

Експериментальні дослідження процесів релаксації неідеальної плазми та їх порівняння з теорією

О.А. Федорович

ІЯД НАНУ

Неідеальна плазма (НП) знаходить все ширше практичне використання в технологічних процесах в наш час і ще більше передбачається її використання в майбутньому. Широко поширена густа та неідеальна плазма і в природі [1].

Але до нашого часу не встановлений однозначний зв'язок між параметрами НП і її властивостями. Відсутні надійні методики вимірювання параметрів НП при концентраціях електронів $N_e > 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Це в першу чергу зв'язано з малими часами існування НП в лабораторних умовах, що складають нано-, мікро- і, рідко, мілісекунди. Відсутня також апаратура, яка дозволяла б одержувати розгортки спектрів випромінювання (поглинання) НП в часі та методики їх калібровки по інтенсивності.

Не досліджено процеси релаксації НП, не встановлено часи життя заряджених частинок (електронів та іонів) в такій плазмі. Відсутність експериментальних результатів в цій області суттєво гальмують розвиток теоретичних робіт.

В даній роботі наведено огляд результатів експериментальних досліджень оптичних властивостей НП імпульсних розрядів у воді (ІРВ), розробки нових методик вимірювань концентрації електронів на поверхні каналу НП, досліджень процесів розпаду НП при концентраціях електронів $2 \cdot 10^{17} \leq N_e \leq 10^{22} \text{ см}^{-3}$. Приводяться результати експериментальних досліджень та їх порівняння з теорією.

За результатами експериментальних досліджень процесів розпаду НП ІРВ одержано емпіричні формули залежності величини «оптичної щілини» ΔE (ΔE – різниця між величиною потенціалу іонізації атома і енергією верхнього рівня лінії, яка реалізувалася в НП) від концентрації електронів. За цими результатами запропоновано нову методику визначення концентрації електронів на поверхні каналу НП для концентрацій $2 \cdot 10^{17} \leq N_e \leq 10^{22} \text{ см}^{-3}$.

Дослідження процесів розпаду НП ІРВ дозволили встановити експериментальні залежності коефіцієнтів розпаду від температури плазми, тиску, концентрації атомів, електронів, ступеню неідеальності плазми. Одержано емпіричну формулу залежності коефіцієнтів розпаду від концентрації електронів в діапазоні $10^{16} \leq N_e \leq 10^{22} \text{ см}^{-3}$. Порівняння з теоретичними розрахунками дають велику розбіжність [2,3,5,6,]. Проводяться також порівняння експериментальних результатів з результатами числового моделювання НП методом молекулярної динаміки [4]. Одержано якісне співпадання експериментальної залежності значень коефіцієнтів розпаду від ступеню неідеальності плазми, одержаного при числовому моделюванні.

1. В.Е. Фортов. Экстремальные состояния вещества на земле и в космосе. М. Физматлит. 2008.
2. E. Hinnov, J. G. Hirschberg. Electron-ion recombination in dense plasmas // *Phys. Rev.*, 1962, vol. 125, N 3, p. 795.
3. Л.М. Биберман, В.С. Воробьев, И.Т. Якубов. Коэффициенты рекомбинации в неидеальной плазме // *ДАН*, 1987. Т.296. №33, с. 576-578.
4. A. Lankin, G. Norman. Density and Nonideality Effects in Plasmas // *Contribution to Plasma Physics* 49, №10, p. 723-731. 2009.
5. О.А. Федорович, Л.М. Войтенко, УФЖ., т. 53, №5, с. 451÷457, (2008).
6. О.А. Федорович, Л.М. Войтенко, ВАНТ, серия «Плазменная электроника и новые методы ускорения», №4, с. 288-293, (2008); №4, с. 354-359, (2010).