Лазерный диагностический комплекс VISAR для исследования ударно волновых процессов на установке «Луч»

А.П. Кузнецов1, К.Л. Губский1,3, Д.С. Кошкин1, А.В. Михайлюк1, А.М. Королев1,3, В.Н. Деркач2, С.А. Бельков2, Д.Н. Литвин2

1Московский инженерно-физический институт, г. Москва, Россия
2Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики,
 г. Саров, Нижегородская область, Россия
3ООО «Лазер Ай», г. Москва, Россия

Исследование нестационарных физико-химических процессов и экстремальных состояний вещества при интенсивном импульсном воздействии является одной из наиболее актуальных фундаментальных задач физики высоких плотностей энергии (ФВПЭ). ФВПЭ охватывает большую область физики, включая физику плазмы, материаловедение и физику конденсированного состояния, магнитогидродинамику и астрофизику. Исследование нестационарных физико-химических процессов и экстремальных состояний вещества при интенсивном импульсном воздействии является одной из наиболее актуальных фундаментальных задач физики высоких плотностей энергии. Важной научной проблемой в этой области, имеющей большое практическое значение, является исследование физических и механических свойств материалов, подвергнутых воздействию интенсивных динамических нагрузок. Анализ полей давления и скорости при ударно-волновом нагружении релаксирующих сред дает основу для определения кинетических закономерностей процессов упругопластического деформирования, разрушения, химических и фазовых превращений, изучения динамической прочности и разрушения материалов, дробления материалов на сдвиговых деформациях в ударных волнах.

Одним из немногих методов, дающих информацию о явлениях, связанных с прохождением мощных ударных волн через вещество является доплеровская интерферометрия. Данный метод является бесконтактным и имеет первичный характер, т.к. не связан с построением тарировочных зависимостей. Кроме того, он позволяет получать информацию о состоянии объекта с высоким пространственным и временным разрешением. В качестве отражающей поверхности в таких экспериментах может выступать, как собственно поверхность исследуемого объекта, движущаяся под действием выходящей на поверхность ударной волны, так и материал прозрачного объекта, приобретающий отражательные свойства под действием проходящего через него мощной ударной волны.

Представлены результаты работы по созданию диагностической методики и ее аппаратной реализации, предназначенной для проведения исследований вещества, подвергнутого импульсному воздействию мощных потоков энергии. Диагностический комплекс предназначен для экспериментальных исследований процессов, проходящих при взаимодействии мощного лазерного излучения с веществом. Одним из немногих параметров вещества, доступных для измерения в подобных экспериментах является скорость движения поверхности (для непрозрачных сред) или скорости ударного фронта в веществе (для прозрачных сред). Информация о временной динамике и пространственных вариациях данного параметра позволяет исследовать фундаментальные явления и процессы, проходящие в веществе при экстремальных давлениях и температурах. В работе описан измерительный комплекс на основе лазерного неравноплечного интерферометра (VISAR), позволяющий проводить бесконтактные дистанционные измерения пространственного распределения скорости в диапазоне 1 – 100 км/с с пространственным разрешением ~ 20 мкм. Разработанная диагностическая методика и ее аппаратная реализация могут найти широкое применение для большого круга фундаментальных научных и прикладных задач, связанных с распространением ударных волн в конденсированном веществе.