ВЕСТНИК
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
№ 6 — 1969

УДК 548.536

В. В. ГАЛЬЦЕВ, В. К. СЕМЕНЧЕНКО

О ВЫЧИСЛЕНИИ ДЕТЕРМИНАНТА УСТОЙЧИВОСТИ АНИЗОТРОПНЫХ ФАЗ

Общий метод приведения якобианов к диагональному виду применен к детерминанту неустойчивости анизотропной фазы, находящейся во внешних электрическом и магнитном полях. Это чрезвычайно упрощает подсчет детерминанта неустойчивости, так как требует меньшего количества экспериментальных данных.

При изучении вопросов термодинамического равновесия различных систем основную роль играет, как известно [1—8], детерминант устойчивости D_y, характеризующий устойчивость системы относительно всех воздействий на нее. В случае однокомпонентной анизотропной фазы постоянной массы, подверженной термическому и механическому воздействиям и находящейся во внешних электростатическом $\vec{E}$ и магнитном $\vec{H}$ полях, внутренняя энергия U является функцией 13 переменных — обобщенных термодинамических координат

$$dU = TdS + \hat{\sigma}d\hat{\varepsilon} + \vec{E}d\vec{\mathscr{D}} + \vec{H}d\vec{\mathscr{B}} = TdS + \sigma_{ij}d\varepsilon_{ij} + E_i d\mathscr{D}_i + H_i d\mathscr{B}_i, \qquad (1)$$

где S — энтропия единицы объема системы,

$\hat{\varepsilon}$ — тензор механических деформаций,

$\vec{\mathscr{D}} = \frac{1}{4\pi}\vec{D}$ — вектор электрической индукции,

$\vec{\mathscr{B}} = \vec{B}/4\pi$ — вектор магнитной индукции,

$\hat{\sigma}$ — тензор механических напряжений,

$i, j = 1, 2, 3$.

Детерминант устойчивости такой системы является якобианом 13-го порядка:

$$D_y^{(13)} = \frac{\partial (T, \sigma_{ij}, E_i, H_i)}{\partial (S, \varepsilon_{kl}, D_j, B_j)} = \begin{vmatrix} \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_{\hat{\varepsilon},\vec{D},\vec{B}} & \left(\frac{\partial T}{\partial \varepsilon_{ij}}\right)_{S,\vec{D},\vec{B}} & \left(\frac{\partial T}{\partial \mathscr{D}_i}\right)_{S,\hat{\varepsilon},\vec{B}} & \left(\frac{\partial T}{\partial \mathscr{B}_i}\right)_{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}} \\ \left(\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial S}\right)_{\hat{\varepsilon},\vec{D},\vec{B}} & \left(\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial \varepsilon_{kl}}\right)_{S,\vec{D},\vec{B}} & \left(\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial \mathscr{D}_k}\right)_{S,\hat{\varepsilon},\vec{B}} & \left(\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial \mathscr{B}_k}\right)_{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}} \\ \left(\frac{\partial E_i}{\partial S}\right)_{\hat{\varepsilon},\vec{D},\vec{B}} & \left(\frac{\partial E_i}{\partial \varepsilon_{jk}}\right)_{S,\vec{D},\vec{B}} & \left(\frac{\partial E_i}{\partial \mathscr{D}_j}\right)_{S,\hat{\varepsilon},\vec{B}} & \left(\frac{\partial E_i}{\partial \mathscr{B}_j}\right)_{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}} \\ \left(\frac{\partial H_i}{\partial S}\right)_{\hat{\varepsilon},\vec{D},\vec{B}} & \left(\frac{\partial H_i}{\partial \varepsilon_{jk}}\right)_{S,\vec{D},\vec{B}} & \left(\frac{\partial H_i}{\partial \mathscr{D}_j}\right)_{S,\hat{\varepsilon},\vec{B}} & \left(\frac{\partial H_i}{\partial \mathscr{B}_j}\right)_{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}} \end{vmatrix}. \qquad (2)$$

Вторые частные производные U по одной и той же координате x_i, т. е. $\left(\frac{\partial^2 U}{\partial x_i^2}\right)_{x_j} = \left(\frac{\partial X_i}{\partial x_i}\right)_{x_j}$, расположенные на главной диагонали D_y и характеризующие главные эффекты в кристаллах, являются адиабатическими коэффициентами устойчивости (АКУ). В некоторых случаях экспериментальное определение АКУ затруднено, в то время как определение аналогичных производных при постоянстве обобщенных сил X_j, т. е. $\left(\frac{\partial X_i}{\partial x_i}\right)_{X_j}$ так называемых изодинамических коэффициентов устойчивости (ИКУ), вполне возможно [7, 8]. $D_y^{(13)}$ оказывается в рассматриваемом случае очень громоздким. Хотя влияние симметрии многих кристаллографических классов значительно упрощает матрицу $D_y^{(13)}$ ранг ее остается по-прежнему высоким (13), что затрудняет вычисление $D_y^{(13)}$. Наконец, сам подсчет требует большого количества экспериментальных данных.

Однако, как показано одним из нас [6], D_y всегда может быть приведен к диагональному виду, представляющему собой произведение нескольких АКУ на ИКУ, что существенно упрощает его вычисление, так как уменьшает количество экспериментальных величин, необходимых для подсчета D_y.

Это приведение D_y неоднозначно (для n переменных существует $n!$ преобразований $D_y^{(n)}$), и из различных выражений для D_y можно выбрать то, которое содержит известные величины.

В нашем случае 13 переменных существует $13! = 6227020800$ приведений $D_y^{(13)}$ к диагональному виду, но мы выберем из них лишь такие, при которых все коэффициенты, стоящие на главной диагонали $D_y^{(13)}$, определяются обычным для кристаллофизики образом. Так, компонент $\varkappa_{ij}$ тензора диэлектрической проницаемости $\hat{\varkappa}$ есть производная i-того компонента $\vec{D}$ по j-тому компоненту $\vec{E}$ при постоянстве остальных компонентов $\vec{E}$: например, $\varkappa_{11} = \left(\frac{\partial D_1}{\partial E_1}\right)_{E_2, E_3}$. Рассматривать же компоненты типа:

$$\varkappa_{11}^{*} = \left(\frac{\partial D_1}{\partial E_1}\right)_{D_2, D_3}, \quad \varkappa_{11}^{**} = \left(\frac{\partial D_1}{\partial E_1}\right)_{E_2, D_3}$$

мы не будем. Кроме того, $\hat{\varkappa}^{\hat{\sigma}}$ и $\hat{\varkappa}^{\hat{\varepsilon}}$ означают диэлектрические проницаемости соответственно механически свободного и механически зажатого кристалла. Хотя можно определить диэлектрическую проницаемость одновременно механически свободного и зажатого кристалла $\varkappa^{\sigma_{ij}, \varepsilon_{kl}}$ (т. е. при постоянстве некоторых компонентов тензора $\hat{\sigma}$ и несопряженных с ними компонентов тензора $\hat{\varepsilon}$), таких диэлектрических проницаемостей мы не рассматриваем. Это относится и к теплоемкостям (типа $C^{\sigma_{ij}, \varepsilon_{kl}, D_i, E_j, B_m, H_n}$), упругим коэффициентам (типа $s_{ijkl}^{D_m, E_n, B_p, H_q}$ и магнитным проницаемостям (типа $\mu^{\sigma_{ij}, \varepsilon_{kl}, D_m, E_n}$).

Поэтому 13 пар переменных (силы или координаты) мы разобьем на четыре группы, каждая из которых состоит из однородных величин: или из координат (x_i) или из сил (X_i).

В этом смысле $D_y^{(13)}$ является якобианом 4-го порядка (функцией четырех групп переменных):

$$D_y^{(13)} = \frac{\partial(T, \hat{\sigma}, \vec{E}, \vec{\vec{H}})}{\partial(S, \hat{\varepsilon}, \vec{\mathscr{D}}, \vec{\vec{\mathscr{B}}})}, \tag{3}$$

а количество преобразований $D_y^{(13)}$ сокращается с 13! до 4! = 24. Из (3) имеем:

$$D_y^{(13)} = \frac{1}{\dfrac{\partial(S, \hat{\varepsilon}, \vec{\mathcal{D}}, \vec{\vec{\mathcal{B}}})}{\partial(T, \hat{\sigma}, \vec{E}, \vec{\vec{H}})}} = \frac{1}{D_{Hy}^{(13)}}. \tag{4}$$

$D_{Hy}^{(13)}$, состоящий из ИКУ, называется детерминантом неустойчивости [8]. Его мы и преобразуем к диагональному виду. Имеем

$$D_{Hy}^{(13)} = \begin{vmatrix} \left(\dfrac{\partial S}{\partial T}\right)_{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial S}{\partial \sigma_{ij}}\right)_{T,\vec{E},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial S}{\partial E_i}\right)_{T,\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial S}{\partial H_i}\right)_{T,\hat{\sigma},\vec{E}} \\ \left(\dfrac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial T}\right)_{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial \sigma_{kl}}\right)_{T,\vec{E},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial E_k}\right)_{T,\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial H_k}\right)_{T,\hat{\sigma},\vec{E}} \\ \left(\dfrac{\partial \mathcal{D}_i}{\partial T}\right)_{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial \mathcal{D}_i}{\partial \sigma_{jk}}\right)_{T,\vec{E},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial \mathcal{D}_i}{\partial E_j}\right)_{T,\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial \mathcal{D}_i}{\partial H_j}\right)_{T,\hat{\sigma},\vec{E}} \\ \left(\dfrac{\partial \mathcal{B}_i}{\partial T}\right)_{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial \mathcal{B}_i}{\partial \sigma_{jk}}\right)_{T,\vec{E},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial \mathcal{B}_i}{\partial E_j}\right)_{T,\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}} & \left(\dfrac{\partial \mathcal{B}_i}{\partial H_j}\right)_{T,\hat{\sigma},\vec{E}} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} \dfrac{C^{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}}}{T} & \alpha_{ij}^{\vec{E},\vec{\vec{H}}} & p_i^{\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}} & \varphi_i^{\hat{\sigma},\vec{E}} \\ \alpha_{ij}^{\vec{E},\vec{\vec{H}}} & s_{ijkl}^{T,\vec{E},\vec{\vec{H}}} & d_{ijk}^{T,\vec{\vec{H}}} & \psi_{ijk}^{T,\vec{E}} \\ p_i^{\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}} & d_{ijk}^{T,\vec{\vec{H}}} & \dfrac{1}{4\pi}\varkappa_{ij}^{T,\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}} & \dfrac{1}{4\pi}\varkappa_{ij}^{T,\hat{\sigma}} \\ \varphi_i^{\hat{\sigma},\vec{E}} & \psi_{ijk}^{T,\vec{E}} & \dfrac{1}{4\pi}\varkappa_{ij}^{T,\hat{\sigma}} & \dfrac{1}{4\pi}\mu_{ij}^{T,\hat{\sigma},\vec{E}} \end{vmatrix}, \tag{5}$$

где $C^{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}}$ — удельная теплоемкость механически и магнитоэлектрически свободного кристалла; $s_{ijkl}^{T,\vec{E},\vec{\vec{H}}}$ — изотермические упругие податливости магнитоэлектрически свободного кристалла; $\frac{1}{4\pi}\varkappa_{ij}^{T,\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}}$ — компоненты тензора изотермической диэлектрической проницаемости магнитомеханически свободного кристалла; $\frac{1}{4\pi}\mu_{ij}^{T,\hat{\sigma},\vec{E}}$ — компоненты тензора изотермической магнитной приницаемости механически и электрически свободного кристалла; $\alpha_{ij}^{\vec{E},\vec{\vec{H}}}$ — коэффициенты тензора теплового расширения магнитно и электрически свободного кристалла; $d_{ijk}^{T,\vec{\vec{H}}}$ — изотермические пьезомодули при $\vec{\vec{H}} = \mathrm{const}$; $\frac{1}{4\pi}\chi_{ij}^{T,\hat{\sigma}}$ — компоненты тензора изотермической магнитоэлектрической приницаемости механически свободного кристалла; $p_i^{\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}}$ — пироэлектрические коэффициенты механически свободного кристалла при $\vec{\vec{H}} = \mathrm{const}$; $\varphi_i^{\hat{\sigma},\vec{E}}$ — пиромагнитные коэффициенты механически и электрически свободного кристалла; $\psi_{ijk}^{T,\vec{E}}$ — изотермические пьезомагнитные коэффициенты электрически свободного кристалла.

Ниже приводятся 24 преобразования детерминанта неустойчивости $D_{Hy}^{(13)}$ к диагональному виду;

$$D_{Hy}^{(13)}=\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}}\prod_{\alpha=1}^{6}\left(\frac{\partial\varepsilon_\alpha}{\partial\sigma_\alpha}\right)_{S,\vec{E},\vec{\vec{H}}}\prod_{i=1}^{3}\left(\frac{\partial\mathcal{D}_i}{\partial E_i}\right)_{S,\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}}\prod_{i=1}^{3}\left(\frac{\partial\mathcal{B}_i}{\partial H_i}\right)_{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}}=$$

$$=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{E},\vec{\vec{H}}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{\vec{H}}}\mu_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}};$$

(в этом выражении, как и везде ниже, суммирования по повторяющимся индексам α и i нет. Под знаком Π подразумевается произведение соответствующих коэффициентов. Для упругих коэффициентов s использована двухиндексная запись).

$$D_{Hy}^{(13)}=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{E},\vec{\vec{H}}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{\vec{B}}}\mu_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{E}};$$

$$D_{Hy}^{(13)}=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{D},\vec{\vec{H}}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{S,\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}}\mu_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}};$$

$$D_{Hy}^{(13)}=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{D},\vec{\vec{B}}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{S,\hat{\sigma},\vec{\vec{H}}}\mu_{ii}^{S,\hat{\sigma},\vec{D}};$$

$$D_{Hy}^{(13)}=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{E},\vec{\vec{B}}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{\vec{B}}}\mu_{ii}^{S,\hat{\sigma},\vec{E}};$$

$$D_{Hy}^{(13)}=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{E},\vec{\vec{H}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{D},\vec{\vec{B}}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{S,\hat{\sigma},\vec{\vec{B}}}\mu_{ii}^{S,\hat{\sigma},\vec{E}};$$

$$D_{Hy}^{(13)}=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{E},\vec{\vec{H}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{E},\vec{\vec{H}}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{\vec{H}}}\mu_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}};$$

$$D_{Hy}^{(13)}=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{E},\vec{\vec{H}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{E},\vec{\vec{H}}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{\vec{B}}}\mu_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{E}};$$

$$D_{Hy}^{(13)}=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{E},\vec{\vec{B}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{E},\vec{\vec{H}}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{\vec{B}}}\mu_{ii}^{T,\hat{\varepsilon},\vec{E}};$$

$$D_{Hy}^{(13)}=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{D},\vec{\vec{B}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{\hat{T},\vec{E},\vec{\vec{H}}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{T,\hat{\varepsilon},\vec{\vec{B}}}\mu_{ii}^{T,\hat{\varepsilon},\vec{E}};$$

$$D_{Hy}^{(13)}=\frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{D},\vec{\vec{H}}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6}s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{E},\vec{H}}\prod_{i=1}^{3}\varkappa_{ii}^{T,\hat{\varepsilon},\vec{\vec{H}}}\mu_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{E},\overset{\Rightarrow}{H}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{T,\hat{\varepsilon},\overset{\Rightarrow}{H}}\mu_{ii}^{T,\hat{\varepsilon},\vec{D}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{D},\overset{\Rightarrow}{H}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{D},\overset{\Rightarrow}{H}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{T,\hat{\sigma},\overset{\Rightarrow}{H}}\mu_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{D},\overset{\Rightarrow}{H}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{T,\hat{\sigma},\overset{\Rightarrow}{H}}\mu_{ii}^{S,\hat{\sigma},\vec{D}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{D},\overset{\Rightarrow}{H}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{D},\overset{\Rightarrow}{H}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{T,\hat{\sigma},\overset{\Rightarrow}{H}}\mu_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\vec{D}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\varepsilon,\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{D},\overset{\Rightarrow}{H}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{T,\hat{\sigma},\overset{\Rightarrow}{H}}\mu_{ii}^{T,\hat{\varepsilon},\vec{D}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{T,\hat{\sigma},\overset{\Rightarrow}{H}}\mu_{ii}^{T,\hat{\sigma},\vec{D}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{T,\hat{\sigma},\overset{\Rightarrow}{H}}\mu_{ii}^{T,\hat{\sigma},\vec{D}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{E},\overset{\Rightarrow}{B}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{E},\overset{\Rightarrow}{B}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{S,\hat{\varepsilon},\overset{\Rightarrow}{B}}\mu_{ii}^{T,\hat{\sigma},\vec{E}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{E},\overset{\Rightarrow}{B}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{S,\hat{\sigma},\overset{\Rightarrow}{B}}\mu_{ii}^{T,\hat{\sigma},\vec{E}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{E},\overset{\Rightarrow}{B}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{E},\overset{\Rightarrow}{B}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{S,\hat{\varepsilon}\overset{\Rightarrow}{B}}\mu_{ii}^{T,\hat{\sigma},\vec{E}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{E},\overset{\Rightarrow}{B}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{T,\hat{\varepsilon},\overset{\Rightarrow}{B}}\mu_{ii}^{T,\hat{\sigma},\vec{E}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\sigma},\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{S,\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{T,\hat{\sigma},\overset{\Rightarrow}{B}}\mu_{ii}^{T,\hat{\sigma},\vec{E}};$$

$$D^{(13)}_{Hy} = \frac{1}{(4\pi)^6}\,\frac{C^{\hat{\varepsilon},\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}}{T}\prod_{\alpha=1}^{6} s_{\alpha\alpha}^{T,\vec{D},\overset{\Rightarrow}{B}}\prod_{i=1}^{3} \varkappa_{ii}^{T,\hat{\sigma},\overset{\Rightarrow}{B}}\mu_{ii}^{T,\hat{\sigma},\vec{E}}.$$

Взаимосвязь между коэффициентами преобразованного $D^{(13)}_{Hy}$ с соответствующими коэффициентами, стоящими на главной диагонали неприведенного $D^{(13)}_{Hy}$ и характеризующими главные эффекты в кристаллах, задается известными в кристаллофизике соотношениями [9].

Для подсчета $D_{Hy}^{(13)}$ можно использовать любое из 24 приведенных выражений в зависимости от имеющихся экспериментальных данных. Вычисление $D_y^{(13)}$ производится по (4).

Детерминант неустойчивости D_{Hy} однокомпонентной анизотропной фазы, подверженной термическому и механическому воздействиям и находящейся во внешних электростатическом и магнитном полях, приведен к диагональному виду, представляющему собой произведение нескольких АКУ на ИКУ, что значительно упрощает подсчет детерминанта устойчивости D_{Hy}, так как требует меньшего количества экспериментальных данных. Из общего числа 13! возможных преобразований D_{Hy} приведены 24, любое из которых может быть использовано для нахождения D_y в зависимости от имеющихся экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиббс Д. В. Термодинамические работы. М.— Л., ГИТТЛ, 1950.
2. Семенченко В. К. Применение ультраакустики в исследовании вещества. Сб. под ред. В. Ф. Ноздрева, изд. МОПИ, т. 3, стр. 51, 1956.
3. Семенченко В. К. Физика и физико-химический анализ. Вып. 1, изд. ИОНХ, 1957.
4. Семенченко В. К. «Изв. АН СССР», химические науки, № 2, 368, 1959.
5. Семенченко В. К. «Журн. физ. химии», 33, 1440, 1959.
6. Семенченко В. К. «Журн. физ. химии», 9, 2386, 1967.
7. Семенченко В. К. «Кристаллография», 9, 611, 1964.
8. Семенченко В. К. Избранные главы теоретической физики. М., «Просвещение», 1966.
9. Дж. Най. Физические свойства кристаллов. М., «Мир», 1967.

Поступила в редакцию
11.4 1969 г.

Кафедра
физики кристаллов