

- [2] Л а з у т к и н В.Ф. Выпуклый бильярд и собственные функции оператора Лапласа. Л.: ЛГУ, 1981. 196 с.
- [3] К о р н е й ч и к В.В. Геометро-волновой метод расчета волноводов и резонаторов. Автореф. канд. дис. Минск, 1983. 14 с.

Поступило в Редакцию
20 июля 1987 г.
В окончательной редакции
27 ноября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 4 26 февраля 1988 г.

КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ $Cu_{2-x}Se$ ВБЛИЗИ СУПЕРИОННОГО ПЕРЕХОДА

М.А. К о р ж у е в, Л.М. С е р г е е в а

Суперионный селенид меди $Cu_{2-x}Se$ (температура суперионного фазового перехода $T_c = 291-413$ К [1]) используется для изготовления р-ветви среднетемпературных термоэлементов [2], в том числе с прижимными коммутирующими контактами (никель, нержавеющая сталь), механическая прочность которых определяется силами трения:

$$F = k_T P,$$

где k_T - коэффициент трения, P - сжимающая сила [3].

В настоящей работе измерен коэффициент трения скольжения k_T $Cu_{2-x}Se$ -контртело (нержавеющая сталь 20x13) и обнаружено уменьшение k_T на ~ 35% при переходе сплавов $Cu_{2-x}Se$ в суперионную фазу.

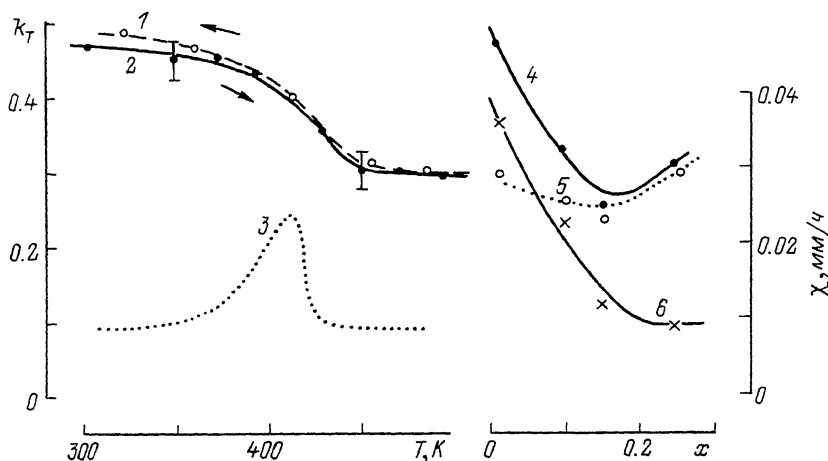
Образцы $Cu_{2-x}Se$ (\varnothing 8 мм, длиной 10 мм) с $x = 0.01, 0.10, 0.15$ и 0.25 прессовали из порошков с фракцией 50-100 мкм под давлением до 1 ГПа.

Измерения k_T проводили на воздухе (влажность 40%) в интервале температур 300-490 К в режиме нагрева и охлаждения со скоростью 4 К/мин. Использовали нагрузку 0.2 кг, скорость вращения контртела (шлифованный цилиндр \varnothing 10 мм) составляла 30 об/мин, линейная скорость перемещения образца относительно контртела - 1.6 см/с, точность измерений - 10%.

Среднюю температуру образца измеряли термпарой хромелькопель с точностью 1 К, износ χ образца в зоне фрикционного контакта определяли с точностью 0.002 мм.

Во всех случаях наблюдали перенос материала образцов на контртело.

На рисунке показаны температурные зависимости k_T сплава $Cu_{1.99}Se$ (1 - охлаждение, 2 - нагрев), а также концентрацион-



Температурные (1, 3 - нагрев; 2 - охлаждение) и концентрационные (4-6) зависимости коэффициента трения k_T (1, 2, 4, 5), сигнала ДТА (3) и износа материала χ (6). x : 1-3 - 0.01; T , K: 4 - 300, 5 - 450.

ные зависимости k_T (4, 5) и износа образцов χ , усредненного по интервалу температур 300-490 K (6).

На рисунке приведена также кривая 3 нагрева дифференциального термического анализа (ДТА) (5 K/мин) образца $Cu_{1.99}Se$ вблизи суперионного фазового перехода $\alpha \rightarrow \beta$ ($T_c = 413$ K).

Из кривых 1-3 видно, что суперионный переход ведет к уменьшению величины k_T образца на $\sim 35\%$.

Переход $\alpha \rightarrow \beta$ происходит также в сплавах $Cu_{2-x}Se$ с ростом x при комнатной температуре [1], что сопровождается соответствующим уменьшением k_T (кривая 4); в суперионной β -фазе $k_T = 0.25-0.3$ для всех образцов (кривая 5). Некоторое увеличение k_T в образце с $x = 0.25$ (кривые 4 и 5) может быть связано с присутствием в сплаве указанного состава включений второй фазы Cu_3Se_2 [1].

Заметим, что уменьшение k_T коррелирует с уменьшением микротвердости $H\mu$ (на $\sim 40\%$) и увеличением пластичности сплавов $Cu_{2-x}Se$ при переходе в суперионную фазу [4].

Соответственно с ростом x и пластичности уменьшается износ χ материала (кривая 6), дополнительный вклад в увеличение χ может давать также увеличение окисляемости сплавов $Cu_{2-x}Se$ в области малых x [3, 5].

Таким образом, суперионный фазовый переход в $Cu_{2-x}Se$ оказывает заметное влияние на коэффициент трения k_T образец - контртело, что следует учитывать при практическом использовании материала.

Аналогичный эффект, по-видимому, может проявляться также и на других суперионных проводниках.

Выражаем глубокую благодарность Н.Н. Филипович за помощь в работе, В.Ф. Банкиной – за выращенные и предоставленные для измерений кристаллы.

Л и т е р а т у р а

- [1] Абрикосов Н.Х., Банкина В.Ф., Коржуев М.А., Деменский Г.К., Теплов О.А. – ФТТ, 1983, т. 25, № 10, с. 2911-2916.
- [2] Горбачев В.В. Полупроводниковые соединения $A_2^I B^V$. М.: Металлургия, 1980. 132 с.
- [3] Крагельский И.В. Трение и износ. М.: Машинно-строение, 1968. 480 с.
- [4] Сирота Н.Н., Коржуев М.А., Лобзов М.А., Абрикосов Н.Х., Банкина В.Ф. – ДАН СССР, 1985, т. 281, № 1, с. 75-77.
- [5] Абрикосов Н.Х., Коржуев М.А., Банкина В.Ф., Кузнецова И.В. – ЖТФ, 1987, т. 57, № 7, с. 1406-1409.

Институт металлургии им. А.А.Байкова Поступило в Редакцию
АН СССР, Москва 10 августа 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 4 26 февраля 1988 г.

ДЛИННОВОЛНОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В КРИСТАЛЛАХ $LiH_{1-x}D_x$

В.Г. Плеханов

Максимально возможное различие масс изотопов водорода (дейтерия и трития) при практически неизменных силовых постоянных в кристаллах $LiH_{1-x}D_x$ (наряду с простотой кристаллической (NaCl-тип) структуры) давно выдвинуло эти простейшие системы с двумя s -электронами в разряд модельных кристаллов. Особенно это заметно при расчете динамики решетки из первых принципов. Благодаря работам по инфракрасному (ИК) поглощению [1] и отражению [2], рассеянию света [3, 4] и тепловых нейтронов [5, 6], динамика чистых кристаллов LiH (LiD) достаточно полно исследована. Согласно результатам этих работ, спектральное распределение фононов в LiH и LiD оказывается практически одинаковым в области акустических ($\approx 450 \text{ см}^{-1}$) колебаний. В области оптических колебаний частоты фононов в LiH приблизительно в $\sqrt{2}$ больше, чем в LiD и, кроме того, в LiH имеется щель ($580-610 \text{ см}^{-1}$) запрещенных частот между акустическими и оптиче-