC DEFORMATION ON THE ULTRASONIC ABSORPTION IN CdS CRYSTALS

H.S. MELKONYAN, S.V. KARAPETYAN, M.S. SAKANYAN,
S.V. GASPARYAN, A.H. TADEVOSYAN, R.S. SAKANYAN

The photosensitive ultrasonic dislocation absorption in CdS crystals depending on the plastic deformation is investigated. The photosoftering degree is estimated with the help of the theory of Granato-Lüke.