

Отзыв научного руководителя на
диссертационную работу
Волчок Евгении Павловны
**«Конверсия плазменных волн в электромагнитные как метод генерации
узкополосного терагерцового излучения»,**
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.9. Физика плазмы

Диссертационная работа Е.П. Волчок посвящена изучению как линейных, так и нелинейных механизмов конверсии электростатических волн, возбуждаемых в плазме электронными или лазерными пучками, в электромагнитное излучение на плазменной частоте или её второй гармонике. В отличие от подавляющего числа недавних работ, изучающих генерацию широкополосных импульсов терагерцового излучения, цель данной работы – продемонстрировать, насколько эффективно плазменные колебания можно конвертировать в излучение с узкой спектральной линией.

Мотивом для теоретического и численного исследования этих механизмов конверсии стала необходимость объяснения экспериментов на установке ГОЛ-3 по коллективному взаимодействию с плазмой тонкого электронного пучка, которые продемонстрировали неожиданно высокую (до 1%) эффективность электромагнитной эмиссии на второй гармонике плазменной частоты. Первым шагом к пониманию особенностей генерации электромагнитных волн в пучково-плазменной системе, поперечные размеры которой сопоставимы с длиной волны излучения, стала разработка теории плазменной антенны, которая описывала линейную конверсию неустойчивой пучковой волны на продольном периодическом возмущении плотности плазмы. Евгения обобщила эту теоретическую модель, рассмотрев процессы более высокого порядка по амплитуде плазменной волны, и показала, что ЭМ эмиссия на второй гармонике может быть столь же эффективной (2%-3%), как и на плазменной частоте.

Чтобы минимизировать ширину спектральной линии излучения, было решено перейти от непрерывно накачиваемой турбулентной системы плазма-пучок к рассмотрению процессов конверсии регулярных плазменных колебаний, возбуждаемых в плазме короткими лазерными импульсами. Сначала Евгения изучила линейную конверсию лазерной кильватерной волны на модуляции ионной плотности в тонком плазменном канале. Обобщив теоретические расчёты на случай возбуждения волны на частоте плазменной отсечки и сопоставив их с результатами PIC моделирования, Евгения показала, что эффективность преобразования лазерной энергии в энергию ТГц излучения в этой схеме достигает 0.3%, а ширина спектральной линии уменьшается до 5%.

Ещё более узкую спектральную линию излучения (на уровне 2%) можно получить в процессе нелинейного взаимодействия двух лазерных кильватерных волн с локально несовпадающими профилями электрического потенциала, возбуждаемых в однородной плазме встречными лазерными импульсами. Для экспериментальной проверки этой

схемы в Институте лазерной физики СО РАН было предложено сталкивать лазерные импульсы, фокусируя их в газовую струю с разными поперечными размерами. Детальной проработке этой схемы был посвящен цикл из трёх статей, в которых как с помощью аналитической теории, так и посредством РС моделирования были изучены различные факторы, влияющие на эффективность оптико-терагерцового преобразования. Расчёты показали, что максимальная эффективность данного метода (0.02%) достигается, если поперечная длина неоднородности кильватерных волн оказывается порядка инерционной длины электронов c/ω_p . Фокусировка лазерных пучков в столь малые пятна предполагает сильную дифракцию, что сильно ограничивает размеры излучающей области и абсолютные значения энергии генерируемых импульсов излучения. Чтобы обойти эти ограничения и масштабировать предложенный метод на самые мощные лазерные системы, было предложено сталкивать кильватерные волны с широкой апертурой, но мелкомасштабной модуляцией амплитуды, каждая из которых создаётся парой интерферирующих лазерных импульсов. В этом случае эффективность предложенной схемы вырастает до 1%.

Материалы диссертации опубликованы в авторитетных журналах по физике плазмы и доложены на международных конференциях. Считаю, что Волчок Е.П. хорошо владеет основными навыками современного теоретика (от построения упрощённых теоретических моделей до создания сложных численных кодов) и заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 Физика плазмы.

Научный руководитель:
главный научный сотрудник
лаб. 9-1 ИЯФ СО РАН,
доктор физико-математических наук

Тимофеев

Тимофеев Игорь Валериевич

Адрес: 630090, Россия, г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, д.11
Телефон: (383) 329-46-23
Эл. почта: I.V.Timofeev@inp.nsk.su

Ученый секретарь ИЯФ СО РАН
кандидат физико-математических наук

Резниченко Резниченко Алексей Викторович

27 АПР 2026

