

Письма в ЖЭТФ, том 13, стр. 535 – 538

20 мая 1971 г.

**ОБНАРУЖЕНИЕ ФОНОННОЙ ЛАВИНЫ
МЕТОДОМ МАНДЕЛЬШТАМ-БРИЛЛЮЭНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА
ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАСЫЩЕНИИ ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА**

*С. А. Альтшулер, Р. М. Валишев, Б. И. Кочелав,
А. Х. Хасанов*

Ранее сообщалось об исследовании мандельштам-бриллюэновского рассеяния света (МБР) на продольных фононах в монокристалле церий-магниевого нитрата (CeMn) при насыщении ЭПР ионов Ce^{3+} в условиях

фононного "узкого горла" [1, 2]. Был обнаружен нагрев резонансных фононов до эффективной температуры $T_{эф} \approx 180^\circ\text{K}$ при начальной $T = 1,5^\circ\text{K}$ и измерены ширина спектрального распределения и время жизни горячих фононов. Указанный метод детектирования горячих фононов был применен независимо и несколько ранее в работе [3].

В этой статье излагаются результаты изучения МБР на поперечных фононах в кристалле CeMn при насыщении ЭПР как в центре линии поглощения, так и на ее крыльях.

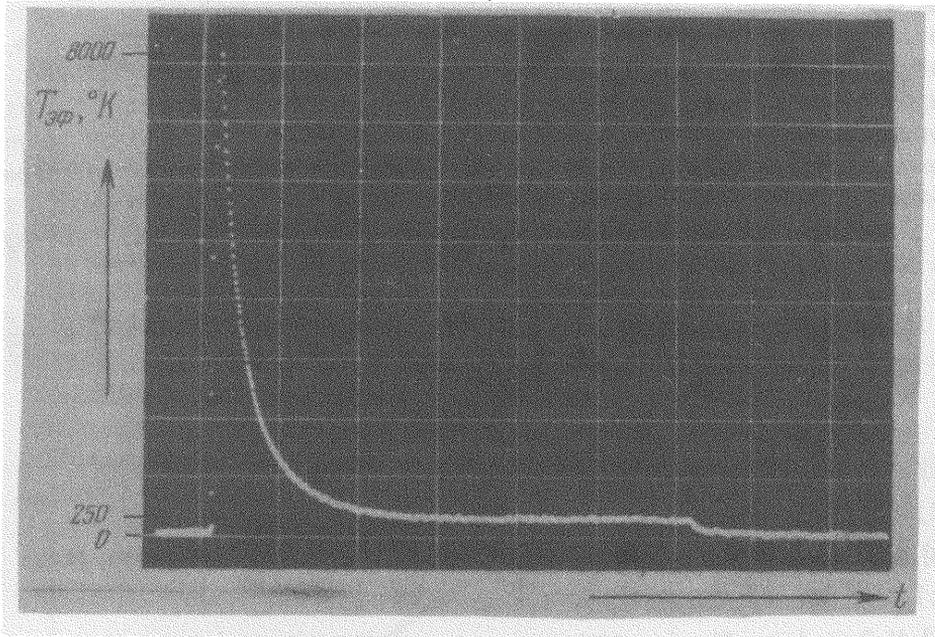


Рис. 1. Временная зависимость интенсивности рассеянного света при импульсном насыщении на крыле линии ЭПР ионов Ce^{3+} в церий-магниево-нитрате (цена деления по горизонтали — 2,5 мсек)

Оптически обработанный образец с размерами $4 \times 4 \times 8 \text{ мм}^3$ помещался в прямоугольный СВЧ резонатор, охлаждаемый до $1,5^\circ\text{K}$. Постоянное магнитное поле было направлено перпендикулярно кристаллографической оси. Насыщающее поле генерировалось клистроном мощностью 150 мвт в области частоты $6,8 \text{ ГГц}$. Насыщение осуществлялось в стационарном режиме и периодическими прямоугольными импульсами длительностью 15 мсек . В качестве источника света использовался He-Ne лазер мощностью 80 мвт с длиной волны $0,63 \text{ мк}$. Свет, рассеянный на фононах, распространяющихся в направлении $(\bar{1}01)$, согласно установке кристалла, принятой в работе [4], наблюдался под углом 90° с использованием сканирующего интерферометра Фабри — Перо и электронного метода регистрации. Для накопления периодических сигналов интенсив-

ности рассеянного света при импульсном насыщении применялся многоканальный анализатор. Исследование спектрального распределения эффективной температуры фононов проводилось путем изменения угла рассеяния, причем сужение полосы частот оптического приемника (до 30 МГц) достигалось сильным уменьшением апертурных углов падающего и рассеянного света.

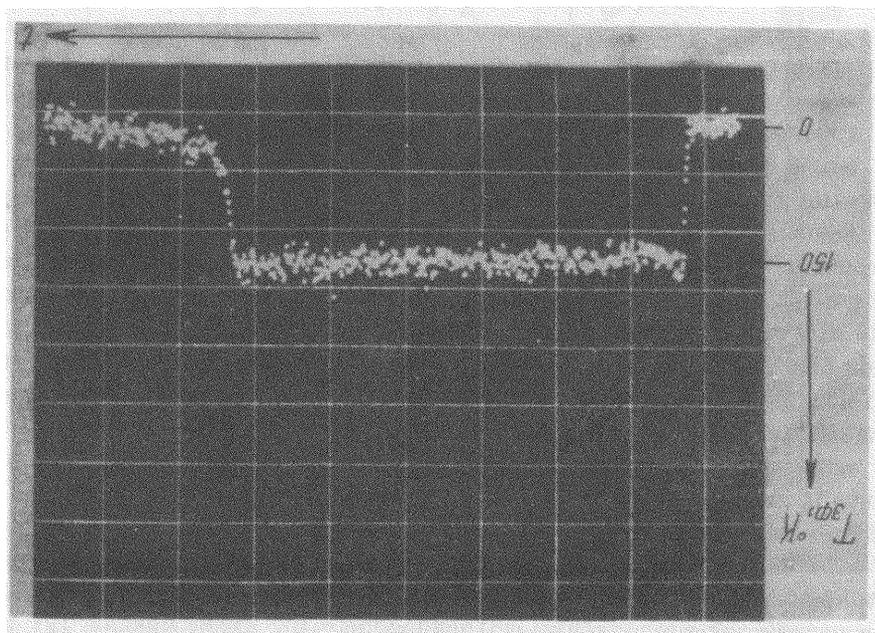


Рис. 2. То же, что и на рис. 1 при насыщении в центре линии ЭПР

При стационарном насыщении ЭПР в центре линии общая картина МБР совпала качественно с наблюдаемой ранее для продольных фононов [1, 2]. Наибольшая интенсивность МБР соответствовала рассеянию на фононах резонансной частоты, при этом $T_{эф} \approx 150^\circ \text{К}$. В случае стационарного насыщения ЭПР на крыле линии характер МБР качественно изменялся. Максимальный нагрев фононов наблюдался на частоте, которая не совпадала ни с резонансной, ни с частотой накачки и была сдвинута еще дальше по крылу. При этом спектральная ширина горячих фононов заметно сужалась по сравнению с шириной линии ЭПР, а эффективная температура повышалась до 250°К .

При переходе к импульсному насыщению были обнаружены новые, очень интересные особенности в поведении горячих фононов. При импульсном насыщении на крыле линии, вслед за передним фронтом импульса возникало лавинообразное нарастание эффективной температуры фононов (рис. 1), максимум которой был сдвинут по частоте примерно так же, как и в стационарном режиме. Интенсивность фононного всплеска

зависела от точного значения расстройки $\Delta\nu$ и достигала максимального значения $T_{эф} = 8000^\circ\text{K}$ при $\Delta\nu = \pm 100 \text{ МГц}$, что соответствует приблизительно полуширине ненасыщенной линии ЭПР. Из рис. 1 видно, что эффективная температура фононов уменьшается в e раз за время порядка 1 мсек и большая часть импульса соответствует стационарному режиму с $T_{эф} = 250^\circ\text{K}$. Попытка измерения распределения частот горячих фононов в лавине показала, что ширина распределения лежит в пределах полосы пропускания оптического приемника, т. е. не превышает $1/7$ ширины линии ЭПР. Особенностью импульсного насыщения в центре линии является исчезновение фононной лавины, что хорошо видно на рис. 2.

Лавинообразное нарастание числа фононов наблюдалось впервые (другим методом) при инвертировании заселенностей зеемановских уровней иона Fe^{2+} в кристалле MgO адиабатически быстрым прохождением [5]. На первый взгляд может показаться странным, что возникновение лавины фононов обнаружено нами при простом насыщении. С другой стороны, теоретически и экспериментально [6, 7] было показано, что при насыщении на крыле однородно уширенной линии возникает область индуцированного излучения, максимум которого расположен за точкой насыщения, что объясняется существенным различием температур диполь-дипольного резервуара и зеемановской системы [8]. Наличие такой области индуцированного излучения и приводит, по-видимому, к появлению обнаруженной нами фононной лавины. Это подтверждается и тем обстоятельством, что фононная лавина отсутствует при насыщении в центре линии, когда диполь-дипольный резервуар оказывается отключенным от зеемановской системы.

Более подробное изложение экспериментальных результатов и их теоретического анализа будет опубликовано в другом месте.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность И.Л.Фабелинскому и А.С.Боровику-Романову за обсуждение полученных результатов.

Казанский
государственный университет
им. В.И.Ленина

Поступила в редакцию
29 марта 1971 г.

Литература

- [1] С.А.Альтшулер, Р.М.Валишев, А.Х.Хасанов. Письма в ЖЭТФ, 10, 179, 1969.
- [2] Р.М.Валишев, А.Х.Хасанов. ФТТ, 12, 3521, 1970.
- [3] W.J.Brya, S.Geschwind, G.E.Devlin. Phys. Rev. Lett., 21, 1800, 1968.
- [4] Р.М.Валишев, А.Х.Хасанов. ФТТ, 12, 2847, 1970.
- [5] N.S.Shiren. Phys. Rev. Lett., 17, 958, 1966.
- [6] М.И.Родак. ФТТ, 6, 521, 1964.
- [7] В.А.Ацаркин, С.К.Моршнев. Письма в ЖЭТФ, 6, 578, 1967.
- [8] Б.Н.Провоторов. ЖЭТФ, 41, 1582, 1961.