

*Письма в ЖЭТФ, том 20, вып. 11, стр. 712 – 716*      5 декабря 1974 г.

## АНОМАЛЬНАЯ ДИФРАКЦИЯ СВЕТА НА СПИНОВЫХ ВОЛНАХ

*Н.Н.Кирюхин, Ф.В.Лисовский, Г.В.Скобелин*

Экспериментально обнаружена "аномальная" дифракция света на волнах в ферромагнитном кристалле, существующая в широком интервале углов между дифракционными максимумами, соответствующими магнитостатическим и магнитоупругим волнам.

Ранее уже наблюдалась дифракция света на магнитостатических (МСВ) и магнитоупругих (МУВ) волнах в ферромагнитных кристаллах [1 – 4]. Магнитостатическим волнам соответствуют углы дифракции

$$\theta = \theta_{\text{МСВ}} = 2 \arcsin \frac{\lambda_{\text{СВ}}}{2 \lambda_{\text{МСВ}}} \lesssim 0,5 + 1^\circ, \text{ а магнитоупругим} - \theta = \theta_{\text{МУВ}} = 2 \arcsin \frac{\lambda_{\text{СВ}}}{2 \lambda_{\text{МУВ}}} \sim 20 + 23^\circ \text{ (в данном эксперименте), где } \lambda_{\text{СВ}} - \text{длина}$$

волны света,  $\lambda_{\text{МСВ}}$  и  $\lambda_{\text{МУВ}}$  – длина магнитостатической и магнитоупругой волны соответственно (см. рис. 1). В данной работе сообщается об экспериментах, в которых наряду с известными режимами дифракции впервые наблюдалась "аномальная" дифракция (АД), имеющая место в широком интервале углов  $\theta$ , начиная от  $\theta_{\text{МСВ}}$  до  $\theta \lesssim \theta_{\text{МУВ}}$ , с постепенным уменьшением интенсивности дифракции при увеличении угла.

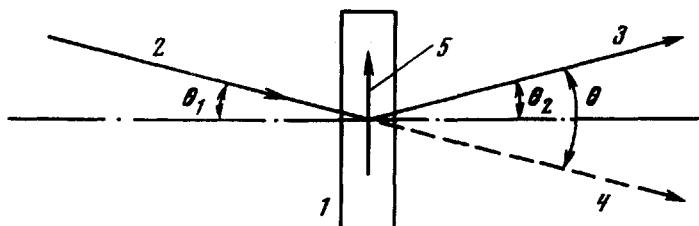


Рис. 1. Геометрия эксперимента: 1 – образец феррита; 2,3 – соответственно падающий, дифрагированный и проходящий пучки света; 5 – спиновая волна

Эксперименты проводились с продольно намагниченными монокристаллическими призмами железо-иттриевого граната. Использовались два образца: образец 1 размером  $10,7 \times 3,0 \times 2,9 \text{ мм}^3$  с ребрами, направленными по осям типа [100], и образец 2 размером  $5,5 \times 2,8 \times 2,7 \text{ мм}^3$ , ориентация ребер которого отличалась от всех главных кристаллографических направлений. Призма вместе с магнитом была закреплена на поворотном столике, вращение которого во время снятия кривых углового распределения дифрагированного излучения было связано с вращением фотоприемника таким образом, что всегда выполнялось условие  $\theta_1 = \theta_2$  для волн с соответствующим волновым числом, бегущих вдоль призмы. Спиновые волны возбуждались на частоте 1200 МГц прямой проволочной антенной на торце призмы. Использовалась модуляция СВЧ мощности типа "меандр" с наибольшей мощностью в импульсе до 1 вт.

Свет от лазера ( $\lambda_{\text{СВ}} = 1,15 \text{ мкм}$ ), проходя через пластинку-поляризатор и фокусирующую линзу  $f \approx 80 \text{ см}$ , падал на середину образца и дифрагировал на волнах в кристалле. Дифрагированный свет проходил через анализатор, линзу, щель и регистрировался фотоприемником. Для повышения чувствительности использовались узкополосный усилитель и синхронный детектор.

В эксперименте изучалась зависимость интенсивности дифрагированного излучения от угла дифракции  $\theta$ . На рис. 2 (а, б) приведены кривые зависимости относительного уровня дифрагированного излучения от угла дифракции, на врезке рис. 2, а – участок той же кривой для малых значений углов дифракции, снятый при увеличенной разрешающей способности системы по углу<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Это дало возможность разрешить +1-й и -1-й порядки дифракции на МСВ, которые на основных кривых рис. 2 не разрешены.

На кривых рис. 2 можно различить три области: а) максимум при малых углах  $|\theta| \leq 1^\circ$ , соответствующий дифракции на МСВ; б) максимумы при углах  $|\theta| \sim 20 - 23^\circ$ , соответствующие дифракции на поперечных МУВ; в) широкий максимум АД с центром при малых углах, являющийся как бы "пьедесталом" для МСВ максимума. О дифракции в данном интервале углов ранее не сообщалось. Заметим, что угловая ширина максимума АД в направлении, перпендикулярном плоскости падения, была невелика и не превышала разрешающей способности установки ( $\sim 1^\circ$ ). Интенсивность дифрагированного излучения в режиме АД была промодулирована синхронно с модуляцией СВЧ мощности, что не позволяет отнести наблюдаемое рассеяние к рассеянию на неоднородностях.

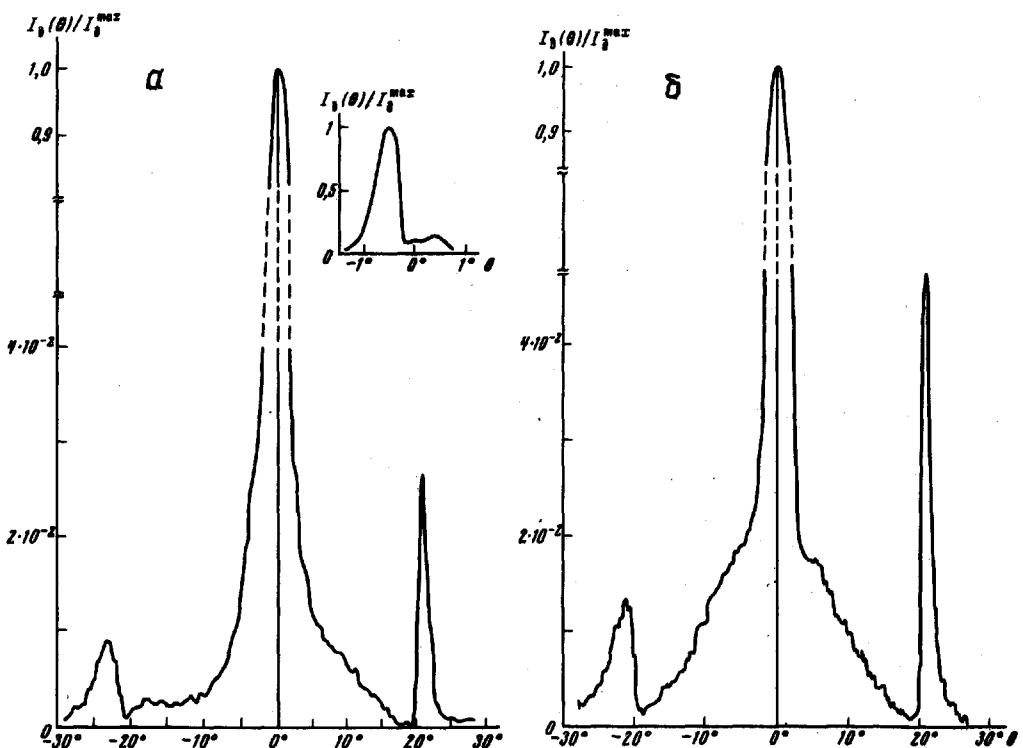


Рис. 2(а, б). Зависимость интенсивности дифрагированного излучения  $I_d(\theta)/I_d^{max}$  от угла дифракции. ( $I_d^{max} = 10^{-6}$  ет при мощности лазера 10 мвт). Падающий свет поляризован перпендикулярно плоскости дифракции.  $P_{СВЧ} \approx 1$  ет: а – кривая для образца 1,  $H = 590$  э, б – кривая для образца 2,  $H = 580$  э

При исследовании АД обнаружено следующее:

1) АД наблюдается примерно в том же интервале полей, что и дифракция на МСВ [4], но при уменьшении поля ниже поля отсечки интенсивность дифрагированного излучения уменьшается значительно быстрее, чем для МСВ.

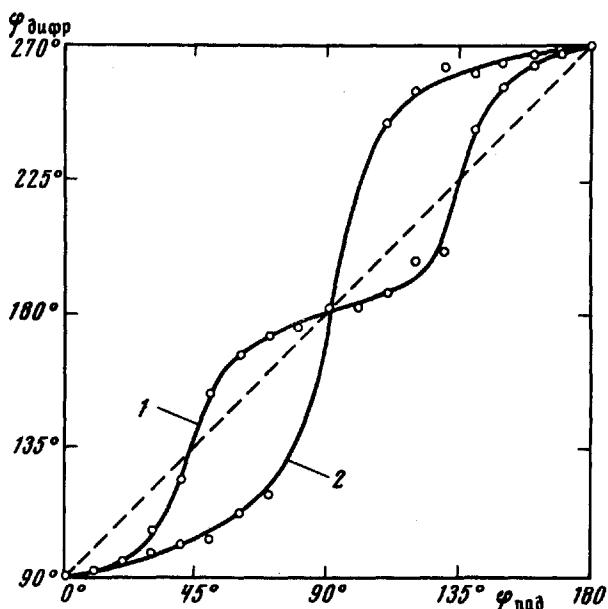


Рис. 3. Поляризационные характеристики дифрагированного излучения для образца 1:  $H = 590 \text{ з}$ ,  $P_{\text{СВЧ}} \approx 1 \text{ вт}$ . 1 – аномальная дифракция, 2 – дифракция на МСВ

2) Зависимость ориентации большой оси эллипса поляризации дифрагированного излучения от ориентации плоскости поляризации падающего излучения отличается от аналогичной зависимости для МСВ. На рис. 3 приведены обе кривые. Видно, что кривая для АД осциллирует относительно биссектрисы координатного угла вдвое чаще и с меньшей амплитудой, чем кривая для дифракции на МСВ. Кроме того, расчет, проведенный для случаев дифракции на спиновых, упругих и магнитоупругих волнах, показывает, что поляризационные характеристики для указанных типов дифракции отличаются от экспериментально полученных зависимостей для АД.

3) Интенсивность АД зависит от мощности СВЧ нелинейно и имеет тенденцию к насыщению. Это позволяет предположить существование связи АД с нелинейными процессами в феррите (скажем, с параметрическим возбуждением спиновых волн).

В заключение отметим, что имеющиеся в настоящее время сведения не позволяют сделать окончательного вывода о природе аномальной дифракции, и необходимы дальнейшие исследования.

Авторы выражают благодарность Я.А.Моносову за обсуждение работы, Ю.М.Яковлеву и И.Г.Аваевой за предоставление монокристаллов, а также И.А.Шарыгиной за помощь в проведении экспериментов.

Институт радиотехники  
и электроники  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
29 марта 1974 г.  
После переработки  
28 октября 1974 г.

### Литература

- [1] A.W.Smith. Appl. Phys. Lett., 11, 7, 1967; Phys. Rev., Lett., 20, 334, 1968.

[2] J.H.Collins, D.A.Wilson. Appl. Phys. Lett., 12, 331, 1968.

[3] H.L.Hu, F.R.Morgenthaler. Appl. Phys. Lett., 18, 307, 1971.

[4] Н.Н.Кирюхин, И.Н.Котельников, Ф.В.Лисовский. ФТТ, 14, 3686, 1972.

---