Расчёт теплофизических свойств низкотемпературной плазмы ВИСМУТА [[1]](#footnote-1)\*)

Апфельбаум Е.М.

ОИВТ РАН, Москва, Россия, [apfel\_e@mail.ru](mailto:email@email.ru)

Уравнения состояния и электронные коэффициенты переноса необходимы для решения самых разных фундаментальных и прикладных задач физики плазмы, возникающих в процессах электровзрыва проводников или взаимодействия излучения или потоков частиц с веществом. Несмотря на сложности, которые возникают при проведении как экспериментов при высоких температурах, так и соответствующих им расчётов, в настоящий момент времени накоплено сравнительно много информации по этим свойствам для различных веществ при температуре выше 5 кК, что для металлов и полупроводников включает область низкотемпературной плазмы. Свидетельством тому являются обзоры [1-3], появившиеся недавно. Висмут, однако, стоит особняком среди остальных металлов, так как для этого элемента данные по теплофизическим свойствам в диапазоне температур T~10-100 кК и плотностях ρ ниже нескольких г/см3 практически отсутствуют.

Висмут обладает достаточно низкой температурой плавления Тm = 544.7 K, что обуславливает большое число измерений и расчётов для жидкого состояния, т. е. при T > Тm и плотностях вблизи линии плавления (при Т = 300 К плотность твёрдого Bi ρn = 9.79 г/см3, а плотность жидкого Bi при Т = Тm составляет ρm =10.05 г/см3 , т. е. наблюдается обратное плавление). Это позволяет построить достаточно точные уравнения состояния [4] и даже оценить положение критической точки (~4 kK) [5]. При более высоких Т уже более 60 лет проводятся ударно-волновые измерения [6], но они в большинстве своём, изучают сжатые состояния при ρ > ρn. При использовании пористых образцов можно попасть в область разряжения вплоть до ρ ~ ρn/3 [7], но таких работ существенно меньше и в них не измеряется напрямую температура. Современные первопринципные расчёты как уравнений состояния, так и электронных коэффициентов переноса так же ориентируются на области, соответствующие условиям ударно-волнового сжатия, т. е. при ρ ~ ρm и выше [2,3]. Таким образом, при сравнительно низких плотностях данные по рассматриваемым теплофизическим свойствам для Bi отсутствуют. Поэтому целью настоящей работы было рассмотреть именно эту область (T~ 10-100 kK, ρ < ρn/3).

Ранее нами была разработана модель расчёта теплофизических свойств низкотемпературной частично ионизованной плазмы (с нейтральной компонентой) в указанной выше области. Она построена на химическом подходе и приближении времени релаксации и с успехом применялась к ряду металлов и полупроводников, cм. [8,9] и ссылки в этих работах. В настоящем исследовании она использовалась для аналогичных расчётов в плазме Bi. Сравнение с данными [7], которые находятся в рамках этой области, показало хорошее согласие между нашим расчётом и экспериментом.

Литература

1. Clerouin J., Noiret P. et. al., Phys. Plasmas, (2012) V. 19, 082702.
2. Grabowski P. E., Hansen S. B. et. al., HEDP, (2020) V. 37, 100905.
3. Militzer B., Gonzalez-Caltado F. et. al., Phys, Rev. E, (2021) V. 103, 013203.
4. Su C. et al, Physica B, (2017) V. 524, P. 154.
5. Апфельбаум Е. М., ТВТ, (2021) Т. 56, С. 507.
6. Al'tshuller L. V. et. al., Sov. Phys. JETP, (1958) V. 24, P. 614.
7. Glushak B. L. et. al., Sov. Phys. JETP, (1989) V. 69, P.729.
8. Apfelbaum E. M., Phys. Plasmas, (2020) V. 27, 042706.
9. Apfelbaum E. M., Contrib. Plasma Phys, (2021) V. 27, 042706.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLIX/Lt/en/EA-Apfelbaum_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)