

НЕРАВНОВЕСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ УДАРНО-СЖАТЫХ ИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ

Г.А.Кириллов, С.Б.Коржер, М.В.Синицын

Как было показано ранее [1], экспериментально измеренная температура ударно-сжатых ионных кристаллов в определенном диапазоне давлений достаточно хорошо согласуется с температурой, рассчитанной по уравнению состояния Ми – Грюнайзена.

При переходе в область относительно малых давлений оказалось (см. таблицу), что регистрируемые световые потоки значительно превосходят расчетно-ожидаемые. Этот эффект однозначно выявлен для кристаллов LiF, CsBr и NaCl. Световые потоки определялись методом работы [1].

Кристалл	ρ , кбар	ρ/ρ_0	T_{λ} °K расчет	T_{λ} °K эксперимент	
				$\lambda = 4780 \text{ \AA}$	$\lambda = 6250 \text{ \AA}$
NaCl	270	1,50	1250	2440	2270
	400	1,61	2120	2700	2450
CsBr	205	1,43	1750	2850	2650
	255	1,52	2300	3170	3000
LiF	340	1,3	1550	2080	2020
	650	1,45	1100	2750	2600
	755	1,49	1420	3430	3370
	1040	1,55	2150	3980	3920

Полученные экспериментальные результаты представлены в таблице. Яркостные температуры – T_{λ} найдены из измеренных световых потоков в предположении о равновесном характере излучения, и их значения являются мерой регистрируемых световых потоков. Полученные таким образом значения температур сопоставлены в таблице с расчетными значениями, найденными, исходя из экспериментально определенных параметров ударных волн в исследованных кристаллах и их уравнения состояния [2–4].

Из таблицы следует, что экспериментальные значения яркостных температур значительно превосходят расчетно-ожидаемые. Регистрируемое излучение заведомо не является тепловым. Действительно, если принять, что в LiF при давлении $P = 340$ кбар температура $T = 2080^{\circ}\text{K}$ отвечает тепловому излучению, то для его нагревания до этой температуры потре-

буется энергия $E_T = 4 \text{ кдж/г}$, в то время как полное увеличение внутренней энергии при этих давлениях

$$\Delta E = \frac{1}{2} \frac{\rho}{\rho_0} \frac{\sigma - 1}{\sigma}$$

(где $\sigma = \rho/\rho_0$; ρ_0 и ρ — начальная и конечная плотности вещества) составляет $1,5 \text{ кдж/г}$. Если учесть еще, что половина этой энергии идет на преодоление упругих сил отталкивания, то тепловая энергия сообщаемая LiF в этих условиях, примерно в пять раз меньше необходимой. Аналогичная картина имеет место и для NaCl, CsBr и для других состояний в LiF.

С какого же характера излучением мы имеем дело? Так как измерения проводятся в видимом диапазоне длин волн, то оно может определяться только электронами. Обращает на себя внимание, что световые потоки, измеренные в разных участках спектра, отвечают близким яркостным температурам (см. таблицу), что соответствует планковскому характеру излучения. Это говорит о том, что электроны находятся в равновесии между собой. В то же время они не находятся в равновесии с решеткой, так как их температура много выше температуры решетки.

По-видимому близкое явление обнаружил Брукс [5] при ударном сжатии кристаллического кварца вдоль оси X. Обнаруженное им свечение, возникающее одновременно по всему сечению образца, подвергнутого воздействию ударной волны, он отождествил с электролюминесценцией, которое обусловлено или пробоем диэлектрика, или ионизацией примесей электрическим полем, генерируемым ударной волной.

Насколько обнаруженное нами явление можно связать с электролюминесценцией, остается неясным, в первую очередь, потому, что для электролюминесценции характерно ярко выраженное изменение интенсивности излучения с длиной волны, тогда как в нашем случае этого не наблюдается. Правда увеличение температуры решетки может привести к расширению "купола" излучения. Хотя в настоящее время нет сколько-нибудь ясной картины наблюдаемого явления, можно предположить, что пластическая деформация приводит к рождению большого числа свободных электронов, имеющих высокую температуру и постепенно приходящих в равновесие с решеткой. Судя по времени нарастания яркости излучения, оно испускается тонкими слоями вещества, непосредственно прилегающими к скачку плотности на фронте ударной волны. Отсюда следует, что время установления теплового равновесия между электронами и решеткой $\tau \geq 10^{-7} \text{ сек}$.

Поступило в редакцию
4 марта 1968 г.

Литература

[1] С.Б.Кормер, М.В.Синицын, Г.А.Кириллов, В.Д.Урлин. ЖЭТФ, 48, 1033, 1965.

- [2] Л.В.Альтшулер, Л.В.Кулешова, М.Н.Павловский. ЖЭТФ, 39, 16, 1960.
- [3] Л.В.Альтшулер, М.Н.Павловский, Л.В.Кулешова, Г.В.Симаков. ФТТ, 5, 280, 1963.
- [4] С.Б.Кормер, М.В.Синицын, А.И.Фунтиков, В.Д.Урлин, А.В.Блинов. ЖЭТФ, 47, 1202, 1964.
- [5] W.Brooks. J.Appl. Phys., 36, 2788, 1965.