

RICHIESTA PER ATTIVAZIONE ASSEGNO DI RICERCA

Tutor: Dr. Matteo Gherardi

Titolo dell'assegno:

DIAGNOSTICA E OTTIMIZZAZIONE DELLA SORGENTE “PLASMA ASSISTED SANITATION SYSTEM”

Sedi di attività:

DIN - Dipartimento di Ingegneria Industriale e Laboratorio Applicazioni Industriali dei Plasmi (Via Terracini 24, Bologna);

CIRI-MAM – Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale Meccanica Avanzata e Materiali – Unità operativa Materiali Avanzati per la Progettazione e Applicazioni Fotoniche

Relazioni con enti universitari ed extra universitari su tematiche inerenti la ricerca:

- Rapporti con tutti i centri di ricerca, le università e le aziende coinvolte nei due progetti europei: CA19110 - Plasma applications for smart and sustainable agriculture (<https://www.cost.eu/actions/CA19110/>).
- AlmaPlasma s.r.l. – Spin-off accademico partecipato da AlmaCube s.r.l.
- Rapporti con il Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale Agroalimentare dell'Università di Bologna.

Progetto di ricerca:

Negli ultimi anni, i processi di disinfezione plasma assistiti sono stati ampiamente studiati; di particolare interesse sono risultate essere le applicazioni nel settore industriale del packaging alimentare e quelle connesse con l'ampio settore della cosiddetta plasma medicine, che sfruttano plasmi di non equilibrio a pressione atmosferica (*Cold Atmospheric pressure Plasma*, CAP) [1, 2]. I CAP sono costituiti da diversi componenti attivi, tra i quali: elettroni, radicali, specie eccitate, radiazione termica, radiazione UV, campi elettromagnetici [3]; un passo fondamentale per implementare e ottimizzare i trattamenti plasma assistiti nei processi industriali è quello di realizzare una completa caratterizzazione fisico-chimica del plasma al fine di comprendere i legami di causa/effetto tra i componenti attivi che lo costituiscono e l'efficacia dei processi da loro mediati. Nei processi di decontaminazione e sterilizzazione le specie reattive generate dalle scariche di plasma sembrano avere un ruolo fondamentale nell'inattivazione dei patogeni (batteri, virus, funghi e muffe) [4]; per questo motivo risulta di particolare importanza lo studio delle cinetiche delle loro concentrazioni. Come mostrato da Kogelschatz *et alii* [5], le reazioni che governano la chimica dei CAP in aria sono quelle di formazione e distruzione delle specie reattive derivate dall'ossigeno e dall'azoto (*Reactive Oxygen & Nitrogen Species*, RONS) [6]. Per lo studio delle cinetiche dei RONS risultano particolarmente interessanti le tecniche di diagnostica basate sulla spettroscopia ottica; ciò a causa della loro capacità di ottenere informazioni sia qualitative sia quantitative in-situ e in maniera non invasiva. Tra le tecniche di spettroscopia, quella che risulta più adatta all'analisi delle cinetiche chimiche per applicazioni CAP è certamente l'*Optical Absorption Spectroscopy* (OAS); questa tecnica permette di ricavare la concentrazione assoluta di una data specie chimica all'interno di un volume noto sfruttando la caratteristica degli atomi e delle molecole di assorbire fotoni. Il sistema è investigato attraverso l'utilizzo di un fascio di luce collimato che attraversa il volume di processo, campionando la radiazione luminosa durante la fase plasma, è possibile ricavare la cinetica di molte specie chimiche attraverso l'applicazione della legge di Lambert-Beer che mette in relazione l'intensità luminosa che attraversa il gas in esame con la concentrazione di un certo atomo/molecola.

All'interno di questo contesto si inserisce questo progetto di ricerca che vuole sfruttare la combinazione di test di inattivazione microbiologica e analisi OAS, al fine di analizzare l'efficacia dei trattamenti plasma

prodotti dalla sorgente di plasma PASS (*Plasma Assisted Sanitation System*) sviluppata dal gruppo di Applicazioni Industriali dei Plasmi dell'Università di Bologna.

Piano di attività:

Il progetto di ricerca si articola in più fasi di indagine diagnostica della sorgente di plasma **PASS** e dei processi di interazione con materiali che essa può supportare:

- Mediante analisi microbiologiche sarà possibile definire il livello di inattivazione indotto dai trattamenti plasma, per certe condizioni al contorno (condizioni operative di processo). Tra le varie condizioni operative modulabili sono presenti: tempo di trattamento, tensione, frequenza e corrente dell'impulso di alta tensione, *duty-cycle*, gas di processo, volume di trattamento; inoltre possono essere utilizzati diversi substrati e microrganismi.
- Mediante analisi OAS si osserverà la cinetica chimica dei principali RONS prodotti dai processi plasma, quali ozono, diossido di azoto e triossido di azoto.
- L'analisi congiunta dei risultati microbiologici e cinetiche chimiche permetteranno di valutare l'importanza e l'efficacia delle diverse specie reattive presenti nel plasma.
- Una volta conclusa la caratterizzazione di PASS verrà valutata la possibilità di ottimizzazione del processo e della sorgente di plasma.

Bibliografia

1. Nonthermal Decontamination of Biological Media by Atmospheric-Pressure Plasmas: Review, Analysis, and Prospects, M. Laroussi *et alii*, IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 30, no. 4, 2002.
2. Bactericidal Action of the Reactive Species Produced by Gas-Discharge Nonthermal Plasma at Atmospheric Pressure: A Review, L. F. Gaunt *et alii*, IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 34, no. 4, 2006.
3. Plasmas for medicine, K. Weltmann *et alii*, Physics Reports, vol. 530, no. 4, 2013.
4. The role of the various plasma agents in the inactivation of bacteria, X. Lu *et alii*, Journal of Applied Physics, vol. 104, no. 5, 2008.
5. Ozone generation from oxygen and air: discharge physics and reaction mechanisms, U. Kogelschatz *et alii*, Ozone: Science & Engineering, vol. 10, no. 4, 1988.
6. The dynamics of ozone generation and mode transition in air surface micro-discharge plasma at atmospheric pressure, G.E. Morfill *et alii*, New Journal of Physics, vol. 14, 2012.

Group for Industrial Applications of Plasmas laboratory equipments:

(<http://plasmagroup.ing.unibo.it/>)

Industrial, environmental and biomedical applications are characterized by the common need of innovative and advanced treatments aimed at enhancing specific properties of different materials (from polymers to metals, from ceramics to biological substrates). Plasma is an ionized gas, able to conduct heat and electricity, consisting of electrons, neutrals, radicals and ions. The possibility of precisely controlling plasma chemical and physical characteristics makes plasma technology the ideal candidate to solve such a varied range of needs.

The group has a strong experience in the industrial applications of plasmas, developed over more than twenty years of research in the field. A large number of research activities concern processes assisted by thermal plasmas ($T=10-30\text{kK}$), while an increasing volume of research activities concerns non-thermal plasmas (T lower than 40°C) at atmospheric pressure, with particular interest for the treatment of materials and biological applications. The research approach characterizing the activities of the group integrates

plasma fundamental studies with experiments, diagnostics and computer modelling for process and devices design and optimization.

Non-thermal plasma sources for material treatment and biomedical applications:

- Plasma source NEOPLAS – KINPEN for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- Plasma source RF – Plasma Needle for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- Plasma source RF – Plasma Tube for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- Plasma source HV pulse – FE-DBD (Floating Electrode Dielectric Barrier Discharge) for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- Plasma source HV pulse – DBD-Jet (Dielectric Barrier Discharge) for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- Plasma source HV pulse – Plasma Gun for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- Plasma source for surface modification in controlled atmosphere.
- System FB Plasma 3D for processes on materials, such as materials activation and organic and inorganic films deposition.
- High voltage pulse generator FPG 20-1 NMK, FID GmbH (rise time, 2-3 ns) for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- High voltage pulse generator FPG 20-1PM, FID GmbH (rise time, 110-130 ps) for the treatment of biological and thermosensitive materials
- High voltage pulse generator PG100-3D – Plasma Power LLC (rise time, us) for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- RF generator BDS300Black – BDISCOM s.r.l. (13.56 MHz, 300 W) for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- RF generator Stolberg, 13.56 MHz, 1kW, for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- RF generator Comet, 81,36 MHz, 1 kW, for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- HV Amplifier (Trek model 30/20-H-CE, ± 30 kV, 20 mA) connected to a waveform generator (Stanford Research model DS335, 3 MHz), for the treatment of biological and thermosensitive materials.
- High voltage Dielectric Barrier Corona and Plasma Discharge Resonant Driver for treatment of materials
- Cost Reference Microplasma Jet

Material processing and characterization:

- System for measurement of water contact angle and surface energy (Kruss DSA4)
- System for Attenuated Total Reflectance – Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) spectroscopy (Agilent Cary 660 FTIR spectrometer).
- Scanning electron microscope (SEM) (Phenom ProX).
- Chemical laminar flow hood.
- Glove box for the safe handling of samples in a controlled atmosphere.
- Bubbler for monomeric suspension to produce gas carrying the monomer.
- Nebulizer system for nanocolloids to produce aerosol carrying nanoparticles.
- System for the measurement of specific surface area in solid samples by means of BET technique (NOVA 2200e, Quantachrome Instrument), for the characterization of nanopowders.

Raizer Advanced Plasma Diagnostics Laboratory:

- Acquisition system for electrical data (Oscilloscope, high voltage and current probes).
- High-speed camera NAC-MEMRECAM K3 for visualization and diagnostics of plasma assisted processes.
- Diagnostics system for Schlieren photography of plasma assisted processes.
- System for plasma diagnostics by means of Optical Emission Spectroscopy.

- High-speed camera NAC-MEMRECAM GX3 for visualization and diagnostics of plasma assisted processes.
- Enthalpy probe for temperature, velocity and composition measurement in thermal plasmas.
- Intensified CCD camera (ICCD) PI-MAX3:1024i, Princeton Instruments with nanosecond exposure time, for time-resolved Optical Emission Spectroscopy and visualization of transient in plasma processes.
- Fiber optic sensor for temperature measurement AccuSens in non-thermal plasmas.
- High precision infrared portable thermometer OPTRIS.
- Camera and lens NIKON for scientific publications.
- Superzoom lens for Edmund optics K2 iCCD.
- Fluoroskan Ascent 100-240V, 50/60 Hz
- Optical Absorbtion Spectroscopy system

Langmuir-Tesla BioPlasma laboratory:

Biological laboratory equipped for cultivation and manipulation of pathogens up to class 2, licensed by the Office for protection and prevention (Document of Risk Assessment sent to AUSL on march 15, 2013) which include:

- Laminar flow hood Class 2.
- Fridge-freezer for storage of bacteria and pathogens.
- Incubator for bacterial growth on plates.
- Heated and vibrant support for the growth of bacteria in culture medium.
- Autoclave for sterilization of non-disposables.
- Demineralizer.
- Movable hood for manipulation of chemical compounds.
- Waste storage system authorized by School of Engineering and Architecture – waste management office.

Golgi BioPlasma-Cell laboratory

Biological laboratory fully equipped for storage, growth and analysis of eukaryotic cell lines. The laboratory includes:

- Laminar flow hood Class 2.
- Fridge, freezer and liquid nitrogen canister for storage of cell lines.
- CO2 incubator for cell growth.
- Refrigerated laboratory centrifuge.
- Autoclave for liquid and solid sterilization.
- Thermomixer for controlled heating of cells and culture broths.
- Microplate reader for cell analysis, e.g. MTT and ELISA assay.
- Spectrophotometer for chemical analysis.
- Inverted microscopy for morphological analysis.