

**Centro di Ricerca Interdipartimentale in Materiali Avanzati e  
Dispositivi - Advanced Materials And Devices – (MADE)  
ex “CENTRO LASER, SPETTROSCOPIA OTTICA E MATERIALI PER LA FOTONICA”  
(CILSOMAF)**

**RELAZIONE di ATTIVITA' 2016**

Al CILSOMAF afferivano negli scorsi anni ricercatori dai Dipartimenti di Fisica, di Chimica e di Ingegneria Industriale e dell'Informazione. Nel corso del 2015 il Centro ha accolto le nuove afferenze del Dipartimento di Scienze del Farmaco e di Ingegneria Civile e Architettura e con D.R. 12/5/2015 è stato rinominato “Centro di Ricerca Interdipartimentale in Materiali Avanzati e Dispositivi - Advanced Materials And Devices” – MADE.

Il Centro MADE ha continuato e ampliato gli studi, sia fondamentali sia applicativi, di materiali e dispositivi innovativi nei seguenti campi di ricerca:

- Nuove tecnologie, metodi di sintesi e di caratterizzazione
- Elettronica e Fotonica
- Energia e Ambiente
- Materia soffice, Biomateriali, Materiali per nanomedicina
- Micro- e nano-materiali funzionali;

favorendo un utilizzo razionale ed efficace delle proprie risorse, sia umane sia strumentali. Esso ha inoltre incrementato le collaborazioni fra ricercatori con competenze complementari per un migliore inserimento in progetti di ricerca e collaborazioni anche con enti di ricerca, pubblici e privati, e con imprese nei settori di ricerca d'interesse.

Nel seguito vengono riportati i risultati ottenuti nell'ambito delle principali linee di ricerca, suddivisi per Dipartimento di afferenza dei ricercatori maggiormente coinvolti, con alcune recenti pubblicazioni ad essi riferiti.

## **DIPARTIMENTO DI FISICA**

Nel corso del 2016 l'attività ha riguardato principalmente le seguenti linee di ricerca:

### **A. Studio di materiali e dispositivi fotonici**, in particolare

- caratterizzazione e ottimizzazione di materiali per celle solari tandem, e loro coating nanostrutturati al fine di rendere più efficiente l'assorbimento di radiazione nella regione spettrale visibile-NIR.
- proprietà strutturali e ottiche di perovskiti ibride organiche-inorganiche (*coll. L. Malavasi, Dip. Chimica*)  $\text{MAPbX}_3$  - con  $X = \text{I, Br}$  - e  $\text{MASn}_x\text{Pb}_{1-x}\text{X}_3$  per strutture fotovoltaiche con soglia di assorbimento ottico modulabile verso il NIR e minore contenuto di Pb.
- caratterizzazione di materiali e dispositivi per *energy harvesting* da vibrazioni a bassa frequenza (*coll. P. Mustarelli, Dip. Chimica*).
- strutture aperiodiche: è iniziato lo studio di strutture fotoniche aperiodiche in Si per studiarne gli effetti di diffusione della luce in funzione di polarizzazione e parametri di scala (*coll. L. Dal Negro, Boston Univ.*).

### **B. Materiali sensibili e funzionali per diagnostica di analiti in vapore e in soluzione.** Sono state studiate, sia sperimentalmente sia teoricamente, differenti piattaforme:

- fotoniche: è proseguito lo studio di modi di superficie (BSW) e amplificazione di fluorescenza in strutture 1D (riflettori di Bragg) polimeriche in alcuni casi nanocristalline porose;
- plasmoniche: reticoli 2D ordinati di nanostrutture ibride metallo/polimero (*coll. PLASMORE s.r.l.*), da utilizzare per analiti in soluzione, grazie alla estrema sensibilità di risonanze plasmoniche localizzate ed estese (SPR) alla variazione di indice di rifrazione indotta dal mezzo dielettrico a

contatto con la superficie. Le medesime piattaforme plasmoniche sono state utilizzate per amplificare il segnale Raman in campioni di interesse biologico; Un aspetto non ancora indagato potrebbe riguardare i modi magnetici eccitabili in strutture plasmoniche connesse.

- ibride plasmoniche 2D-dielettriche con coating superficiale in SiO<sub>2</sub> al fine di aumentarne la sensibilità in SPR;

- strutture ibride fotoniche-plasmoniche: l'accoppiamento di riflettori di Bragg, polimerici e in silicio poroso, su strutture plasmoniche induce la creazione di modi misti localizzati alle interfacce.

In prospettiva, tali strutture verranno sviluppate in collaborazione con l'Universidad Autonoma de Madrid, e potranno trovare interesse per le peculiari proprietà di confinamento dei modi e amplificazione ottica.

### **C. Studio di superfici antimicrobiche e vettori per drug delivery (coll. In-lab, Dip. Chimica)**

Sono state caratterizzate superfici vetrose antimicrobiche basate su strutture plasmoniche per azione fototermica *antibiofilm* e rilascio di agenti biocompatibili, in particolare nanostrutture anisotrope di Ag (*platelets*) accresciute da soluzione di particelle su vetri funzionalizzati con PEI, con azione microbica ipertermica. Per il dettaglio si veda la sezione di Chimica.

In prospettiva, si intende verificare l'implementazione su substrati di utilizzo biomedico di funzionalità sensoristiche mediante SERS, realizzando opportune funzionalizzazione con marcatori biocompatibili.

Rampazzi, S., Danese, G., Leporati, F., Marabelli, F. *A localized surface plasmon resonance-based portable instrument for quick on-site biomolecular detection* (2016) IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 65 (2), art. no. 7342946, pp. 317-327.

Morasso, C., Picciolini, S., Mehn, D., Pellacani, P., Frangolho, A., Marchesini, G., Vanna, R., Gualerzi, A., Bedoni, M., Marabelli, F., Gramatica, F. *Simultaneous detection of multiple biomarkers by means of SERS on polymer nanopillar gold arrays* (2016) Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE, 9724, art. no. 972404.

L. Fornasari, F. Floris, M. Patrini, D. Comoretto, F. Marabelli *Demonstration of fluorescent enhancement via Bloch surface waves in all-polymer multilayer structure* Phys. Chem. Chem. Phys. 18, 14086 (2016)

P. Lova, C. Bastianini, P. Giusto, M. Patrini, P. Rizzo, G. Guerra, M. Iodice, C. Soci, D. Comoretto *Label-Free Vapor Selectivity in Poly(p-Phenylene Oxide) Photonic Crystal Sensors* ACS Applied Materials & Interfaces 8, 31941 (2016)

A. D'Agostino, A. Taglietti, P. Grisoli, G. Dacarro, L. Cucca, M. Patrini, P. Pallavicini *Seed mediated growth of silver nanoplates on glass: exploiting the bimodal antibacterial effect by near IR photo-thermal action and Ag<sup>+</sup> release* RSC Advances 6, 70414 (2016)

F. Invernizzi, S. Dulio, M. Patrini, G. Guizzetti, P. Mustarelli, *Energy harvesting from human motion: materials and techniques* Chemical Society Reviews 45, 5455 (2016)

A. Mancini, P. Quadrelli, C. Milanese, M. Boiocchi, A. Sironi, M. Patrini, G. Guizzetti, L. Malavasi *Synthesis, structural and optical characterization of APbX<sub>3</sub> (A=methylammonium, dimethylammonium, trimethylammonium; X = I, Br, Cl) hybrid organic-inorganic materials* J. Solid State Chem. 240, 55 (2016)

M. Patrini, P. Quadrelli, C. Milanese, L. Malavasi *FA(0.8)MA(0.2)Sn(x)Pb(1-x)I(3) Hybrid Perovskite Solid Solution: Toward Environmentally Friendly, Stable, and Near-IR Absorbing Materials* Inorganic Chemistry 56, 12752 (2016)

## DIPARTIMENTO DI CHIMICA

### A. Nanochimica in ambito biomedico (ref. P. Pallavicini)

Le ricerche condotte dal gruppo di nanochimica della sezione di Chimica Generale (Pallavicini-Taglietti-Dacarro) nell'anno 2016 hanno riguardato:

i) modificazione superficiale di materiali vetrosi massivi con monostrati di nanoparticelle d'argento non-sferiche, dotate di assorbimento plasmonico nella finestra del vicino IR biotrasparente: questi materiali, di concezione e realizzazione estremamente semplice, uniscono a una tossicità intrinsecamente nulla per l'organismo che li ospita – grazie alla quantità minima di argento depositata in un monostrato – delle bande di assorbimento nella finestra biotrasparente del vicino IR (750-900 nm), il cui irraggiamento laser provoca una risposta termica con innalzamento locale della temperatura di 5-20 °C anche a basse irradianze ( $\ll 1 \text{ W/cm}^2$ ). Depositata su superfici di dispositivi internalizzati e/o protesi agiscono sia da protezione prolungata antibatterica/antibiofilm (grazie al contatto con le AgNP e al rilascio lento e costante di  $\text{Ag}^+$ ) sia con un'azione ipertermica innescata a comando dall'irraggiamento. Abbiamo dimostrato che le due azioni se utilizzate simultaneamente sviluppano un eccezionale effetto antibatterico sinergico;

ii) sintesi green di materiali antibatterici basati su nanoparticelle d'argento: abbiamo realizzato soluzioni gelificabili di nanoparticelle d'argento, ottenute per riduzione di sali di  $\text{Ag}^+$  con polimeri naturali, biocompatibili e atossici, come polisaccaridi (p.es. pectina): i polimeri agiscono sia da riducente per  $\text{Ag}^+$  che da stabilizzante delle AgNP formate, escludendo dunque la presenza di sottoprodotti potenzialmente tossici derivati dall'ossidazione del riducente, come invece accade nelle sintesi tradizionali. Le soluzioni ottenute sono non-tossiche per i fibroblasti ma antibatteriche, e si sono rivelate eccellenti trattamenti per il *wound healing* e per il trattamento di *biofilm* batterici;

iii) uso di nanostelle d'oro per la produzione di inchiostri funzionali stampabili con stampanti inkjet. Abbiamo studiato la funzionalizzazione adatta a ricoprire nanostelle d'oro per renderle sufficientemente stabili e così altamente solubili da formare inchiostri in miscele di solventi di adatta viscosità per l'utilizzo in stampanti inkjet. In questo modo possiamo stampare pattern che hanno p.es. proprietà conduttive o che, irraggiati, sviluppano localmente calore e rilasciano specie molecolari terze, fatte aderire per interazioni coordinative o elettrostatiche sulla superficie stampata. La morfologia delle superfici stampate e la loro risposta fototermica sono state anche utilizzate per stimolare e dirigere la crescita di cellule neuronali, verso la formazione di strati/fogli di cellule, potenzialmente trapiantabili;

iv) sviluppo e studio di leganti e complessi metallici internalizzabili da cellule, funghi, lieviti capaci di segnalare all'interno delle cellule la concentrazione di cationi metallici o intervalli di pH, tramite la variazione di segnali fluorescenti ottenibili per irraggiamento a due fotoni (TPL) nel vicino IR.

Sviluppi in corso per il 2017:

- portare la chimica per la formazione di monostrati di AgNP e Gold Nanostars dal vetro a materiali di uso comune nei dispositivi biomedici, come per esempio PDMS, per una immediata integrabilità dei coating antibatterici su strumenti e dispositivi di uso biomedico corrente
- estensione delle sintesi green di materiali antibatterici basati su AgNP a polimeri naturali di diversa natura rispetto a quelli già utilizzati
- realizzazione di monostrati antibatterici e di inchiostri con risposta fototermica utilizzando nanoparticelle di materiali biocompatibili, FDA approved, ed economicamente più convenienti rispetto a Au e Ag

P. Galinetto, A. Taglietti, L. Pasotti, P. Pallavicini, G. Dacarro, E. Giulotto, M. S. Grandi, *SERS activity of silver nanoparticles functionalized with a desferrioxamine B derived ligand for Fe(III) binding and sensing*, J. Appl. Spectroscopy, 2016, 82, 1052-1059

Piersandro Pallavicini, Valeria Amendola, Greta Bergamaschi, Elisa Cabrini, Giacomo Dacarro, Nadia Rossi and Angelo Taglietti, *A bistren cryptand with a remote thioether function: Cu(II) complexation in solution and on the surface of gold nanostars*, New J. Chem., 2016, 40, 5722-5730

Mykola Borzenkov, Anni Määttänen, Petri Ihalainen, Maddalena Collini, Elisa Cabrini, Giacomo Dacarro, Piersandro Pallavicini, and Giuseppe Chirico, *Fabrication of Inkjet Printed Gold Nanostar Patterns with Photothermal Properties on Paper Substrate*, ACS Appl. Mater. Interfaces, 2016, 8, 9909-9916

B. Bassi, A. Taglietti, P. Galinetto, N. Marchesi, A. Pascale, E. Cabrini, P. Pallavicini and G. Dacarro, *Tunable coating of gold nanostars: tailoring robust SERS labels for cell imaging*, Nanotechnology 2016, 27 265302 (11pp)

A. D'Agostino, A. Taglietti, P. Grisoli, G. Dacarro, L. Cucca, M. Patrini, P. Pallavicini, *Seed mediated growth of silver nanoplates on glass: exploiting the bimodal antibacterial effect by near IR photo-thermal action and Ag<sup>+</sup> release*, RSC Adv., 2016, 6, 70414–70423

Valeria Amendola, Greta Bergamaschi, Giacomo Dacarro, Franck Denat, Frederic Boschetti, Maria Nikolantonaki, Regis Gougeon, Giulia D'Alessio, Anne-Sophie Viaux, Lucie Bertheau, Stéphane Guyot, Nicolas Sok and Piersandro Pallavicini, *An OFF-ON-OFF fluorescent sensor for pH windows based on the 13aneN4:Zn<sup>2+</sup> system*, Eur. J. Inorg. Chem., 2016, 2016, 5106–5113

Daniele Merli, Chiara Ferrari, Elisa Cabrini, Giacomo Dacarro, Piersandro Pallavicini, Antonella Profumo, *A gold nanoparticles chemically modified gold electrode for the determination of surfactants*, RSC Advances, 2016, 6, 106500-106507

Mykola Borzenkov, Anni Määttänen, Petri Ihalainen, Maddalena Collini, Elisa Cabrini, Giacomo Dacarro, Piersandro Pallavicini and Giuseppe Chirico, *Photothermal effect of gold nanostar patterns inkjet-printed on coated paper substrates with different permeability*, Beilstein J. Nanotechnol. 2016, 7, 1480–1485.

M. Bouzin, L. Sironi, G. Chirico, L. D'Alfonso, D. Inverso, P. Pallavicini and M. Collini, *k-space image correlation to probe the intracellular dynamics of gold nanoparticles*, J. Instrum. 2016, 11, C04018

## **B. Energetica** (ref. P. Mustarelli)

Nel corso del 2016 il gruppo di elettrochimica ed energetica della Sezione di Chimica Fisica (GREENMAT) si è occupato delle seguenti linee di ricerca: 1) sintesi e caratterizzazione di membrane polimeriche e MEA per celle a combustibile polimeriche ad alta temperatura. Sono stati esplorati sistemi a base di polibenzimidazolo con modificazioni all'interno della matrice monomerica e funzionalizzazioni con gruppi solfonici; 2) messa a punto di celle a combustibile microbiche e sistemi misti per la crescita di biomasse vegetali; 3) studi teorici e sperimentali di materiali catodici per batterie al litio; 4) sintesi e caratterizzazione di elettroliti liquidi e polimerici a base di liquidi ionici per applicazioni in batterie litio-ione e alluminio-ione; 5) studi teorici e sperimentali (diffrazione neutronica e NMR allo stato solido) di materiali ossidici di potenziale interesse come elettroliti in celle a combustibile a ossidi solidi; 6) fabbricazione di materiali e dispositivi per *energy harvesting* da vibrazioni a bassa frequenza.

I risultati della attività scientifica sono stati rendicontati in 9 pubblicazioni su riviste internazionali con referaggio.

Angioni, S., Millia, L., Bruni, G., Tealdi, C., Mustarelli, P., Quartarone, E. *Improving the performances of Nafion™-based membranes for microbial fuel cells with silica-based, organically-functionalized mesostructured fillers* (2016) Journal of Power Sources, 334, pp. 120-127.

Invernizzi, F., Dulio, S., Patrini, M., Guizzetti, G., Mustarelli, P. *Energy harvesting from human motion: Materials and techniques* (2016) Chemical Society Reviews, 45 (20), pp. 5455-5473.

Quartarone, E., Dall'asta, V., Resmini, A., Tealdi, C., Tredici, I.G., Tamburini, U.A., Mustarelli, P. *Graphite-coated ZnO nanosheets as high-capacity, highly stable, and binder-free anodes for lithium-ion batteries* (2016) *Journal of Power Sources*, 320, pp. 314-321.

Cattaneo, A.S., Dall'Asta, V., Pontiroli, D., Riccò, M., Magnani, G., Milanese, C., Tealdi, C., Quartarone, E., Mustarelli, P. *Tailoring ionic-electronic transport in PEO-Li4C60: Towards a new class of all solid-state mixed conductors* (2016) *Carbon*, 100, pp. 196-200.

Chiarello, G.L., Tealdi, C., Mustarelli, P., Selli, E. *Fabrication of Pt/Ti/TiO<sub>2</sub> photoelectrodes by RF-Magnetron sputtering for separate hydrogen and oxygen production* (2016) *Materials*, 9 (4), art. no. 279.

Angioni, S., Villa, D.C., Mustarelli, P., Quartarone, E. *Polybenzimidazoles with enhanced basicity: A chemical approach for durable membranes* (2016) *High Temperature Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells: Approaches, Status, and Perspectives*, pp. 239-250.

Cattaneo, A.S., Ferrara, C., Marculescu, A.M., Giannici, F., Martorana, A., Mustarelli, P., Tealdi, C. *Solid-state NMR characterization of the structure and thermal stability of hybrid organic-inorganic compounds based on a HLaNb<sub>2</sub>O<sub>7</sub> Dion-Jacobson layered perovskite* (2016) *Physical Chemistry Chemical Physics*, 18 (31), pp. 21903-21912.

Tealdi, C., Ricci, M., Ferrara, C., Bruni, G., Berbenni, V., Quartarone, E., Mustarelli, P. *Glucose-assisted synthesis and wet-chemistry preparation of pyrophosphate cathodes for rechargeable Na-ion batteries* (2016) *RSC Advances*, 6 (102), pp. 99735-99742.

Cattaneo, A.S., Ferrara, C., Villa, D.C., Angioni, S., Milanese, C., Capsoni, D., Grandi, S., Mustarelli, P., Allodi, V., Mariotto, G., Brutti, S., Quartarone, E. *SBA-15 mesoporous silica highly functionalized with propylsulfonic pendants: A thorough physico-chemical characterization* (2016) *Microporous and Mesoporous Materials*, 219, pp. 219-229.

### **C. Materiali Avanzati per Clean Energy** (ref. L. Malavasi)

Nel corso del 2016 il gruppo di Chimica dei Materiali (prof. Malavasi) della Sezione di Chimica Fisica si è occupato, tra gli altri argomenti, delle seguenti linee di ricerca: 1) sintesi e caratterizzazione di perovskiti ibride per applicazioni fotovoltaiche e 2) catalizzatori per sviluppo di idrogeno. In particolare, sono state progettate e sintetizzate nuove fasi di perovskiti ibride al fine di modulare le proprietà ottiche e strutturali. Per quanto riguarda il punto 2), ci si è focalizzati sul C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> grafítico che rappresenta un eccellente catalizzatore con assorbimento nel visibile. Di tale materiale si è intrapreso uno studio sistematico per valutare gli effetti dei processi di sintesi sulla fotogenerazione di idrogeno e si sono sviluppati nuovi composti drogati con anioni oltre alla sintesi di g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ossidato. Infine, ci si è occupati dell'ottimizzazione di un noto catalizzatore, CuO, al fine di creare una fase attiva a basso costo.

I risultati della attività scientifica sono stati rendicontati in 6 pubblicazioni su riviste internazionali con referaggio.

M. Patrini, P. Quadrelli, C. Milanese, L. Malavasi "FA<sub>0.8</sub>MA<sub>0.2</sub>Sn<sub>x</sub>Pb<sub>1-x</sub>I<sub>3</sub> Hybrid Perovskite Solid Solution: towards Environmental Friendly, Stable and near-IR Absorbing Materials", *Inorganic Chemistry* (2016)

K. Page, J. E. Siewenie, P. Quadrelli, L. Malavasi "Short-range Order of Methylammonium and Persistence of Distortion at the Local Scale in MAPbBr<sub>3</sub> Hybrid Perovskite", *Angew. Chem. Int. Ed.* (2016) 55, 14320

F. Capitani, C. Marini, S. Caramazza, P. Postorino, G. Garbarino, M. Hanfland, A. Pisanu, P. Quadrelli, L. Malavasi, *High-pressure behaviour of MAPbI<sub>3</sub> hybrid perovskite*, *J. Appl. Physics* (2016), 119, 185901

A. Mancini, P. Quadrelli, G. Amoroso, C. Milanese, M. Boiocchi, A. Sironi, M. Patrini, G. Guizzetti, L. Malavasi, *Synthesis, structural and optical characterization of APbX<sub>3</sub> (A = methylammonium, dimethylammonium, trimethylammonium; X = I, Br, Cl) hybrid organic-inorganic materials*, *J. Solid State Chem* (2016), 240, 55-60

G.A Artioli, A. Mancini, V.R Barbieri, M.C Quattrini, E. Quartarone, M.C Mozzati, G. Drera, L. Sangaletti, V. Gombac, P. Fornasiero, L. Malavasi, *Correlation between Deposition Parameters and Hydrogen Production in CuO Nanostructured Thin Films*, Langmuir (2016) 32 1510-1520

## **DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE**

E' proseguita la tematica di ricerca relativa all'ottica nonlineare in cristalli disordinati di niobato-tantalato di litio-potassio puri e drogati. Sono stati condotti esperimenti che hanno dimostrato l'effetto dell'introduzione di una struttura ordinata del cristallo su scala mesoscopica pur mantenendo il disordine su scala microscopica e quindi la possibilità di sfruttare il cosiddetto random quasi phase-matching. Il "super-reticolo" sovrainposto consente però di determinare le direzioni di emissione della radiazione di seconda armonica evitando quindi situazioni come quella tipica di emissione planare che disperde la potenza in svariate direzioni. Si sta ora cercando di formulare un modello teorico in grado di spiegare i risultati sperimentali.

Da ultimo, l'attività nel campo della microscopia nonlineare è proseguita in diversi ambiti. Da un lato si sta studiando una nuova configurazione basata su lenti speciali per ottimizzare il beam-shaping necessario per la scansione lineare ad alta velocità. Dall'altro sono state realizzate acquisizioni di diversi campioni in collaborazione con diversi gruppi attivi nei campi biologico e biomedicale ed è stato dimostrato un nuovo metodo per la caratterizzazione nonlineare di coloranti. Durante l'anno 2016 è proseguita l'attività di ricerca riguardante e la realizzazione di sistemi micro-opto-fluidici per applicazioni in campo biologico. In particolare è stata ampliata la funzionalità dei chip aggiungendo trasduttori acustici in grado di applicare onde di pressione all'interno dei fluidi e sulle cellule in analisi. Questo ha permesso di attivare funzioni di focalizzazione/movimentazione dei campioni da analizzare, e di realizzare nuove analisi meccaniche.

Inoltre sono continuate le valutazioni circa l'utilizzabilità di sistemi microfluidici in niobato di litio, che appare come un sistema promettente grazie alle sue proprietà fotorifrattive e piezoelettriche. Oltre al campo biofotonico, l'attività di ricerca ha riguardato lo studio di nuovi materiali e dispositivi per le comunicazioni. In particolare sono stati misurati filtri ottici di nuova generazione realizzati in Silicio, nell'ambito del progetto Europeo Fabulous. I nuovi filtri ottici sono basati su guide ribassate con notevoli proprietà in termini di perdite e dispersione e permettono inoltre di limitare la presenza di effetti ottici nonlineari nei dispositivi considerati.

M. Gazzetto, G. Nava, A. Zaltron, et al. 'Numerical and Experimental Study of Optoelectronic Trapping on Iron-Doped Lithium Niobate Substrate', CRYSTALS, Vol. 6, 2016

T. Yang, F. Bragheri, G. Nava, et al. 'Comprehensive strategy for the analysis of acoustic compressibility and optical deformability on single cells' SCIENTIFIC REPORTS Volume: 6 APR 4 2016

C. Lacava, M. Ettabib, I. Cristiani, et al. Ultra-Compact Amorphous Silicon Waveguide for Wavelength Conversion IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS Vol. 28 Pag. 410-413, 2016

C. Lacava, L. Carroll, A. Bozzola, et al. Design and characterization of low-loss 2D grating couplers for silicon photonics integrated circuits Edited by: Reed, GT; Knights, SILICON PHOTONICS XI Book Series: Proceedings of SPIE Volume: 9752, 2016

C. Lacava, M. Ettabib, I. Cristiani, et al. Ultra-low-power silicon photonics wavelength converter for phase-encoded telecommunication signals Edited by: Reed, GT; Knights, SILICON PHOTONICS XI OPTICAL INTERCONNECTS XVI Book Series: Proceedings of SPIE Volume: 9753 Article Number: 975313 2016

## DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL FARMACO

Da sempre l'attività di ricerca svolta presso il Dipartimento di Scienze del Farmaco si connota per la sua interdisciplinarietà, coinvolgendo sia gruppi di ricerca afferenti ad SSD diversi presenti nel Dipartimento, in particolare CHIM, BIO e MED, sia gruppi di ricerca afferenti ad altri Dipartimenti (Chimica e Fisica) dell'Ateneo.

Per il futuro verranno rafforzate ed aumentate le suddette collaborazioni, rivolte alla realizzazione e caratterizzazione di materiali e dispositivi innovativi, con particolare riferimento a: Biomateriali, Materiali per nanomedicina, Micro- e nano-materiali funzionali.

In tali ambiti si inserisce l'attività di ricerca attinente alle finalità del MADE svolta nel 2016 presso il Dipartimento; nello specifico essa ha riguardato le seguenti tematiche:

1. sistemi mucoadesivi e termogelificabili a base di biopolimeri per il rilascio di farmaci o di emoderivati per la riparazione tissutale;
2. micro e nano- sistemi per il rilascio di farmaci e per applicazioni in ambito biomedico;
3. allestimento e caratterizzazione di scaffolds per la medicina rigenerativa;
4. allestimento e/o impiego di "smart excipients" per applicazioni in ambito biomedico.

Le pubblicazioni relative alle suddette tematiche sono:

Mori M., Rossi S., Ferrari F., Bonferoni M.C., Sandri G., Chlapanidas T., Torre M.L., Caramella C.

*Sponge-like dressings based on the association of chitosan and sericin for the treatment of chronic skin ulcers. I. Design of experiments-assisted development.* J. Pharm. Sci., 105, 1180-1187 (2016)

Mori M., Rossi S., Ferrari F., Bonferoni M.C., Sandri G., Riva F., Del Fante C., Nicoletti G., Caramella C.

*Sponge-like dressings based on the association of chitosan and sericin for the treatment of chronic skin ulcers. II. Loading of the hemoderivative platelet lysate.* J. Pharm. Sci., 105, 1188-1195, 2016

Sandri G., Bonferoni M.C., Rossi S., Delfino A., Riva F., Icaro Cornaglia A., Marrubini G., Musitelli G., Del Fante C., Perotti C., Caramella C., Ferrari F. *Platelet lysate and chondroitin sulfate loaded contact lenses to heal corneal lesions.* Int. J. Pharmaceut., 509(1-2) 188-196, 2016

Tenci M., Rossi S., Bonferoni M.C., Sandri G., Boselli C., Di Lorenzo A., Daglia M., Icaro Cornaglia A., Gioglio L., Perotti C., Caramella C.M., Ferrari F. *Particulate systems based on pectin/chitosan association for the delivery of manuka honey components and platelet lysate in chronic skin ulcers.* Int. J. Pharmaceut., 509, 59-70, 2016

Bonferoni M.C., Sandri G., Delleria E., Rossi S., Ferrari F., Zambito Y., Caramella C. *Palmitoyl glycol chitosan micelles for corneal delivery of cyclosporine.* J. Biomed. Nanotechnol., 12, 231-240, 2016

Bonferoni M. C., Sandri G., Rossi S., Ferrari F., Caramella C. *Oil-in-water nanoemulsions.*

Università degli Studi di Pavia, WO/2016/063119 A1, data di deposito 20 ottobre 2015, data di pubblicazione 28 aprile 2016

Genta I., Colonna C., Conti B., Caliceti P., Salmaso S., Speziale P., Pietrocola G., Chiesa E., Modena T., Dorati R. *CNA-loaded PLGA nanoparticles improve humoral response against S. aureus-mediated infections in a mouse model: subcutaneous vs. nasal administration strategy.*

J. Microencapsulation, 33 (8), 750-762, 2016

Colzani B., Speranza G., Dorati R., Conti B., Modena T., Bruni G., Zagato E., Vermeulen L., Dakwar G.R., Braeckmans K., Genta I. *Design of smart GE11-PLGA/PEG-PLGA blend nanoparticulate platforms for parenteral administration of hydrophilic macromolecular drugs: synthesis, preparation and in vitro/ex vivo characterization.* Int. J. Pharmaceut., 511 (2), 1112-1123, 2016

Colzani B., Biagiotti M., Speranza G., Dorati R., Modena T., Conti B., Tomasi C., Genta I. *Smart biodegradable nanoparticulate materials: Poly-lactide-co-glycolide functionalization with selected peptides.* Curr. Nanoscience, 12 (3), 347-356, 2016



Dorati R., Genta I., Ferrari M., Vigone G., Merico V., Garagna S., Zuccotti M., Conti B. *Formulation and stability evaluation of 3D alginate beads potentially useful for cumulus-oocyte complexes culture*. J. Microencapsulation, 33 (2), 137-145, 2016

Dorati R., De Trizio A., Gentav I., Grisoli P., Merelli A., Tomasi C., Conti B. *An experimental design approach to the preparation of pegylated polylactide-co-glicolide gentamicin loaded microparticles for local antibiotic delivery*. Mat. Sci. Eng. C, 58, 909-917, 2016

Mandracchia D., Tripodo G., Trapani A., Ruggieri S., Annese T., Chlapanidas T., Trapani G., Ribatti D. *Inulin based micelles loaded with curcumin or celecoxib with effective anti-angiogenic activity*. Eur. J. Pharm. Sci., 93, 141-196, 2016.

Faragò S., Lucconi G., Perteghella S., Vigani B., Tripodo G., Sorrenti, M., Catenacci, L., Boschi A., Faustini M., Vigo D., Chlapanidas T., Marazzi M., Torre M.L. *A dry powder formulation from silk fibroin microspheres as a topical auto-gelling device*. Pharm. Dev. Tech., 21 (4), 453-462, 2016

Amadio M., Pascale A., Cupri S., Pignatello R., Osera C., D'Agata V., D'Amico A.G., Leggio G.M., Ruozi B., Govoni S., Drago F., Bucolo C. *Nanosystems based on siRNA silencing HuR expression counteract diabetic retinopathy in rat*. Pharmacol. Res., 111, 713-720, 2016

Bruni G., Maggi L., Tammaro L., Lorenzo R.D., Friuli V., D'Aniello S., Maietta M., Berbenni V., Milanese C., Girella A., Marini A. *Electrospun fibers as potential carrier systems for enhanced drug release of perphenazine*. Int. J. Pharmaceut. 511 (1), 190-197, 2016

D'Agostino A., Taglietti A., Grisoli P., Dacarro G., Cucca L., Patrini M., Pallavicini P. *Seed mediated growth of silver nanoplates on glass: Exploiting the bimodal antibacterial effect by near IR photo-thermal action and Ag<sup>+</sup> release*. RSC Adv., 6 (74), 70414-70423, 2016

Bassi B., Taglietti A., Galinetto P., Marchesi N., Pascale A., Cabrini E., Pallavicini P., Dacarro G. *Tunable coating of gold nanostars: Tailoring robust SERS labels for cell imaging*. Nanotechnology, 27 (26), Article number 265302, 2016

Sandri G., Bonferoni M. C., Rossi S., Ferrari F., Aguzzi C., Viseras C., Caramella C. *Clay minerals for tissue regeneration, repair and engineering*. In: Wound healing biomaterials, Vol 2: Functional biomaterial. CRS Ed., Woodhead Publishing Elsevier, 2016, Cap. 24, p. 385-402. ISBN: 978-1782424567

Caramella C., Conti B., Modena T., Ferrari F., Bonferoni M.C., Genta I., Rossi S., Torre M.L., Sandri G., Sorrenti M., Catenacci L., Dorati R., Tripodo G. *Controlled delivery systems for tissue repair and regeneration*. J. Drug Del. Sci. Technol., 32, 206-228, 2016

Dorati R., De Trizio A., Genta I., Merelli A., Modena T., Conti B. *Formulation and in vitro characterization of a composite biodegradable scaffold as antibiotic delivery system and regenerative device for bone*. J. Drug Del. Sci. Technol., 35, 124-133, 2016

Chlapanidas T., Perteghella S., Faragò S., Boschi A., Tripodo G., Vigani B., Crivelli B., Renzi S., Dotti S., Preda S., Marazzi M., Torre M.L., Ferrari M. *Platelet lysate and adipose mesenchymal stromal cells on silk fibroin nonwoven mats for wound healing*, J. Appl. Pol. Sci., 133 (5), 2016

Vigani B., Mastracci L., Grillo F., Perteghella S., Preda S., Crivelli B., Antonioli B., Galuzzi M., Tosca M.C., Marazzi M., Torre M.L., Chlapanidas T. *Local biological effects of adipose stromal vascular fraction delivery systems after subcutaneous implantation in a murine model*. J. Bioact. Compat. Pol., 31 (6), 600-612, 2016

Pajardi G., Rapisarda V., Somalvico F., Scotti A., Russo G.L., Ciancio F., Sgrò, A., Nebuloni M., Allevi R., Torre M.L., Trabucchi E., Marazzi M. *Skin substitutes based on allogenic fibroblasts or keratinocytes for*



*chronic wounds not responding to conventional therapy: A retrospective observational study.* Int. Wound J., 13 (1), 44-52, 2016

Trapani A., De Laurentis N., Armenise D., Carrieri A., Defrenza I., Rosato A., Mandracchia D., Tripodo G., Salomone, A., Capriati V., Franchini C., Corbo F. *Enhanced solubility and antibacterial activity of lipophilic fluoro-substituted N-benzoyl-2-aminobenzothiazoles by complexation with  $\beta$ -cyclodextrins.* Int. J. Pharmaceut., 497 (1-2), 18-22, 2016

Brusotti G., Calleri E., Milanese C., Catenacci L., Marrubini G., Sorrenti M., Girella A., Massolini G., Tripodo G. *Rational design of functionalized polyacrylate-based high internal phase emulsion materials for analytical and biomedical uses* Polymer Chemistry, 7 (48), 7436-7445, 2016

## **DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA**

Di seguito si riporta una breve descrizione delle attività 2016 nei campi di ricerca d'interesse (cfr. Art. 3 del Regolamento MADE)

### **A. Modelli costitutivi dei materiali ed applicazione di leghe a memoria di forma (SMA) per dispositivi biomedicali e non (Prof. Auricchio, Comp-Mech Group).**

Questa attività ha l'obiettivo di proporre modelli costitutivi fenomenologici per descrivere il comportamento termomeccanico di materiali intelligenti quali leghe a memoria di forma. Lo studio viene condotto tramite analisi agli elementi finiti e opportuni algoritmi in grado di fornire un tool numerico da utilizzare come supporto ad attività di design. In particolare, sono stati effettuati studi per la simulazione di attuatori SMA che trovano largo impiego in ambito aerospaziale e dell'automazione.

R. Guerchais, G. Scalet, A. Constantinescu, F. Auricchio. *Micromechanical modeling for the probabilistic failure prediction of stents in high cycle fatigue*, International Journal of Fatigue, 87, 405-417, 2016.

F. Auricchio, A. Constantinescu, C. Menna, G. Scalet. *A shakedown analysis of high cycle fatigue of shape memory alloys*, International Journal of Fatigue, 87, 112-123, 2016.

F. Auricchio, A. Constantinescu, M. Conti, G. Scalet. *Fatigue of Metallic Stents: From Clinical Evidence to Computational Analysis*, Annals of Biomedical Engineering, 44(2), 287-301, 2016.

### **Materiali per stampa 3D e modellazione (Prof. Auricchio, Comp-Mech Group).**

- Attività di collaborazione svolta con l'azienda FABtotum, il Prof. Dario Pasini (UNIPV), il Dr. Daniele Dondi (UNIPV) e la Prof. Paola Rizzo (UNISA) nell'ambito del progetto RL-INSTM no.IN-RL9. Il progetto di ricerca si propone di sviluppare materiali innovativi e soluzioni hardware e software per la Stereolitografia 3D.
- Attività di collaborazione con il Dr. Stefano Pandini (UNIBS) per lo studio e la modellazione del comportamento a memoria di forma a una e due vie di polimeri sviluppati in laboratorio. Inoltre, l'attività include un'analisi sperimentale del comportamento a memoria di forma di resine fotopolimeriche commerciali per la stampante 3D SLA Form 2.
- Attività di collaborazione con il gruppo del Prof. Shlomo Magdassi (The Hebrew University of Jerusalem) per la modellazione e prototipazione tramite stampa 4D di componenti in polimeri a memoria di forma.

E. Boatti, G. Scalet, F. Auricchio. *A three-dimensional finite-strain phenomenological model for shape-memory polymers: formulation, numerical simulations, and comparison with experimental data*, International Journal of Plasticity, 83, 153-177, 2016.

## **B. Materiali per stampa 3D** (Prof. Auricchio, proto-lab).

- Attività di collaborazione svolta con l'azienda FABtotum, il Prof. Dario Pasini (UNIPV), il Dr. Daniele Dondi (UNIPV) e la Prof. Paola Rizzo (UNISA) nell'ambito del progetto RL-INSTM no.IN-RL9. Il progetto di ricerca si propone di sviluppare materiali innovativi e soluzioni hardware e software per la Stereolitografia 3D.
- Attività di collaborazione svolta con il produttore di filamenti Filoalfa e la società Lati che hanno fornito un filamento di PLA misto a nano tubi di carbonio. Tramite stampa FDM sono stati prodotti dei campioni per misurare le proprietà di conducibilità elettrica in corrente continua.
- Attività di collaborazione con il Prof. Maurizio Bozzi per lo studio e la realizzazione di componenti elettronici. In particolare è stata realizzata una guida per la trasmissione di potenza elettrica tramite microonde in poliuretano termoplastico stampato con tecnologia FDM. Una seconda campagna sperimentale ha coinvolto l'uso di una stampante binder jetting (Projet460 Plus) per la valutazione del materiale di stampa utilizzato da questa tecnologia (polvere di gesso) per la medesima applicazione.
- Realizzazione di oggetti in materiale ceramico avanzato (e.g., carburo di silicio/titanio) attraverso la stampa 3D FDM (di forme anche complesse) di materiale termoplastico caricato con polveri ceramiche (collaborazione con Prof. Anselmi-Tamburini).
- Fattibilità di stampa e sviluppo di opportuni profili di stampa per un filamento di Policaprolattone (PCL) per stampa 3D FDM: il filamento, è stato prodotto in via sperimentale grazie alla collaborazione con il produttore di filamenti per stampa 3D TreedsFilaments.
- A valle dell'attività precedente, sono stati progettati dei patch biocompatibili e biorisorbibili per la rigenerazione del tessuto esofageo. I materiali utilizzati sono: acido polilattico (PLA) e policaprolattone (PCL), in diverse proporzioni. In collaborazione con il Dipartimento di Scienze del Farmaco e la Professoressa Bice Conti, vari test biologici sono stati eseguiti per verificarne la biocompatibilità e altre proprietà.
- Caratterizzazione meccanica di materiali stampati 3D in funzione del pattern di deposizione e della composizione chimica del materiale

Alaimo G, Marconi S, Costato L, Auricchio F, *Influence of meso-structure and chemical composition on FDM 3D-printed parts*, Article in Press on Composites Part B: Engineering. doi: 10.1016/j.compositesb.2017.01.019.

E. Massoni, L. Silvestri, G. Alaimo, S. Marconi, M. Bozzi, L. Perregrini, F. Auricchio, *3D-Printed Substrate Integrated Slab Waveguide for Single-Mode Bandwidth Enhancement*, Article Accepted by IEEE Microwave and Wireless Components Letters, February 2017

E. Massoni, L. Silvestri, M. Bozzi, L. Perregrini, G. Alaimo, S. Marconi, F. Auricchio, *Characterization of 3D-Printed Dielectric Substrates with Different Infill for Microwave Applications*, 2016 IEEE International Microwave Workshop Series on Advanced Materials and Processes for RF and THz Applications (IMWS-AMP2016), 20-22 July 2016, Chengdu, China. doi: 10.1109/IMWS-AMP.2016.7588330.

## **C. Tecnologie fotoniche ed elettroniche per nuovi materiali e sensoristica** (prof. G. Giuliani)

### **\* Progetto EU H2020 FABULOUS (Aprile 2015 - Marzo 2018).**

Campi di ricerca MADE: Nuove tecnologie; Elettronica e Fotonica; Energia e Ambiente.

E' stata sviluppata una piattaforma tecnologica orientata alla realizzazione di un nuovo prodotto per arredo di interni e spazi pubblici: una piastrella luminosa a gestione elettronica che può cambiare colore, realizzare illuminazione ad elevata efficienza con sorgenti LED a stato solido, e realizzare schermi video giganti.

La tecnologia che viene sviluppata al DICAr include l'integrazione di materiali fotonici con la tecnologia tradizionale dei materiali ceramici, e il controllo elettronico intelligente dei driver per i LED e della comunicazione da piastrella a piastrella.

**\* Sviluppo di sensori laser e a onde THz per misure accurate senza contatto, con applicazioni ai settori industriale e biomedicale.**

Campi di ricerca MADE: Nuove tecnologie; Elettronica e Fotonica.

Sono stati sviluppati sensori laser per misure remote senza contatto di grandezze fisiche e meccaniche quali: distanza, velocità, vibrazioni. I campi applicativi vanno dall'automotive all'aerospaziale, ed includono anche applicazioni alla diagnostica non invasiva in ambito biomedicale.

E' stata sviluppata una nuova tecnica per la generazione e simultanea rivelazione di onde THz per diagnostica non-invasiva su materiali di svariata natura.

**Censimento strumenti**

Stampanti 3D. Vedi <http://www-2.unipv.it/compmech/proto-lab.html>

Macchina di trazione uniassiale. Vedi <http://www-2.unipv.it/compmech/mate-lab.html>