

Филаментация фемтосекундного лазерного излучения в условиях не осесимметричного распространения.

А.А.Ионин¹, Д.В. Мокроусова^{1,2}, Л.В. Селезнев¹, Д.В.Синицын¹, Е.С.Сунчугашева^{1,2},
Н.А. Фокина^{1,2}

¹Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

При распространении ультракоротких импульсов с надкритическими мощностями в прозрачных средах происходит локализация лазерного излучения, которая называется филаментацией. Такое поведение лазерного пучка является результатом конкуренции двух нелинейных процессов: самофокусировки излучения в среде и дефокусировки излучения на самонаведенной плазме [1,2]. При наличии выделенного направления, перпендикулярного оптической оси, ориентация пучка может оказывать существенное влияние на самофокусировку и образование плазменных каналов таким излучением, что не рассматривалось ранее. Поэтому данная работа посвящена исследованию филаментации излучения, распространяющегося в оптической схеме с выделенным направлением.

Эксперименты проводились на Ti:сапфировой лазерной системе (100 фс, 6 мм; 744 нм: 0,1 мДж-2,5 мДж; 248 нм: 0,1 мДж). Как УФ-, так и ИК линейно поляризованные лазерные пучки были пространственно когерентны. Распределение плотности плазмы вдоль филамента регистрировалось с помощью поперечной электродной схемы [3].

В экспериментах с астигматизмом лазерный импульс направлялся на сферическое зеркало ($f = 50$ см), повернутое под углом 45° . В условиях астигматизма импульс фокусировался в двух фокусах – в меридиональной и сагиттальной плоскостях, которые выглядели как сильно-вытянутые вертикальный и горизонтальный эллипсы, соответственно. Поворот ориентации пучка осуществлялся с помощью двух плоских зеркал. При этом плоскость поляризации пучка из параллельной плоскости поворота зеркала (горизонтальной) переходила в перпендикулярную (вертикальную). Таким образом, в первом фокусе складывались преимущественно верхняя и нижняя части пучка, а во втором – левая и правая. Если же повернуть пучок, то в первом фокусе будут складываться левая и правая части исходного пучка (верхняя и нижняя части повернутого пучка), а во втором – верхняя и нижняя части исходного пучка (левая и правая части повернутого пучка). В целях удобства положение ориентации пучка соответствует ориентации плоскости поляризации пучка. Распределение линейной плотности плазмы вдоль оптической оси показано на Рис.1. При большой энергии (Рис.1а) влияние ориентации пучка на плотность плазмы было не очень значительно, но хорошо различимо: плотность плазмы в первом фокусе при вертикальной

ориентации выше, чем при горизонтальной. Во втором фокусе наблюдается обратная картина, а положение этого фокуса при вертикальной ориентации пучка смещается к геометрическому фокусу зеркала. При меньшей энергии импульса в первом фокусе плотность плазмы при вертикальной ориентации была почти в 7 раз больше, чем при горизонтальной. В случае вертикальной ориентации положение второго фокуса точно так же смещалось, а плотность плазмы в нем регистрировалась меньше, чем в случае горизонтальной ориентации пучка.

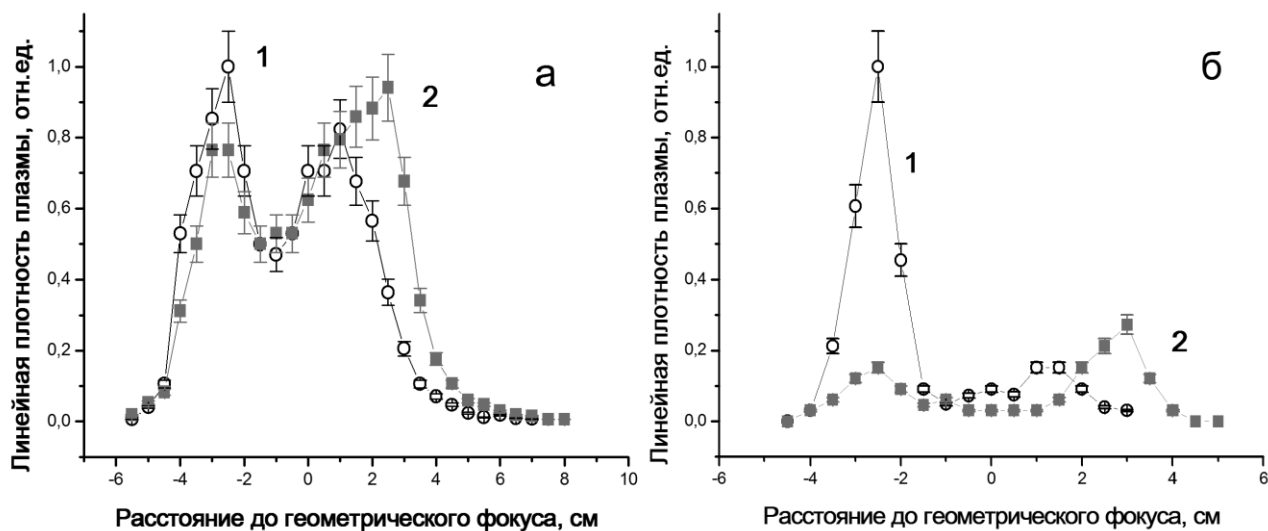


Рис. 1. Распределение линейной плотности плазмы вдоль оптической оси при астигматизме волнового фронта. Энергия импульса (а) 2.5 мДж и (б) 1.2 мДж.

1 – вертикальная ориентация пучка, 2 – горизонтальная.

Также исследовалась не осесимметричная оптическая схема, в которой в пучок помещалась состоящая из двух отверстий диафрагма. Отверстия располагались либо горизонтально (плоскость сложения филаментов совпадает с плоскостью поляризации излучения), либо вертикально – плоскость сложения перпендикулярна плоскости поляризации. Сравнение ориентации диафрагмы с ориентацией плоскости поляризации излучения также приведено для удобства. После диафрагмы располагалась линза с фокусным расстоянием 50 см. Распределение линейной плотности плазмы вдоль оптической оси для ИК и УФ лазерных импульсов показано на Рис.2а и 2б, соответственно. Ввиду небольшого превышения мощности излучения над критической, влияние ориентации поляризации наблюдалось не в начале плазменного канала, образованного ИК излучением, а только при перекрытии более энергетических частей пучка. Сложение пучков в плоскости перпендикулярной плоскости поляризации приводит к увеличению плотности плазмы, в отличие от сложения пучков в плоскости поляризации (Рис.2а). Профиль плотности плазмы приведен для качественного сравнения. Для УФ импульсов ориентация поляризации влияла таким же образом на плазмообразование, которое наблюдалось практически сразу после

начала плазменного канала, ввиду пятикратного превышения мощности импульса над критической (Рис.2б).

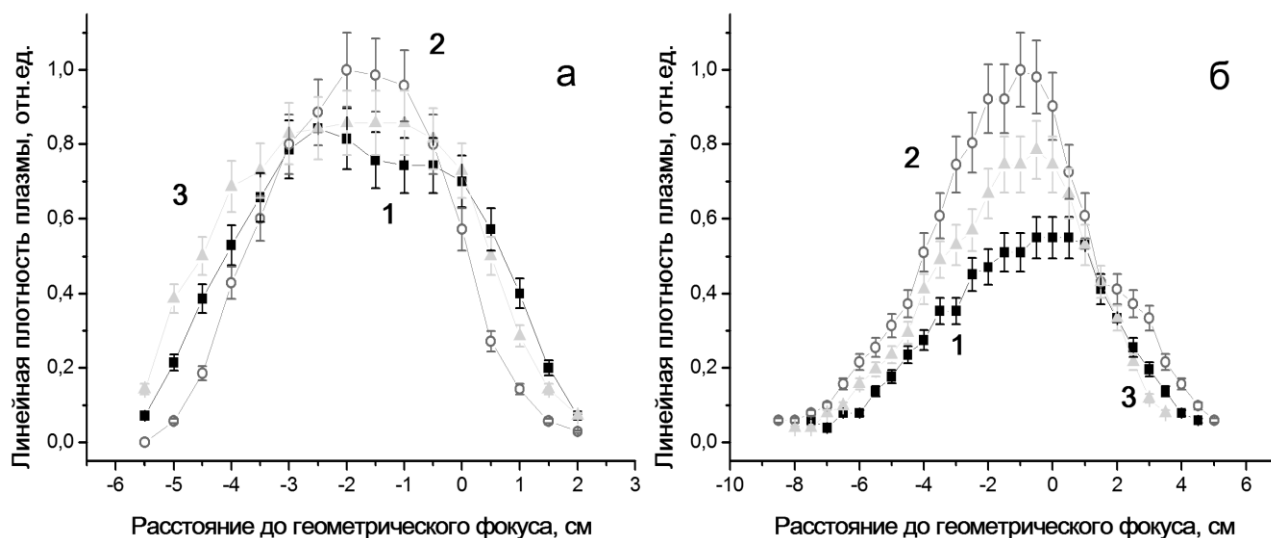


Рис. 2. Распределение линейной плотности плазмы для а) ИК (1 мДж) и б) УФ (0,05 мДж) диафрагмированных лазерных импульсов. 1 – сложение в вертикальной плоскости, 2 – в горизонтальной плоскости, 3 – гауссов пучок с такой же полной энергией.

Таким образом, продемонстрировано влияние ориентации линейно-поляризованного лазерного импульса на его филаментацию в различных не осесимметричных оптических схемах, однако объяснения этого эффекта еще не получено.

Работа поддержана грантами РФФИ 14-02-00489 и 14-22-02021, а также стипендиальными программами Президента РФ и УНК ФИАН.

Литература

1. Коган М.Н. Динамика разреженного газа. – М.: Наука, 1967. – 289 с. Couairon A., Muzyrowicz A. Femtosecond filamentation in transparent media – Phys. Reports. – 2007. – V. 441. № 2-4. – P. 47-189.
2. Кандидов В.П., Шлёнов С.А., Косарева О.Г. Филаментация мощного фемтосекундного лазерного излучения – Квант. Электр. – 2009. – Т. 39. № 3. – С. 205–228.
3. Дергачев А.А., Ионин А.А., Кандидов В.П., Селезнев Л.В., Синицын Д.В., Сунчугашева Е.С., Шленов С.А. Филаментация фемтосекундных ИК и УФ импульсов при фокусировке в воздухе – Квант.Электр. – 2013. – Т. 43. № 1. – С. 29–36.