

ОБНАРУЖЕНИЕ ДИФРАКЦИИ СВЕТА НА ЭЛЕКТРОННЫХ ВОЛНАХ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ЗВУК В ПЬЕЗОПОЛУПРОВОДНИКАХ

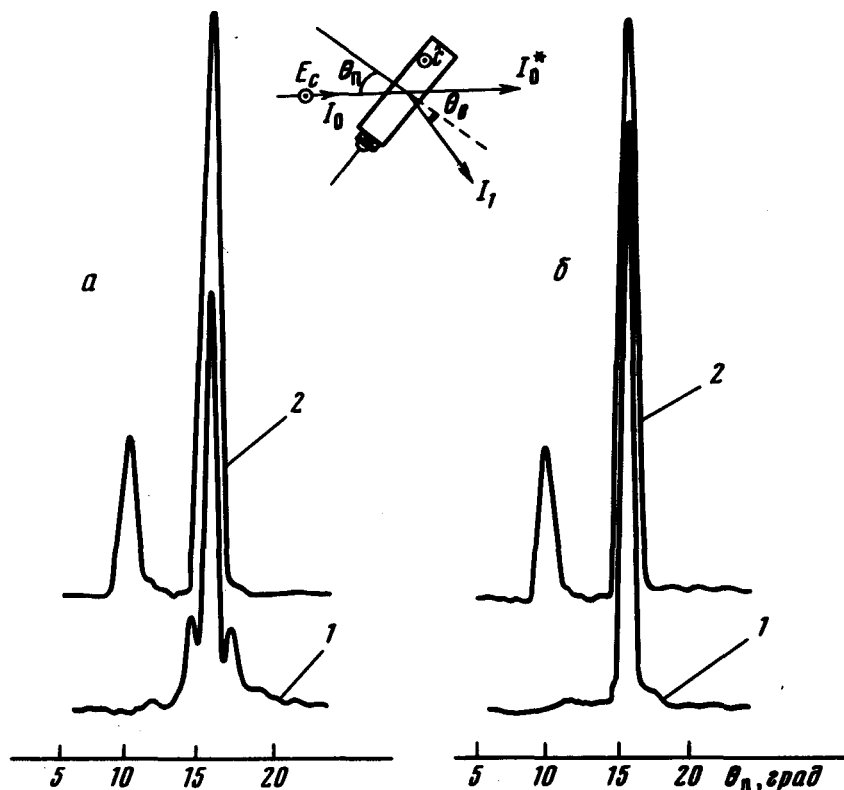
В.В.Проклов, В.И.Миргородский, Г.Н.Шкердин
Ю.В.Гуляев

Экспериментально исследована дифракция света на пьезоактивных волнах в фотопроводящих кристаллах CdS. Впервые обнаружена предсказанная ранее дифракция на электронных волнах, сопровождающих звуковую волну. Получено удовлетворительное согласие теории и эксперимента.

В работах [1, 2] было впервые теоретически показано, что электронные волны, сопровождающие звуковую волну в пьезополупроводниках, могут оказывать существенное влияние на дифракцию света на этой звуковой волне, особенно в инфракрасной области спектра. В настоящей работе сообщается о первых экспериментальных наблюдениях этой "электронной компоненты" дифрагированного света в пьезополупроводниках.

Эксперименты выполнялись в инфракрасной области спектра на длине волны 10,6 мкм (CO₂-лазер мощностью 1 вт). Использовались фоточувствительные пьезоэлектрические кристаллы CdS *n*-типа с удельной проводимостью $\sim 10^{-6} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ в темноте и $\sim 10^{-3} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при освещении светом в видимой области спектра. Образцы были вырезаны в виде параллелепипедов, ориентированных по главным кристаллографическим направлениям таким образом, что гексагональная ось *C* была перпендикулярна их длине. Сдвиговая пьезоактивная ультразвуковая волна частоты $f_s = 65 \text{ МГц}$ возбуждалась с помощью пьезокварцевого преобразователя, приклеиваемого к одному из торцов образца. Максимальная интенсивность волны достигала $1 \sim \text{вт/см}^2$. Оптическая схема установки позволяла проводить исследования поляризационных и пространственных характеристик дифрагированного излучения. Благодаря использованию высокочувствительного приемника излучения оказывалось возможным измерять весьма малые относительные интенсивности дифрагированного излучения $I_1/I_0 \approx 10^{-9}$, где I_0, I_1 — интенсивности падающего и дифрагированного излучения, соответственно.

Опыт проводился в условиях, когда независимо от механизма рассеяния света дифракция была чисто брэгговская с одним дифракционным максимумом первого порядка [3]. Кроме того, при точной ориентации электрического вектора падающего излучения вдоль гексагональной оси *C* кристалла (см. рисунок вверху) дифракция за счет фотоупругих изменений среды должна быть "анизотропной", т. е. углы падения $\theta_{\text{п}}$ и дифракции $\theta_{\text{д}}$ не равны друг другу, а плоскость поляризации дифрагированного излучения повернута на 90° относительно плоскости поляризации падающего [4,5]. В то же время "электронная дифракция", согласно [1, 2], изотропна и плоскость поляризации излучения не изменяется.



Зависимость интенсивности дифрагированного света I_1 от угла падения θ_{Π} для различных электропроводностей кристалла (*а*) и положений анализатора (*б*): *а* – плоскость пропускания анализатора параллельна плоскости поляризации падающего света; $1 - \sigma_1 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, $2 - \sigma_2 \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$; *б* – $\sigma \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, плоскость пропускания анализатора перпендикулярна (кривая 1) и параллельна (кривая 2) плоскости поляризации падающего света

В результате экспериментальных наблюдений установлено, что дифрагированное излучение наблюдается только под углом рассеяния $\theta_D \equiv \theta_{\Pi} + \theta_D \approx 21^\circ$, что соответствует дифракции на периодической решетке, создаваемой пьезоактивной сдвиговой волной, распространяющейся со скоростью $1,7 \cdot 10^5 \text{ см/сек}$. При этом интенсивность дифрагированного излучения I_1 существенно зависит от угла падения света на кристалл. При малой электропроводности кристалла $\sigma_1 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ (образец в темноте) дифракция происходит с вращением плоскости поляризации на 90° и только при $\theta_{\Pi} \approx 16^\circ$ (рис. *а* кривая 1), что хорошо согласуется с рассчитанными значениями углов для анизотропной дифракции вследствие решеточной фотоупругости материала.

При достаточно сильном освещении кристалла ($\sigma_2 \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$) эффективная дифракция возникает также и при $\theta_{\Pi}^* \approx 10,5^\circ$ (рис. а, кривая 2). При этом плоскость поляризации дифрагированного света совпадает с плоскостью поляризации падающего света (см. рис. б), а его интенсивность в $50 \div 100$ раз меньше интенсивности дифракционного максимума для анизотропной решеточной дифракции при $\theta_{\Pi} \approx 16^\circ$. Равенство углов θ_{Π} и θ_{Π}^* , их близкое соответствие брэгговскому углу $\theta_B = \text{arc sin } (1/2)(\lambda_o/\lambda_s)$ (по оценкам $\theta_B \approx 10^\circ 36'$) и поляризация дифрагированного излучения указывают на изотропный брэгговский характер возникающей дифракции. Оценки, согласно [1, 2], отношения интенсивностей дифракционных максимумов при рассеянии на электронных волнах и при анизотропной решеточной дифракции дают $(I_1)_p / (I_1)_z \approx 50$, что находится в удовлетворительном согласии с экспериментом.

Эти данные дают основание полагать, что наблюдаемая при угле падения $\theta_{\Pi}^* \approx 10,5^\circ$ дифракция обусловлена рассеянием света на электронных волнах, сопровождающих поперечную пьезоактивную волну в CdS. Дополнительным свидетельством электронного, а не решеточного, характера наблюдаемого изотропного рассеяния света служили также различия в поведении "анизотропной" "решеточной" и "электронной" компонент при возникновении электронной нелинейности с увеличением интенсивности волны. Это качественно согласуется с [6], где показано, что для больших интенсивностей звуковой волны ангармонизм в электронной волне наступает существенно раньше, чем в упругой.

Авторы благодарны проф. Л.Н.Курбатову за помощь в разработке высокочувствительной ИК регистрирующей системы, использованной в настоящих экспериментах.

Институт радиотехники и
электроники
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
25 октября 1973 г.

Литература

- [1] V.V.Proklov, G.N.Shkerdin, Yu. V.Gulyaev. Solid State Comm. 10, 1145, 1972.
- [2] В.В.Проклов, Г.Н.Шкердин, Ю.В.Гуляев. ФТП, 6, 1915, 1972.
- [3] W.R.Klein, B.D.Cook. IEEE Transactions, SU-14, 123, 1967.
- [4] R.W.Dixon. IEEE J, QE-3, 85, 1967.
- [5] W.T.Maloney, H.R.Carleton, IEEE Transactions, SU-14, 135, 1967.
- [6] Yu.V.Gulyaev. IEEE Transactions, SU-17, 111, 1970.