резонансное поглощение и генерация высших гармоник в неоднородной лазерной плазме [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Быченков В.Ю., 1,2,3Ковалев В.Ф., 1,2Метельский И.И.

1Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова,  
 РОСАТОМ, г. Москва, Россия, [metelski@lebedev.ru](mailto:metelski@lebedev.ru)  
2Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия, bychenk@lebedev.ru  
3Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва, Россия,  
 [vfkvvfkv@gmail.com](mailto:vfkvvfkv@gmail.com)

В хорошо известном явлении плазменного резонанса (трансформации электромагнитных волн в плазменные волны) в окрестности критической плотности неоднородной плазмы [1] релятивистская нелинейность проявляется уже при нерелятивистских лазерных интенсивностях вследствие существенного возрастания электростатического поля в области резонанса. Поэтому возникает необходимость в пересмотре широко используемой теории генерации гармоник плазменным резонансом [2, 3], в которой, исходя из предположения о слабой нелинейности, спектры гармоник вычисляются в рамках теории возмущений по амплитуде лазерного поля и характеризуются экспоненциально быстрым спаданием интенсивности с ростом их номера [3].

В настоящей работе построена аналитическая теория генерации высших гармоник лазерного излучения нерелятивистской интенсивности в неоднородной плазме с учетом релятивистских эффектов в окрестности плазменного резонанса. С использованием метода ренормгрупповых симметрий найдена нелинейная структура резонансно усиленного электрического поля и скорости электронов в окрестности критической плотности плазмы [4] и вычислен нелинейный ток, являющийся источником электромагнитного поля, излучаемого из плазмы в вакуум. Получены формулы, определяющие эффективность генерации гармоник, исследованы спектральные и угловые характеристики излучения [5]. Обнаружены два эффекта в перестройке спектров излучения относительно нерелятивистского случая – выполаживание спектральной кривой и её модуляция. Оба эффекта являются следствием фазовой модуляции релятивистских плазменных колебаний в окрестности критической плотности плазмы. Проявление того или иного эффекта зависит от характерного масштаба неоднородности плазмы: существенное выполаживание спектральной огибающей наблюдается при относительно резких градиентах плотности, а модуляция спектра – при более плавных градиентах. Мы показали, что генерация высших гармоник наиболее эффективна вблизи опрокидывания плазменных волн при градиентах неоднородности , где - длина волны лазера. В этих условиях формируются медленно спадающие степенные спектры с интенсивностями , где – номер гармоники. Причем такая картина имеет место уже при лазерных интенсивностях , которые являются довольно низкими по современным стандартам (например, для неодимового лазера ).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант №18-32-00406 mol\_a.

Литература

1. Гершман Б.Н., Гинзбург В.Л., Денисов Н.Г., УФН, 1957, 61, 561.
2. Ерохин Н.С., Захаров В.Е., Моисеев С.С., ЖЭТФ, 1969, 56, 179.
3. Владимирский А.Б., Силин В.П., Физика плазмы, 1980, 6, 354.
4. Метельский И.И., Ковалев В.Ф., Быченков В.Ю., Физика плазмы, 2017, 43, №2, 169.
5. Metelskii I.I., Kovalev V.F., Bychenkov V.Yu., Physics of Plasmas, 2019, 26, 113113.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/It/en/CL-Metelskiy_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)