

07; 08

© 1990

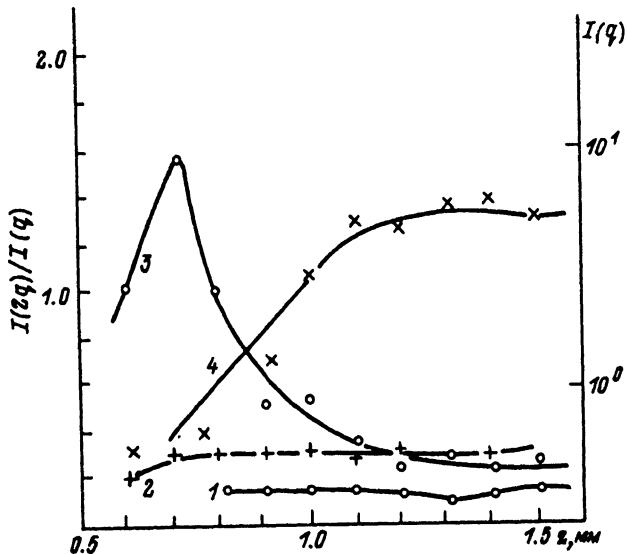
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ СВЕТА НА АКУСТИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ЗА СЧЕТ ЭФФЕКТА ФРАНЦА-КЕЛДЫША

В.М. Рысаков

В предыдущей работе [1] была теоретически предсказана возможность наблюдения рассеяния света на акустическом потоке при почти резонансном возбуждении за счет модуляции края зоны пьезо-полем благодаря эффекту Франца-Келдыша. Были отмечены основные особенности такого рассеяния: 1) удвоенная пространственная частота модуляции коэффициента преломления из-за четности эффекта Франца-Келдыша; 2) возможность только изотропного процесса дифракции; 3) квадратичная зависимость интенсивности рассеянного света от интенсивности звука при не слишком больших интенсивностях, т.е. $\sim 1(2q) \sim I_a^2$. В этой работе приведены результаты первого экспериментального исследования такого рассеяния.

Использовался образец *cdS* размером 2 x 2 x 5 мм, ориентированный вдоль оси C_6 . При приложении к нему импульса поля длительностью ~ 1 мкс напряженностью 2 кВ/см в нем возникал движущийся акустоэлектрический домен на косых Т2 волнах, который и вызывал брегговскую дифракцию. Изучалась зависимость интенсивности рассеянного света от продольной координаты на длинах волн света 632.8, 595.5 и 515.5 нм (излучение $He-Ne$ и He лазеров) при $T = 250$ К. При такой температуре для $\lambda = 632.8$ нм в образце существует только остаточное, независящее от длины волны поглощение, для $\lambda = 515.5$ нм поглощение определяется правилом Урбаха и экспоненциально зависит от длины волны, коэффициент поглощения порядка 7 см^{-1} , а $\lambda = 595.5$ нм находится в промежуточной области. Таким образом, на первой длине волны влияние эффекта Франца-Келдыша на рассеяние света должно быть пренебрежимо мало, а на второй — существенно.

Очевидно, что $I(2q)$ определяется тремя факторами: 1) интенсивностью усиленного затравочного шума за счет конечной полосы усиления; 2) интенсивностью второй гармоники основной частоты, генерируемой за счет нелинейности процесса усиления; 3) рассеянием за счет эффекта Франца-Келдыша. Вклад от первого практически не должен зависеть от продольной координаты (в области наблюдаемости рассеяния), от второго — пропорционален $\sqrt{I_a}$, где I_a — интенсивность акустического потока, от третьего — пропорционален I_a^2 . Такое различие позволяет разделить указанные вклады. Поскольку и мощности использованных лазеров, и абсолютные сечения рассеяния на разных длинах волн разные, то имеет смысл



Зависимость отношения интенсивности рассеяния света на второй гармонике к интенсивности рассеяния на основной частоте звука от продольной координаты для $T = 250$ К для длин волн $\lambda = 632.8$ (1), $\lambda = 595.5$ (2), $\lambda = 515.5$ нм (3) (левая шкала, линейный масштаб) и интенсивность рассеяния на основной частоте (4) (правая шкала, логарифмический масштаб).

рассматривать не абсолютные интенсивности рассеянного света, а отношение $I(2q)/I(q)$.

Эксперимент проводился так. Сначала экспериментально находилась геометрия рассеяния, при которой на $\lambda = 632.8$ нм сигнал рассеяния от домена вблизи точки его зарождения был максимален, и изучалась его зависимость от продольной координаты. Затем расчетным путем [2] находились параметры волнового вектора звука, вызывающего рассеяние (в данном случае они были: $|q| = 5.5 \cdot 10^3$ см $^{-1}$, угол раскрытия конуса звука $\gamma = 29^\circ$, угол отклонения от горизонтальной плоскости $\varphi = 76^\circ$). Далее рассчитывалась геометрия дифракции для волнового вектора $2|q|$, распространяющегося в том же направлении, с учетом зависимости показателя преломления от λ и T , и проводилось изучение зависимости интенсивности рассеяния от продольной координаты для этой геометрии.

Результаты приведены на рисунке. Из рисунка видно, что для $\lambda = 632.8$ нм отношение не меняется при переходе домена из области роста в область насыщения, что свидетельствует о пренебрежимо малом темпе генерации второй гармоники. Совершенно иные

результаты для $\lambda = 515.5$ нм. Прежде всего отметим, что абсолютное значение интенсивности для $1(2)$ на этой длине волны наибольшее в случае изотропной ($o-o$) дифракции, в анизотропной рассеяние слабее и, по-видимому, связано с нарушением правил отбора из-за выхода волнового вектора звука из плоскости дифракции [2]. Такое поведение характерно для механизма рассеяния за счет эффекта Франца-Келдыша. Далее, в начале области роста домена наблюдается и рост $1(2q)/1(q)$, и эта величина не только превосходит соответствующее значения для $\lambda = 632.8$ нм, но даже по абсолютной величине больше единицы, что также характерно для этого механизма. Однако спад этого отношения при выходе интенсивности домена на уровень насыщения не был предсказан теоретически и требует отдельного объяснения. По всей видимости он связан с экранированием пьезополя свободными электронами. Действительно, в линейной области, когда глубина модуляции электронного распределения мала, степень экранирования отрицательной и положительной полуволн одинакова, и потому эффект Франца-Келдыша действительно создает вторую гармонику в модуляции края зоны. В нелинейном режиме, когда практически все свободные электроны оказываются сгруппированными в одной полуволне, степень экранирования разная, эффективное поле разное в разных полуволнах, что и приводит к подчеркиванию нечетных гармоник и подавлению четных. Это и объясняет уменьшение соотношения $1(2q)/1(q)$ в нелинейном режиме.

Таким образом, совокупность экспериментальных фактов показывает, что действительно наблюдалась дифракция света на звуке, обусловленная модуляцией края зоны пьезополем акустического потока за счет эффекта Франца-Келдыша. Помимо предсказанных в работе [1] свойств такого рассеяния обнаружено еще дополнительное влияние на эффективность рассеяния асимметричного экранирования полуволн свободными электронами в нелинейном режиме.

В заключение благодарю Ю.В. Аристова и Л.Н. Болотова за участие в проведении экспериментов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Рысаков В.М., Аристов Ю.В. // ФТТ. 1985. Т. 27. Т 11. С. 3413-3415.
 [2] Аристов Ю.В., Рысаков В.М. // Опт и спектр. 1984. Т. 57. № 4. С. 663-670.

Физико-технический
 институт им. А.Ф. Иоффе
 АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
 27 февраля 1990 г.