

Диагностика быстропротекающих процессов теплопереноса в технологиях электродуговой сварки на основе скоростной видеосъемки и визуализации изучаемого объекта в спектре лазерного когерентного излучения

Тригуб М.В., Лунев А.Г., Сраев Ю.Н., Евтушенко Г.С., Сорокин М.С.

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Институт физики прочности и материаловедения, г. Томск, Россия

Цель работы

Разработка методов и средств визуально-оптической диагностики процессов плавления и переноса электродного материала с регистрацией электрических и энергетических параметров

Задачи

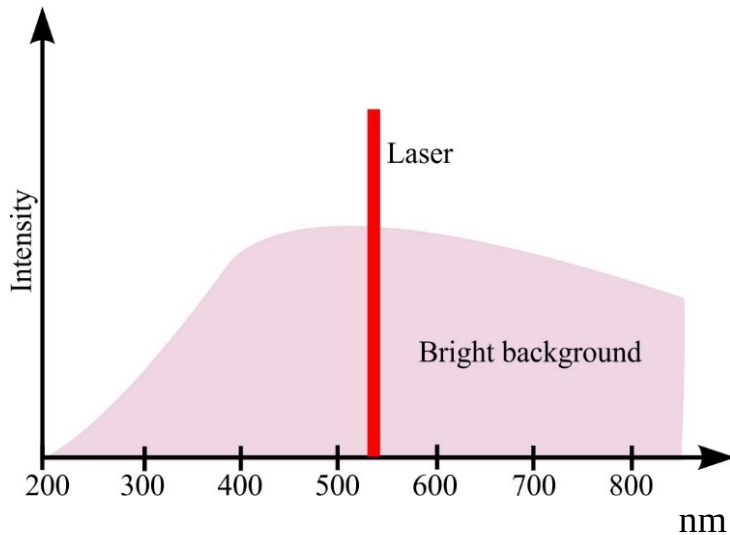
Устранение влияния фоновой засветки

Увеличение временного разрешения

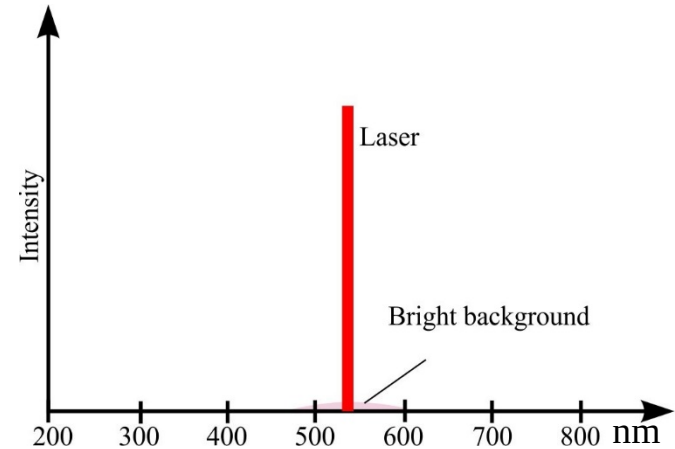
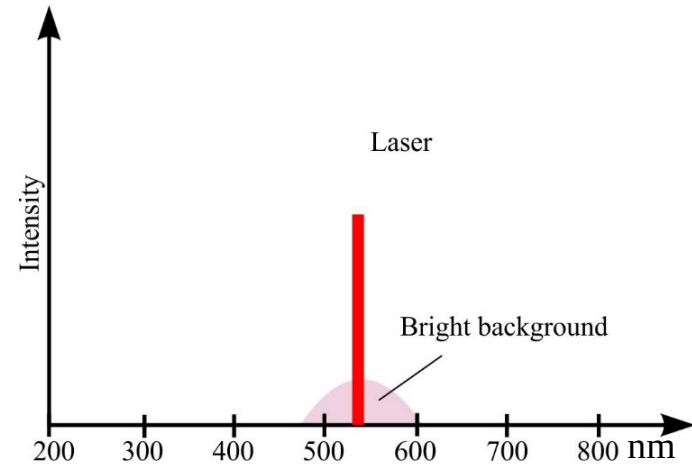
Снижение искажений

Синхронизации визуализации с регистрацией электрических параметров

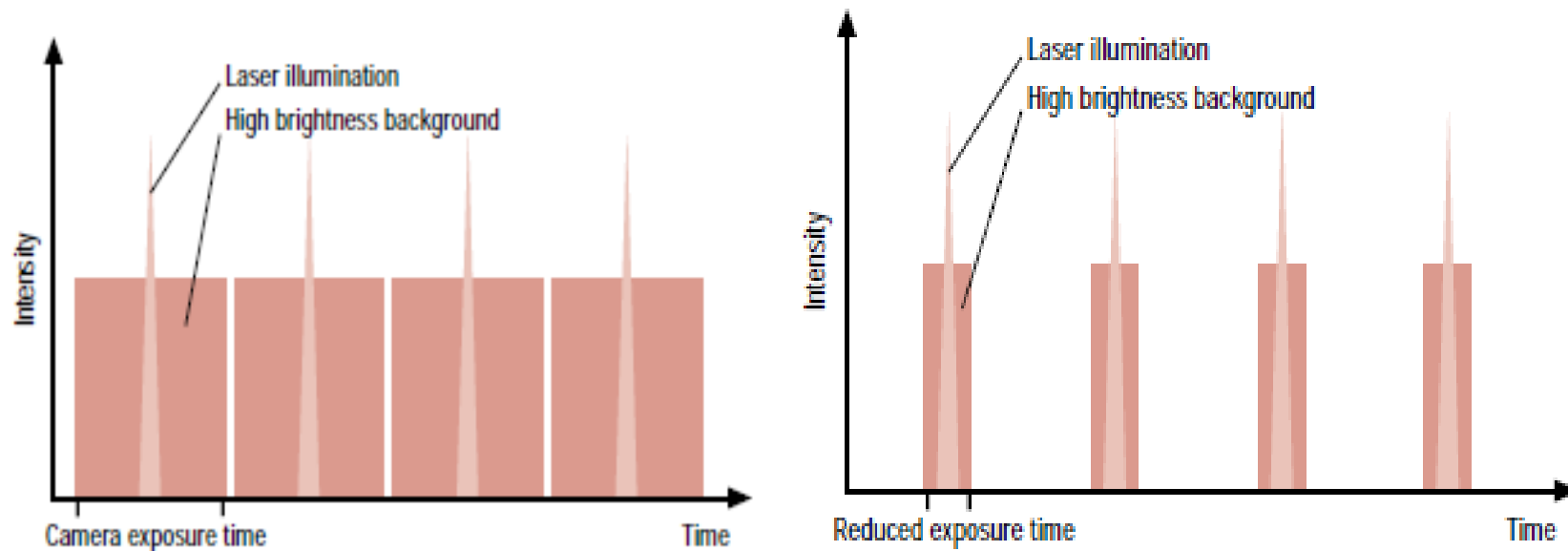
Принцип действия «активной» визуализации



Spectral filtering of the signals



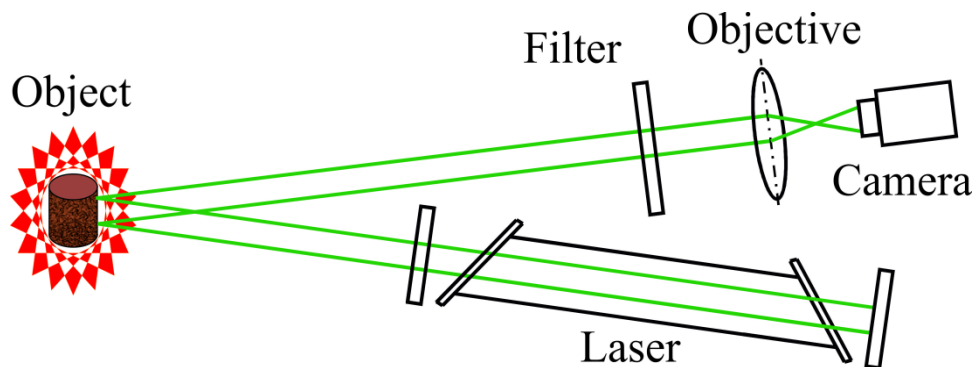
«Временная» фильтрация фоновой засветки



Colin E. Webb, Julian D. C. Jones. Handbook of Laser Technology: Applications // IoP Publishing. 2004. 1180 p.

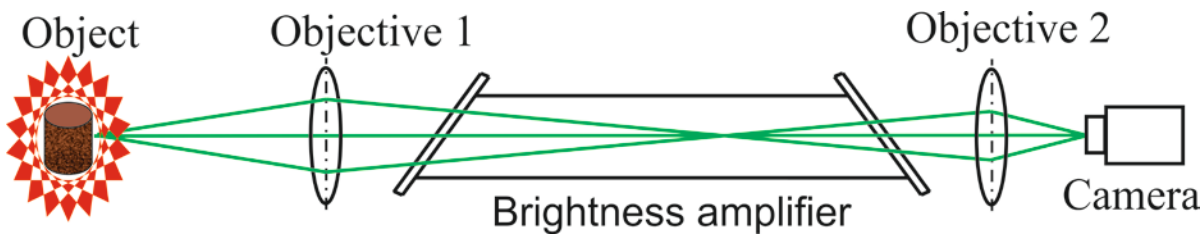
«Активная» визуализация

Passive



Метод лазерной
подсветки

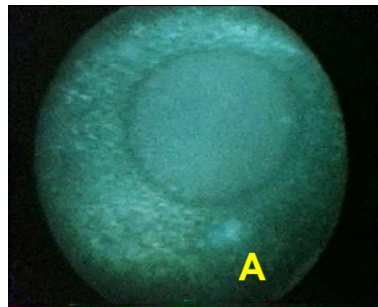
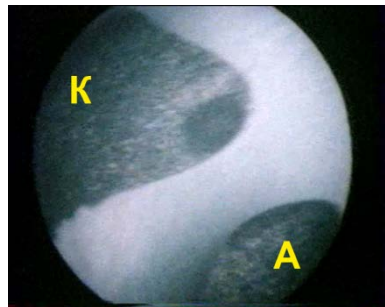
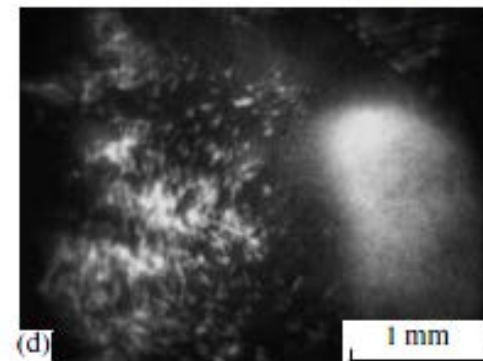
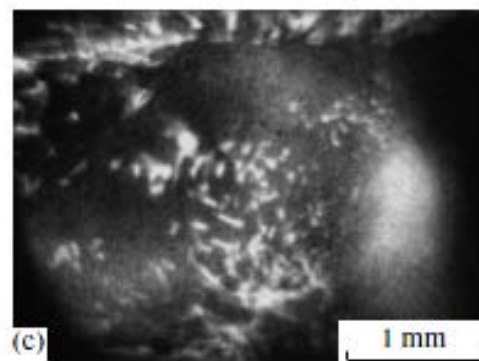
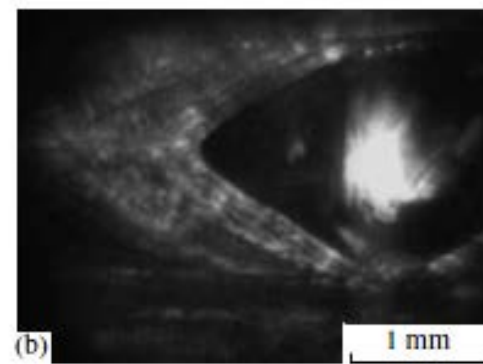
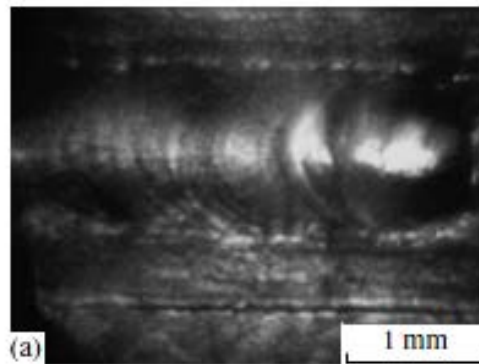
Active



Система с
усилителем яркости

Визуально-оптическая диагностика процессов, экранированных засветкой

Yermachenko V.M., Kuznetsov A.P., Petrovskiy V.N.,
Prokopova N.M., Streltsov A.P., Uspenskiy S.A.
Specific features of the welding of metals by
radiation of high-power fiber laser // Laser physics.
– No 8. – Vol. 21. – 2011. – pp 1530-1537.



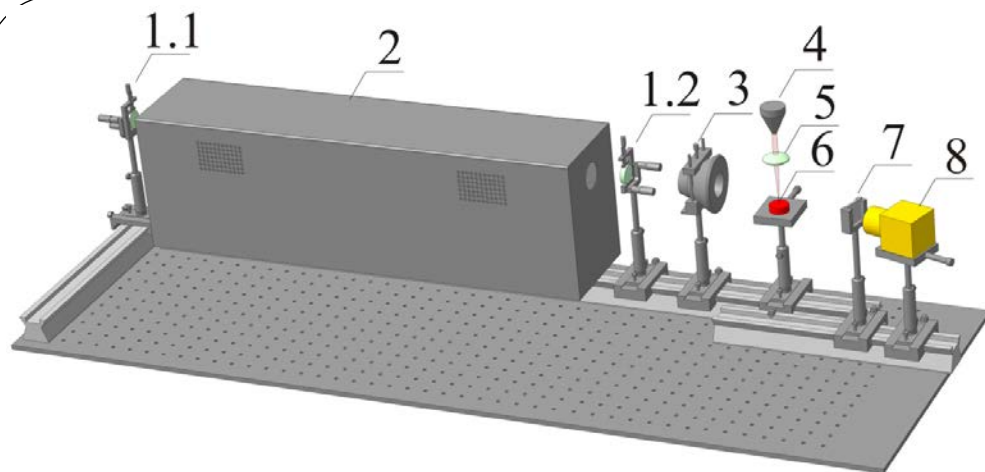
Особенности использования CuBr-лазера

Features

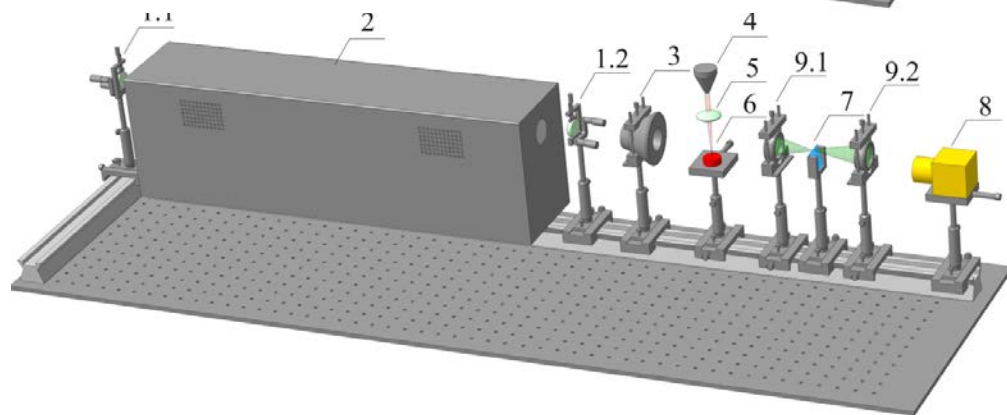
- ❑ Высокий коэффициент усиления за один проход: 10–100 дБ/м
- ❑ Высокая частота следования импульсов: 5–700 кГц
- ❑ Работа в видимом диапазоне спектра (510.6 & 578.2 нм)
- ❑ Длительность импульса: 40нс
- ❑ Высокая спектральная яркость

Abilities

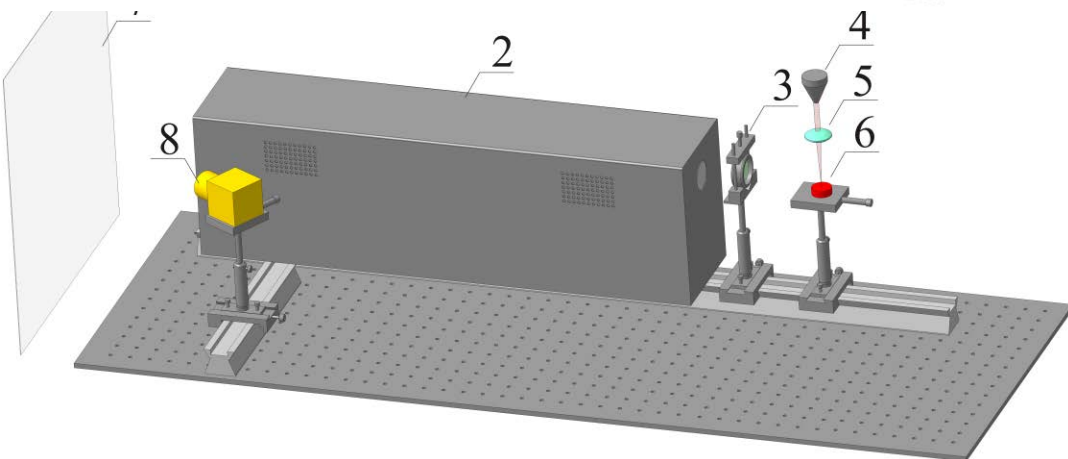
- ❑ Позволяет работать в режиме сверхсветимости
- ❑ Высокое временное разрешение
- ❑ Использование современных систем видеорегистрации
- ❑ Минимальные искажения при визуализации быстроизменяющихся процессов
- ❑ Возможность оптической фильтрации



Лазерная подсветка

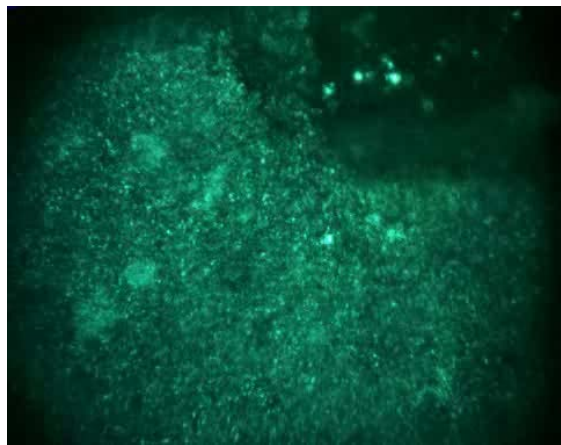


Теневой метод

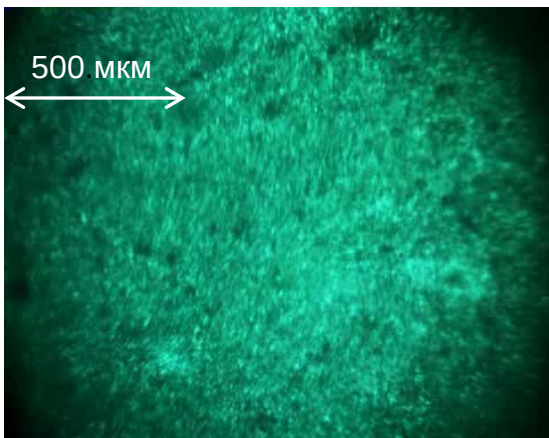


Лазерный монитор

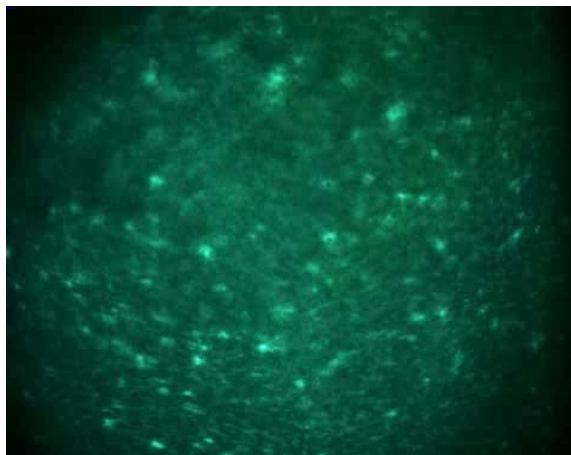
Визуализация СВС с помощью лазерного монитора



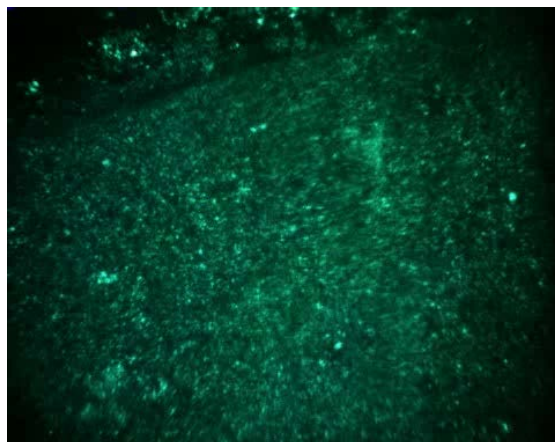
(65%FeTiO₃ + 35%Al)
+35%каолина



TiO₃ + 55%Al



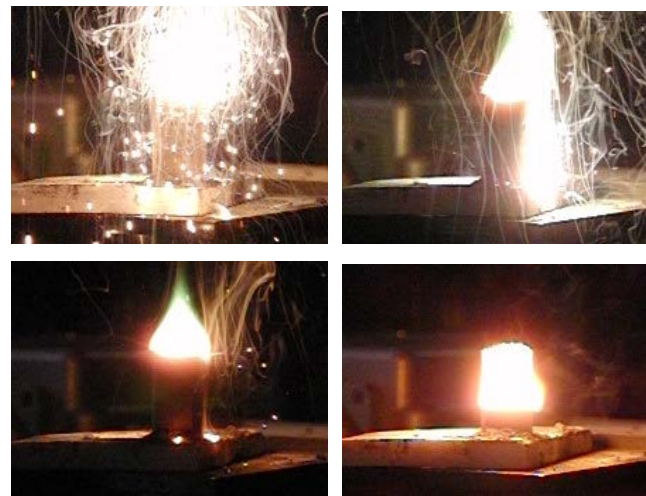
80%Ni + 20%Al



«Саянская смесь»

Скорость съемки – 2400 кадров/с
Камера – Fastec HiSpec 1

$T = 1700 - 3000\text{ K}$

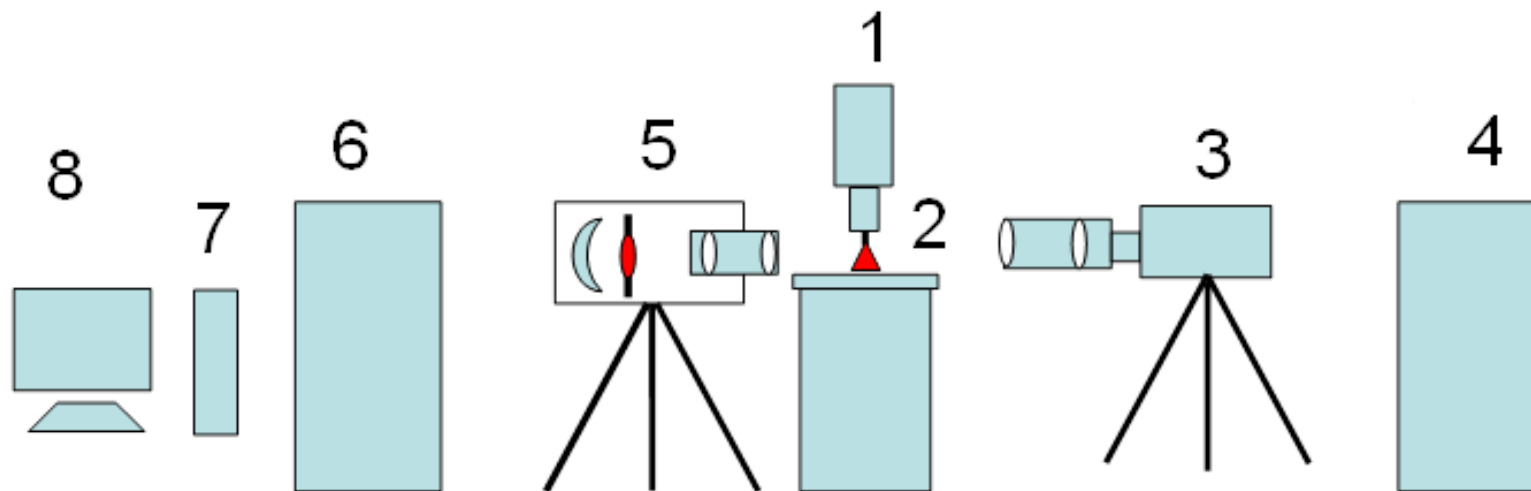


Процесс горения СВС структуры

Скорость горения смеси 51,28%FeTiO₂ + 22,82%Al + 11,26%SiO₂ + 11,16%Si + 3,48%C - 2.23 мм/с

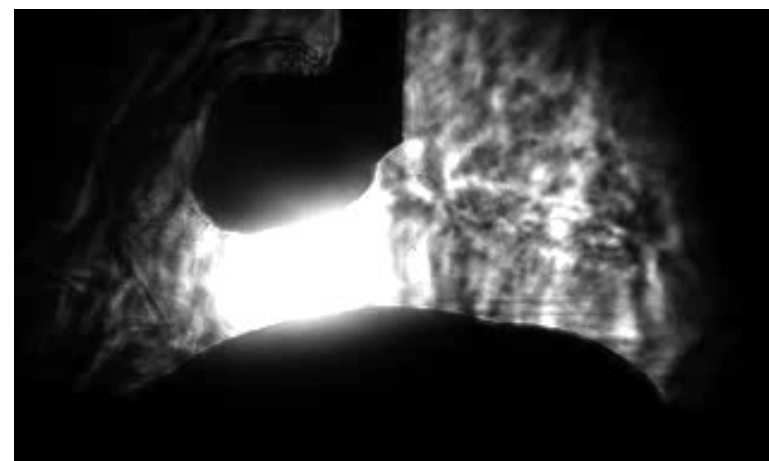
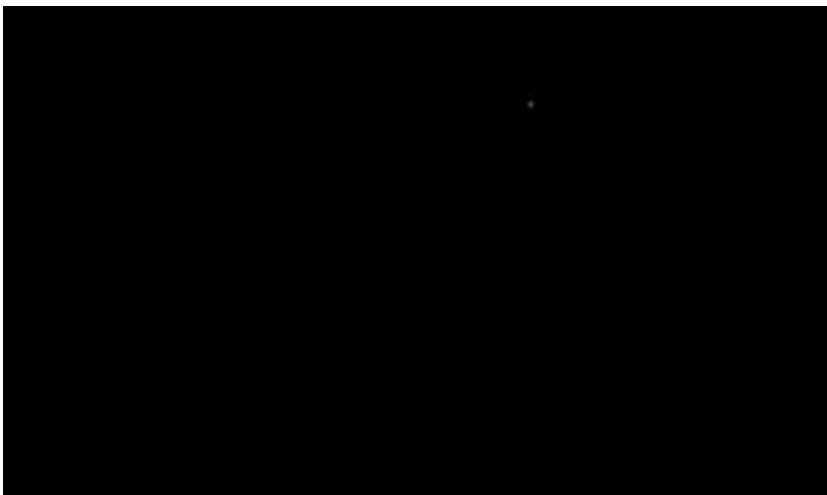
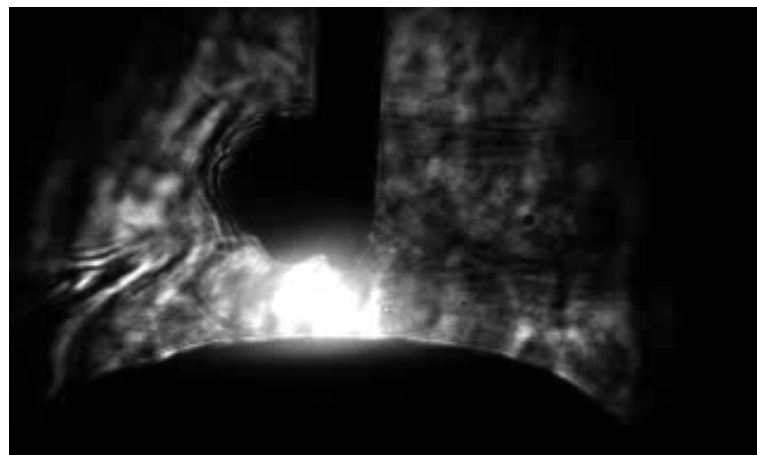
(*)Юсупов Р.А., Максимов Ю.М., Китлер В.Д. Закономерности технологического горения порошковых систем на минеральной основе при получении пористых композиционных материалов // Физика горения и взрыва. – 2002. – Т. 38. – № 5. – С. 85–89.

Диагностический комплекс для исследования теплопереноса



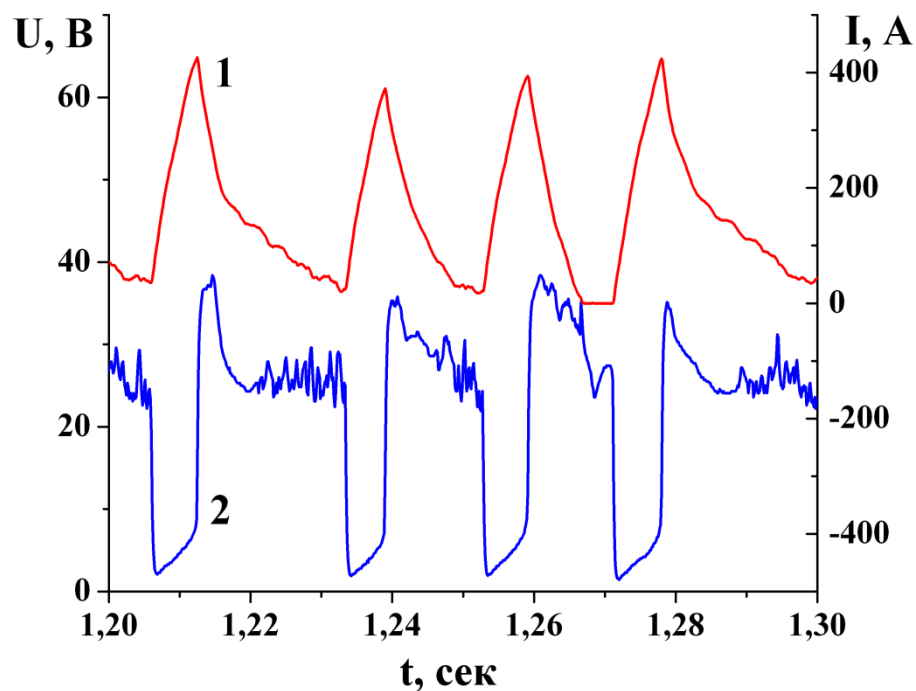
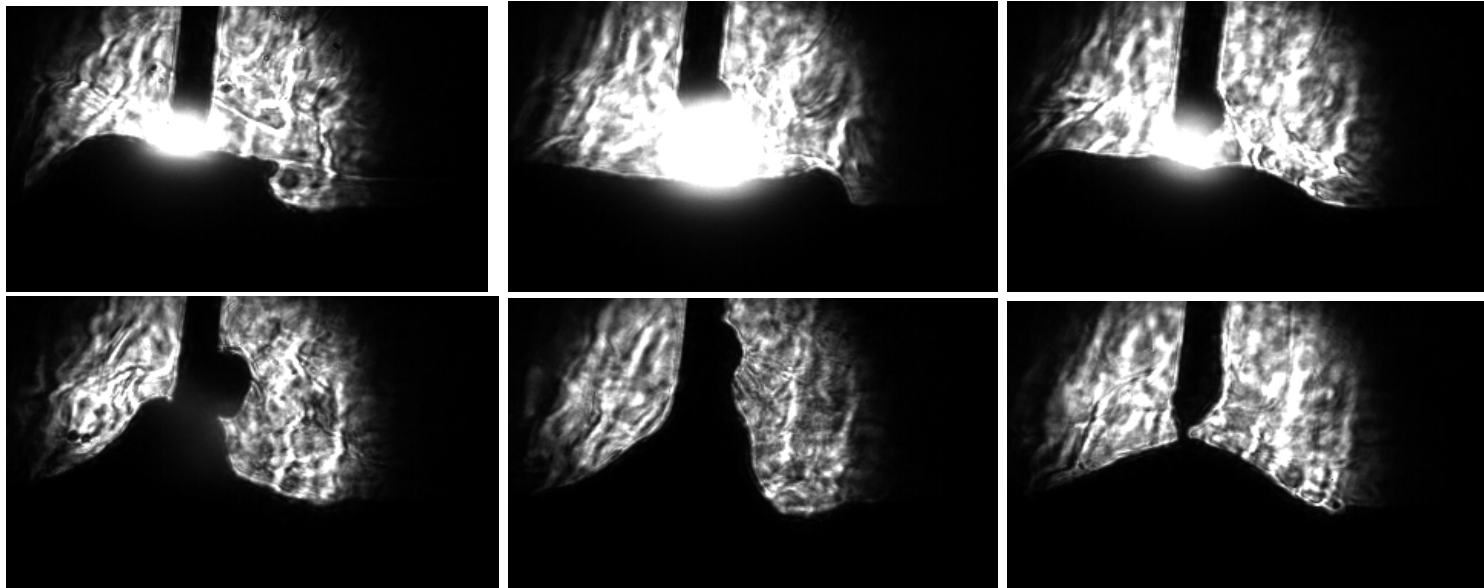
1 - подвесная сварочная головка; 2 - изучаемый объект; 3 - скоростная видеокамера; 4 - сварочный источник питания; 5 - лазер; 6 - блок управления; 7 - блок измерения энергетических параметров режима; 8 - ПК с ПО

Визуализация сварочного процесса теневым методом



*Скорость съемки – 1700 кадров/с
Экспозиция – 10 мкс
Проволока сплошного сечения*

*Скорость съемки – 1700 кадров/с
Экспозиция – 10 мкс
Порошковая*



Проволока сплошного сечения Св-08Г2С 1,2 мм. ИП ФЭБ - 315 «Магма», МП ФЭБ-09, Углекислый газ. Напряжение на дуге 22,3 В, скорость подачи электродной проволоки 2,3 м/мин. Камера Ваумер 1500 кадров/сек, экспозиция 5 мкс.

Выводы

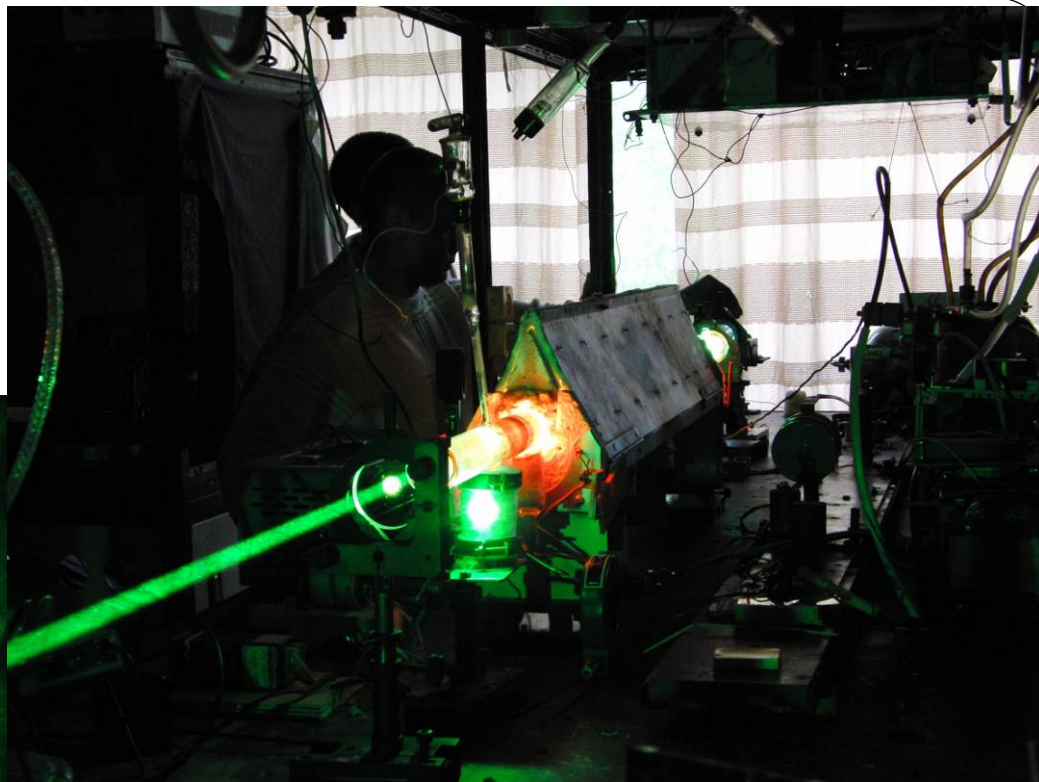
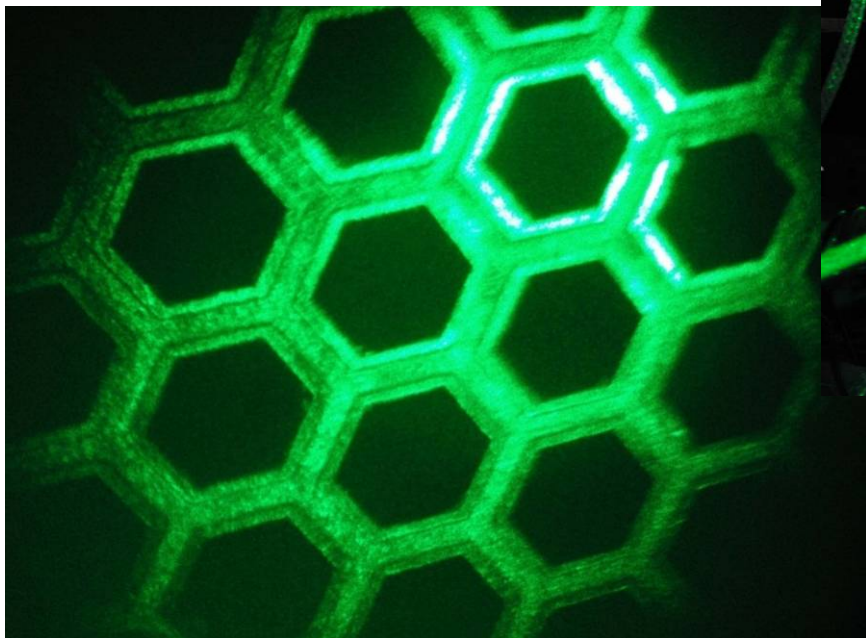
В работе представлены результаты использования отечественных систем собственного производства для проведения визуально-оптического контроля процессов тепломассопереноса в процессе сварки.

Показано, что особенности работы лазера дают возможность использовать его как для внешней подсветки, так и для фильтрации оптического сигнала.

Показана возможность визуализации сварочного процесса. Выявлены требования к разрабатываемому комплексу.

Предложена схема и представлены первые результаты его применения.

Спасибо за
внимание!



**Работа выполнялась за счет средств гранта РФ
в 2016 году, проект №16-19-10010.**