

Monterotondo, 15 marzo 2019

Relazione di 4 pagine

Relazione Attività IIA-CNR

Progetto ADAMO (Sottoprogetto CNR: DIT.AD011.052.010) Bando Intervento 1 "Centro di Eccellenza" composto da Anagrafe delle Competenze e Polo di Innovazione Regionale Diffuso su Tecnologie e Materiali finalizzato anche allo sviluppo di artigianato artistico di qualità

Task. 6.6. WP6 Progettazione e realizzazione di sistemi sensoristici nanodimensionati per la determinazione di inquinanti atmosferici, qualità dell'aria e per la realizzazione di biosensori e sensori chimici

Alcuni dispositivi ibridi sia portatili che mobili e basati anche su sensori nanostrutturati, sono stati progettati e sviluppati in IIA-CNR (Istituto Inquinamento Atmosferico) e testati per applicazioni di interesse progettuale.

Le potenzialità applicative di alcuni prototipi sono state presentate nell'evento divulgativo nello scorso Settembre 2018 denominato "La notte dei ricercatori" presso la sede del CNR nell'Area Tor Vergata.

Si allegano alcune foto dell'evento.



Figura 1. (Sinistra) Stand espositivo con alcuni dei dispositivi sensoristici realizzati presso IIA-CNR; (destra) dispositivo multisensoriale per il monitoraggio di composti chimici volatili in microambienti (es. teche per manufatti artistici)



Tale dispositivo, il cui design esterno è stato sviluppato da Computarte (<http://www.computarte.it/>), è stato concepito sia per il monitoraggio di ambienti indoor, sia per il monitoraggio di composti volatili provenienti dal bio-deterioramento dei manufatti artistici, lapidei e/o cartacei). La suscettibilità al bio-chemo-fisi-deterioramento di un manufatto è infatti connessa sia alle condizioni esterne sia alla sua composizione chimica. I sensori alloggiati all'interno del dispositivo sono basati sia su trasduttori gravimetrici (QCMs, microbilance di quarzo), sia su trasduttori conduttometrici (IDEs, microelettrodi interdigitati) in sistemi modulari facilmente sostituibili. Sono stati in particolare sviluppati sensori nanostrutturati sensibili sia agli acidi organici [1], solitamente precursori responsabili della solubilizzazione dei substrati lapidei, e a gas inquinanti solitamente dannosi per i manufatti. Altri gruppi di sensori sono stati sviluppati con maggiore sensibilità per aldeidi, composti aromatici e azotati [2] che si possono sviluppare nella degradazione dei materiali lignei e cartacei. I sensori progettati in laboratorio sono basati su materiali nanostrutturati polimerici compositi, ispirati alle strutture dei recettori sensoriali naturali, caratterizzati da elevate superfici di esposizione all'ambiente circostante (estroflessioni, cilia, strutture fibrose, pori, ecc.). I materiali nanostrutturati, hanno la peculiarità di avere almeno una loro dimensione nell'ordine di un miliardesimo di metro, quindi dimensioni estremamente ridotte (visibili con microscopia elettronica), e proprietà sensoriali estremamente migliorate. Ad esempio una elevata sensibilità e risposte più rapide e più accurate. I materiali nanostrutturati sono stati progettati e testati per interagire selettivamente con definite classi di composti chimici volatili mediante la tecnologia dell'elettrofilatura con funzionalizzazione chimica. La procedura di preparazione, la caratterizzazione ed i test sono riportati negli articoli scientifici elencati nelle referenze bibliografiche. Le variazioni dei materiali nanostrutturati, in seguito ad interazione chimica con i vari VOCs, possono essere rivelate da appositi sistemi detti di trasduzione in contatto con essi, ossia dei sistemi in grado di trasformare la variazione chimico-fisica in un segnale rivelabile, nel nostro caso, elettrico. Tale prototipo è caratterizzato da un sistema pneumatico di aspirazione, per gas, composti volatili e semivolatili e per altri parametri ambientali (T, RH%) e da un software di acquisizione e digitalizzazione dei dati in real-time che potranno essere, successivamente, implementati con opportuni algoritmi di classificazione o regressione.). Il sistema ibrido multisensoriale potrà essere quindi testato per il monitoraggio di ambienti indoor di interesse progettuale.

A seguito di ulteriori finanziamenti il sistema potrà essere addestrato per misure mirate all'applicazione specifica ed integrato con un software dedicato, non solo illustrante in tempo reale i segnali provenienti dai sensori, ma con un sistema di analisi dati e relativa visualizzazione grafica finale.

Per il monitoraggio di ambienti esterni, magari difficilmente raggiungibili da operatori, abbiamo sviluppato un drone terrestre (Fig. 2) basato su un sistema di radio-controllo che oltre a pilotare il veicolo a distanza, permette di visualizzare gli ambienti esplorati (es. catacombe, sotterranei, cunicoli, ecc.) attraverso una telecamera ed è in grado di ricevere e conservare i dati in tempo



reale. Nello specifico, il drone terrestre è stato sviluppato per monitorare gas e polveri sottili. La piattaforma sensoristica a bordo del drone è equipaggiata con un sensore a trasduzione ottica NDIR per l'anidride carbonica CO_2 e con sensori di tipo elettrochimico per l'ossido di carbonio CO , il biossido di azoto NO_2 , l'anidride solforica SO_2 e l'acido solfidrico H_2S . Ogni sensore è stato alloggiato in una camera di misura progettata ad-hoc. Un sistema pneumatico gestisce il campionamento e una scheda elettronica di front-end converte tutti i segnali (di tipo non eterogeneo) provenienti dai sensori stessi in segnali di tensione compresi tra 0 e 3.3V (o max 5V).



Figura 2. (Sinistra) Sistema veicolare terrestre radio-guidato, alloggiante sensori per composti chimici aeriformi, gas e particolato; (destra) stand espositivo di IIA-CNR con veicolo e sistemi visivi di rilevazione e registrazione dati da remoto.

Inoltre la piattaforma prevede l'installazione di un dispositivo integrato di tipo sperimentale funzionante con tecnologia interferometrica ottica per il particolato PMX (PM_1 , $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}) nonché un sensore di temperatura resistivo e un sensore di umidità a stato solido. Al fine di effettuare lo storage ed il backup dei dati acquisiti, ciascun sensore è stato collegato ad una scheda elettronica digitale dotata di memoria di massa; inoltre i componenti sono anche collegati ad una scheda *PCB* (*printed circuit board*) che fornisce alimentazione e permette il controllo in remoto dell'avvio e del termine del campionamento da parte dell'utente. La base meccanica è rappresentata da un modello radiocomandato a motore elettrico, equipaggiato con sensori telerimetrici. Fondamentale è la presenza di un'antenna *GPS* (*Global Positioning System*) capace di fornire in tempo reale, all'operatore in remoto, le coordinate relative alla posizione in latitudine e longitudine del veicolo. Al fine di controllare il veicolo a distanza, l'operatore in remoto ha a disposizione una telecamera in alta definizione radiocollegata ad uno schermo specifico così da poter osservare in tempo reale il percorso del drone. Il modello è adatto ad ogni tipo di terreno, anche il più accidentato: è infatti un veicolo progettato per ottenere prestazioni importanti per l'arrampicamento su roccia (*rock crawling*) con un peso di



circa 5 Kg. Il sistema aereo di campionamento è realizzato attraverso un tubo di PVC alto 100 cm alloggiato su un supporto costruito in alluminio di spessore pari a 1.5 mm e connettori in gomma. L'aria viene aspirata dall'ambiente esterno attraverso un sistema pneumatico costituito da due micropompe. La piattaforma di monitoraggio è completata inoltre da un OPC (Optical Particle Counter) cioè un contatore ottico di particelle per il controllo dei livelli di particolato. I sensori montati in sistemi modulari possono essere facilmente sostituiti con sensori commerciali per differenti gas- target o da sensori sviluppati in laboratorio.

Il sistema veicolare può essere quindi testato per il monitoraggio di ambienti out-door di interesse progettuale.

Referenze

[1] Joshua Avossa, Emiliano Zampetti, Fabrizio De Cesare, Andrea Bearzotti, Giuseppe Scarascia-Mugnozza, Giuseppe Vitiello, Eyal Zussman, and Antonella Macagnano. Thermally Driven Selective Nanocomposite PS-PHB/MGC Nanofibrous Conductive Sensor for Air Pollutant Detection, *Front Chem.* 2018; 6: 432; doi: [10.3389/fchem.2018.00432](https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00432)

[2] Joshua Avossa, Roberto Paolesse, Corrado Di Natale, Emiliano Zampetti, Giovanni Bertoni, Fabrizio De Cesare, Giuseppe Scarascia-Mugnozza and Antonella Macagnano. Electrospinning of Polystyrene/Polyhydroxybutyrate Nanofibers Doped with Porphyrin and Graphene for Chemiresistor Gas Sensors, *Nanomaterials* 2019, 9(2), 280; <https://doi.org/10.3390/nano9020280>

Ha partecipato per IIA-CNR alle attività il seguente gruppo di ricerca:

- Antonella Macagnano (Ricercatore, IIA-CNR e Responsabile Scientifico Attività IIA-CNR in Progetto ADAMO)
- Paolo Papa (AdR, IIA-CNR)
- Joshua Avossa (AdR, IIA-CNR)
- Emiliano Zampetti (Ricercatore IIA-CNR)
- Andrea Bearzotti, Ricercatore (Ricercatore IIA-CNR)
- Fabrizio De Cesare, Ricercatore Università della Tuscia (VT) e ricercatore associato IIA-CNR
- Alessandro Capocecera (CTER, IIA-CNR)
- Laura Ragazzi (Primo Tecnologo, IIA-CR)