

UDC 533.9.004.14; 621.039.6

<sup>1</sup>A.V. Leont'eva, <sup>2</sup>A.I. Erenburg, <sup>1</sup>A.Yu. Prokhorov<sup>1</sup>Donetsk Physics & Engineering Institute of NAS of Ukraine, 72 R.Luxemburg str.,  
Donetsk, 83114, Ukraine

E-mail: vesta-news@yandex.ru; tonya.leont@gmail.com

<sup>2</sup>Ben-Gurion University of Negev, P.O.B. 653, Beer-Sheva 84105, Israel

\*E-mail: erenbura@bgu.ac.il

### Low-frequency internal friction (LFIF) as express method for identification of cryocrystals in pores of the solids

Cryocrystals (solidified gases) form a relatively small group of materials which are gaseous at room temperatures and solids at low ones. They have the triple points at low temperatures because of low weight and small size of their molecules and also weakness of binding forces. This group of solids includes atomic cryocrystals (He, Ne, Ar, Kr, Xe), simplest molecular crystals (hydrogen, nitrogen, CO, oxygen, fluorine), and also few crystals from bigger molecules (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> etc.). Being chemically neutral, the gases fill the pores and becomes cryocrystals under cooling, influencing the properties of the solid matrices.

**Key words:** low-frequency internal friction HTSC ceramics, cryocrystals superconducting transition, phase transformations.

А.В. Леонтьева, А.И. Эренбург, А.Ю. Прохоров

### Низкочастотное внутреннее трение (НЧВТ)

#### как экспресс-метод идентификации криокристаллов в порах твердых тел

Криокристаллы (затвердевшие газы) образуют относительно небольшую группу материалов находящихся в газообразном состоянии при комнатной температуре и в твердом состоянии при криогенных температурах. Эта группа веществ включает атомные криокристаллы (He, Ne, Ar, Kr, Xe), простейшие молекулярные криокристаллы (водород, азот, СО, кислород), а также некоторые кристаллы больших молекул (СО<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>).

В результате НЧВТ исследования (при  $f=10-20$  Гц) ОМИБ ВТСП керамики обнаружено, что кроме пика при  $T=90-95$ К, относящегося к сверхпроводящему NS-переходу, наблюдаются также несколько повторяющихся пиков вблизи температур 24, 44 и 54 К, соответствующих температурам фазовых превращений и тройной точки твердого кислорода. Данный факт позволяет идентифицировать наличие кислорода в порах оксида Y-Ba-Cu-O.

**Ключевые слова:** низкочастотное внутреннее трение, ВТСП керамика, криокристаллы, сверхпроводящий переход, фазовые превращения.

А.В. Леонтьева, А.И. Эренбург, А.Ю. Прохоров

### Төмен жиілікті ішкі үйкелістер (ТЖІҮ) қатты денелердің қуыстарындағы криокристалдарын жылдам сәйкестендіру әдісі ретінде

Криокристалдар (қатып қалған газдар) бөлме температурасында газ тектес күйде, криогенді температураларда қатты күйде болатын материалдардың салыстырмалы түрде кішкентай тобын құрайды. Заттардың бұл тобына атомдық криокристалдар (He, Ne, Ar, Kr, Xe), қарапайым молекулалық криокристалдар (сутегі, азот, СО, оттегі), сонымен қатар үлкен молекулалардың кейбір кристалдары (СО<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>) жатады.

ТЖІҮ зерттеу ( $f=10-20$  Гц кезінде) ОМИБ ЖТАӨ керамиканың  $T=90-95$ К кезіндегі асқын өткізгіш NS ауысуға сәйкес келетін шыңы, сонымен қатар фазалық ауысулардың және қатты оттегінің үштік нүктесіне сәйкес келетін 24, 44 және 54 К температураның маңайында бірнеше қайталанатын шыңдарда да байқалады. Бұл факт оттегінің қуыстарында Y-Ba-Cu-O бар екенін сәйкестендіруге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** төмен жиілікті ішкі үйкеліс, ЖТАӨ керамика, криокристалдар, асқын өткізгіш ауысу, фазалық ауысулар.

Cryocrystals (solidified gases) form a relatively small group of materials which are gaseous at room temperatures and solids at low ones. They have the triple points at low temperatures because of low weight and small size of their molecules and also weakness of binding forces. This group of solids includes atomic cryocrystals (He, Ne, Ar, Kr, Xe), simplest molecular crystals (hydrogen, nitrogen, CO, oxygen, fluorine), and also few crystals from bigger molecules ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  etc.). Being chemically neutral, the gases fill the pores and becomes cryocrystals under cooling, influencing the properties of the solid matrices. Method of internal friction used in the paper permits to detect a presence of gases in pores of the matrix as the cryocrystals give an additional contribution in the background spectrum of crystal matrix causing an appearance of additional peaks in the spectrum. Temperatures of triple points are the control points for most of the cryocrystals. For molecular cryocrystals, the control points are temperatures of phase transitions as well.

LFIF study ( $f=10-20$  Hz) of YBCO HTSC ceramics [1] reveals (Fig.1), that besides a peak at  $T=90-95\text{K}$ , related probably to superconducting NS transition, a few repeating peaks are observed near the temperatures 24, 44 and 54 K corresponding to temperatures of phase transitions and triple point of

solid oxygen. This fact allows identifying the presence of  $\text{O}_2$  in pores of oxide Y-Ba-Cu-O ceramics. Note that temperatures of these  $Q^{-1}(T)$  peaks are independent on frequency and coincides with ones for pure crystalline  $\text{O}_2$  [2].

Indeed, according to our study [3], the pores of HTSC ceramic samples are filled with condensed  $\text{O}_2$ , released by a sample during it's thermal treatment.

Porosity of such samples can reach 10% from its volume.

Holter et al. have studied an effect of hydrogen absorption of sample pores on mechanical properties of the steels. LFIF spectra  $\sim Q^{-1}(T)$  of such steel samples obtained at frequencies 100-300 Hz (see Fig.2) show the presence of  $\text{H}_2$  in view of a sharp peak near  $\sim 14\text{K}$  (curve 1), corresponding to  $\text{H}_2$  triple point [4]. In case of an absence of hydrogen in pores of the sample (curve 2) the dependence  $\sim Q^{-1}(T)$  shows a monotonic behavior without any anomalies.

Thus, the LFIF method makes it possible a determination and identification of gases in the studied objects. This method, in particular, is desirable for studying of solids derived from hard-to-reach or remote atmospheres, for instance, samples from ocean bed, mines, or space objects (meteorites).

#### References

- 1 V.N.Varyukhin, A.V.Leont'eva, G.A.Marinin, A.Yu. Prokhorov, A.I.Erenburg, Fiz.Teh.Vis.Davl. 23, 63 (2013).
- 2 A.I. Erenburg, A.V. Leont'eva, V.N. Varyukhin, G.A. Marinin, and A. Yu. Prokhorov. Fiz.Nizk.Temp. 37, 539 (2011).
- 3 A.V.Leont'eva, G.A.Marinin, A.Yu.Prokhorov, V.M.Svistunov, L.V.Stepanchuk,