

О СПОНТАННОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ С ЧАСТОТОЙ ПОРЯДКА НЕСКОЛЬКИХ ГЕРЦ

Л.Э. Гуревич, Б.Л. Гельмонт, Е.Ф. Шендер

Известно, что состояние с градиентом температуры ∇T в хорошо проводящих кристаллах может стать неустойчивым при достаточно низких температурах (от водородной и ниже) [1 – 3]. При этом появляются нарастающие почти чисто магнитные и поэтому почти поперечные волны, названные термомагнитными. В кристаллах высокой симметрии (кубической, гексагональной, тетрагональной) состояние с градиентом температуры неустойчиво лишь при наличии внешнего магнитного поля, лежащего в интервале

$$\left| \frac{\nabla T_{кр}}{\nabla T} \right| \frac{c}{\mu} < H < \frac{c}{\mu} \left| \frac{\nabla T}{\nabla T_{кр}} \right|, \quad (1)$$

причем

$$|T_{кр}| = \frac{c}{4\pi\sigma |a_1| L}.$$

Здесь σ – проводимость, a_1 – коэффициент Нернста, μ – подвижность носителей тока, c – скорость света, L – линейные размеры кристалла. Необходимый перепад температуры минимален и $-\Delta T_{кр} = |\nabla T_{кр}| L$ при $H \approx \frac{c}{\mu}$. В анизотропных кристаллах, имеющих тригональную, ромбическую или более низкую симметрию, состояние с ∇T неустойчиво и в отсутствие внешнего магнитного поля, если ∇T не перпендикулярен ни к одной из осей второго порядка. В [2] показана возможность вывода генерируемых колебаний во внешнюю цепь.

Цель настоящего сообщения – показать, что термомагнитное возбуждение колебаний возможно в целом ряде металлов и что при этом могут генерироваться колебания с частотой порядка нескольких герц.

При относительном перепаде температуры $\Delta T/T > \Delta T_{кр}/T$ наступает генерация волн частоты $\omega = c a_1 |\nabla T| / L$.

Для Sb с остаточной проводимостью $\sigma = 10^{20}$ абс [4] коэффициент Нернста неизвестен. Оценивая его по формуле $a_1 \approx (\mu/e)(T/\epsilon_F)\gamma$ (ϵ_F – энергия Ферми, γ – коэффициент, учитывающий увеличение a_1 вследствие увлечения электронов фононами) и предполагая, что [5] коэффициент фононного увлечения при гелиевой температуре $\gamma \approx 100$, получим частоту колебаний $\omega \approx 15$ тг и критический перепад $\Delta T_{кр} = 0,4^\circ$.

В Cu с примесью 0,01% Fe термоэдс при гелиевой температуре, согласно [6], $\alpha = 2 \text{ мкв/град}$ (эффект аномального примесного рассеяния), а проводимость $\sigma = 10^{21}$ абс. Тогда

$$\alpha_1 = \alpha \frac{\mu}{c} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ мкв/эвст} \cdot \text{град},$$

$\omega = 3 \text{ в}$, $\Delta T_{\text{кр}}/T \approx 0,1$. Магнитное поле, необходимое вследствие кубической симметрии меди, $H = 500 \text{ э}$. Аномальное примесное рассеяние делает, по-видимому, возможным неустойчивость состояний с градиентом температуры и в других металлах первой группы (Ag, Au).

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
26 августа 1968 г.

Литература

- [1] Л.Э.Гуревич, Б.Л.Гельмонт. ЖЭТФ, 47, 1806, 1964.
- [2] Л.Э.Гуревич, Б.Л.Гельмонт. ЖЭТФ, 51, 183, 1966.
- [3] Л.Э.Гуревич, Е.Ф.Шендер. ФТТ, 10, 625, 1968.
- [4] I. R. Long, C. G. Grenier, I. M. Reynolds. Phys. Rev., 140A, 187, 1965.
- [5] С.С.Шалыт, Н.А.Редько. ФТТ, 10, 1557, 1968.
- [6] У.Б.Пирсон. ФТТ, 3, 1411, 1961.