

PACS: 07.35.+k, 68.18.Jk, 73.50.Lw

О.В. Савина, А.Н. Бабушкин, А.Р. Динисламов

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ НА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВИНЦА

Уральский государственный университет им. А.М. Горького
пр. Ленина, 51, г. Екатеринбург, 620083, Россия
E-mail: savina_olga@rambler.ru

Изучено влияние высоких (5–50 GPa) давлений на термоэлектрические свойства свинца непосредственно при обработке высокими давлениями и выявлены вероятные фазовые превращения. Исследованы зависимости термоэдс свинца от давления и времени при комнатной температуре. Обнаружено, что в свинце существуют вероятные структурные превращения в области давлений ~ 11 и ~ 30 GPa.

Известно, что пластические деформации оказывают существенное влияние на кинетику и особенности фазовых превращений под давлением.

Цель работы – исследование влияния высоких (5–50 GPa) давлений на термоэлектрические свойства свинца непосредственно при обработке высокими давлениями и выявление вероятных фазовых превращений. Термоэдс является структурно-чувствительной характеристикой, поэтому ее изучение позволяет выявить не только вероятные структурные превращения, но и зависимость этих превращений от времени.

Свинец кристаллизуется в ГЦК-фазу при нормальных условиях. Признаки перехода к новой фазе при $P = 13$ GPa [1,2] обнаружены более сорока лет назад, новую структуру определили как гексагонально-плотноупакованную (ГПУ). Свинец исследован также при давлениях $P > 50$ GPa, обнаружено наличие фазового перехода ГПУ–ОЦК при давлениях $P \sim 87$ GPa [3,4].

Измерения проводили при комнатной температуре в камере высокого давления с алмазными наковальнями типа «закругленный конус–плоскость», изготовленными из синтетических поликристаллических алмазов «карбонадо» [5]. Исследования выполнены на образцах свинца толщиной 0.5 mm.

Первоначально было обнаружено, что после обработки давлением термоэдс свинца не возвращается к исходному значению. Поэтому дальнейшие исследования проводили по следующей схеме. Измерив термоэдс при $P \sim 0$, увеличивали давление до некоторого значения и вновь измеряли термоэдс. Затем снижали нагрузку до $P \sim 0$ и снова измеряли термоэдс. Предельные

значения давления для каждого цикла последовательно увеличивали (или снижали) на 0.5–2 GPa. Было обнаружено, что при $P \sim 20$ GPa (рис. 1,а) значение термоэдс не меняется. При последующем повышении давления до $P \sim 30$ GPa (рис. 1,б,в) термоэдс увеличивается на $\sim 20\%$ (что лежит вне пределов экспериментальной погрешности). Аналогичное поведение термоэдс наблюдали и при повышении давления до $P \sim 45$ GPa (рис. 1,д,е), но при этом характер необратимых изменений был иным. Увеличение нагрузки до $P \sim 20$ GPa не влияет на термоэдс. При последующем повышении давления термоэдс резко возрастает и меняет знак при 27–30 GPa. Повышение и снижение нагрузки в интервале 30–45 GPa не влияет на термоэдс. При снижении давления до 27–30 GPa термоэдс вновь меняет знак на противоположный и возвращается к исходному значению.

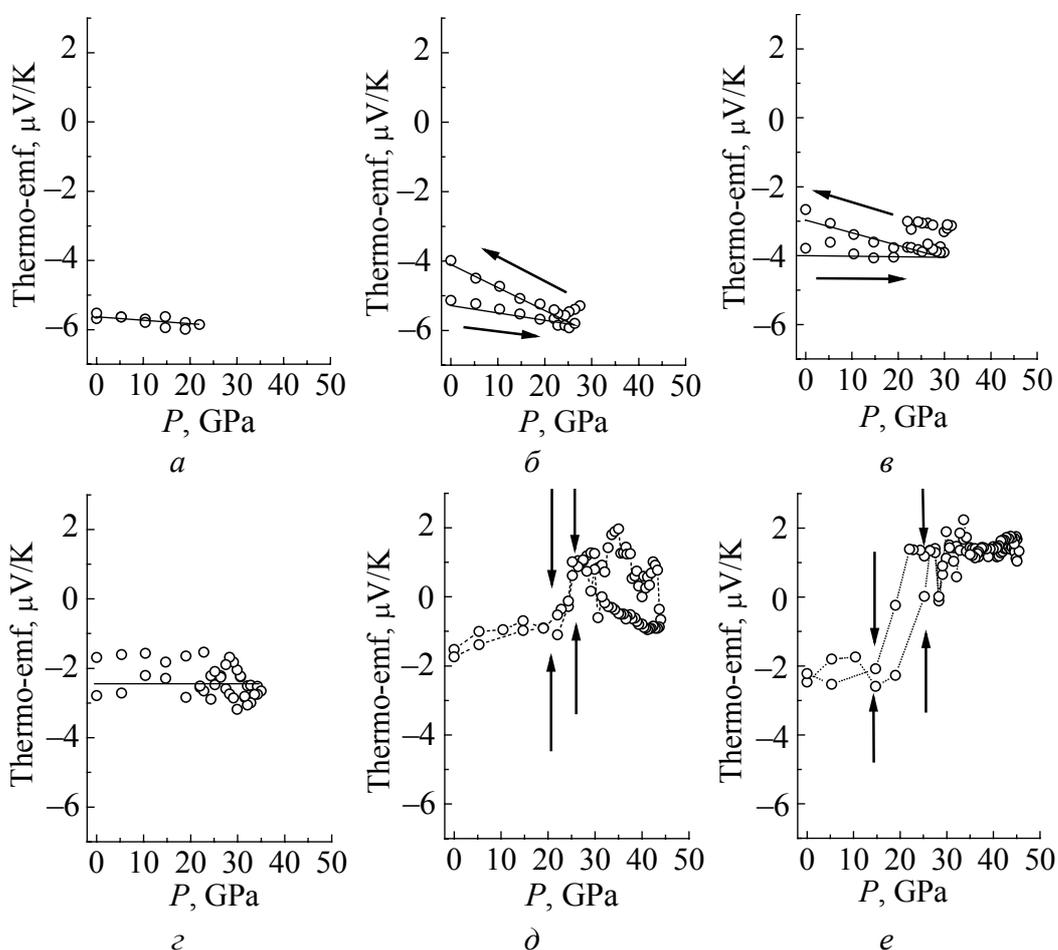


Рис. 1. Барические зависимости термоэдс свинца

Заметим, что изменения, происходящие в свинце при пластической деформации, зависят от времени. Релаксационные процессы термоэдс хорошо описываются (коэффициент корреляции ~ 0.95) экспоненциальной зависимостью (рис. 2) вида

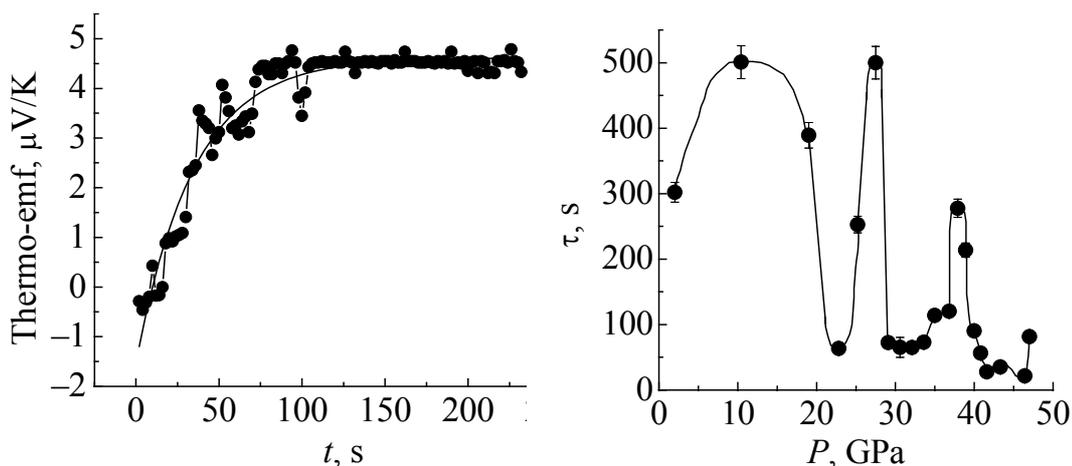


Рис. 2. Пример зависимости термоэдс от времени при давлении 39 GPa

Рис. 3. Барическая зависимость времени релаксации термоэдс

$$S = S_0 + A \exp(-t/\tau),$$

где t – время, τ – время релаксации.

При обработке и анализе зависимостей термоэдс от времени обнаружили, что в области давлений порядка 11, 28 и 37 GPa (рис. 3) времена релаксации возрастают в несколько раз. Данные по времени релаксации коррелируют с полученными результатами по барическим зависимостям термоэдс.

В интервале давлений 0–100 GPa было обнаружено наличие фазовых превращений при 13 и 87 GPa [1–4]. Наши исследования показали, что вероятные структурные превращения в свинце существуют также в области давлений 30 GPa. Это может быть связано с тем, что изменения, протекающие в свинце при $P \sim 30$ GPa, происходят на микроуровне. Их можно обнаружить с помощью измерения термоэдс.

Эксперименты показали, что измерение термоэдс при сверхвысоких давлениях позволяет изучать модификацию металлов и сплавов непосредственно во время пластического деформирования. Это создает возможность исследования влияния высоких пластических деформаций не только на возникновение новых структурных состояний, но и на динамику этих превращений.

1. T. Takahashi, H.K. Mao, W.A. Bassett, Science **165**, 1352 (1969).
2. A.S. Balchan, H.G. Drickamer, Rev. Sci. Instrum. **32**, 308 (1961).
3. A.Y. Liu, A. Garcia, M.L. Cohen, Phys. Rev. **B43**, 1795 (1990).
4. Y.K. Yohra, A.L. Ruoff, Phys. Rev. **B42**, 8651 (1990).
5. L.F. Vereshchagin, E.N. Yakovlev, B.V. Vinogradov, G.N. Stepanov, K.Kh. Bibaev, T.I. Alaeva, V.P. Sakuv, High Temperatures–High Pressures **6**, 499 (1974).

O.V. Savina, A.N. Babushkin, A.R. Dinislamov

EFFECT OF HIGH PRESSURES ON THERMOELECTRIC PROPERTIES OF LEAD

Effect of high (5–50 GPa) pressures on thermoelectric properties of lead during high-pressure treatment has been studied and probable phase transformations have been revealed. Room-temperature dependences of lead thermo-emf on pressure and time have been investigated. It has been determined that in lead there exist probable structural transformations in regions of ~ 11 and ~ 30 GPa.

Fig. 1. Pressure dependences of lead thermo-emf

Fig. 2. An example of the time dependence of thermo-emf for a pressure of 39 GPa

Fig. 3. Pressure dependence of thermo-emf relaxation time