



HIGHLIGHTS TECNOLOGIE INNOVATIVE

a cura di Pierfausto Seneci - Dipartimento di Chimica organica - Università di Milano

Eccoci finalmente, come promesso nella scorsa Rubrica, alla trattazione di nanotecnologie applicate a memoria ed informazione. La mia attenzione in origine fu attratta da un articolo (C.T. Gopinath *et al.*, *ACSNano*, 2008, **2**, 1885) intitolato: "Monitoring biomolecular interactions on a digital versatile disk: a bioDVD platform technology". Gli autori usano tecniche e materiali impiegati comunemente per dischi DVD (a proposito, sapevate che l'acronimo significa digital versatile disk?) e realizzano piattaforme capaci, sfruttando l'interferenza ottica causata dalla luce riflessa da una superficie multi-strato composta da film sottili di materiale dielettrico, metallico e otticamente (re)attivo, di rilevare la presenza di analiti attraverso il loro assorbimento sulle superfici del bioDVD sopra menzionate, che sono ovviamente funzionalizzate con biomolecole specifiche per l'assorbimento degli analiti di interesse. Gli autori rivendicano un uso della piattaforma bioDVD in molte applicazioni, a seconda della funzionalizzazione con biomolecole diverse, grazie alla possibilità di produrre dischi in maniera poco costosa a livello industriale, e di usare tecniche di rilevazione robuste ed efficienti; sono riportati esempi che riguardano l'ibridazione di sequenze di acidi nucleici e l'interazione fra sequenze di RNA e proteine.

Più di recente mi sono spostato a livello "nano", cercando sempre lavori legati alla memorizzazione di dati, stavolta però su nanomateriali appropriati, che traggono vantaggio dalla presenza di strutture molecolari adatte. Riguardo a queste ultime, un lavoro (G. de Ruiter *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2010, **49**, 169) riporta come un monostato di complesso organometallico **1** (Figura) funzioni come un circuito logico sequenziale, che in presenza di input chimici fornisce risposte diverse che dipendono sia dall'input stesso che dalla risposta precedente.

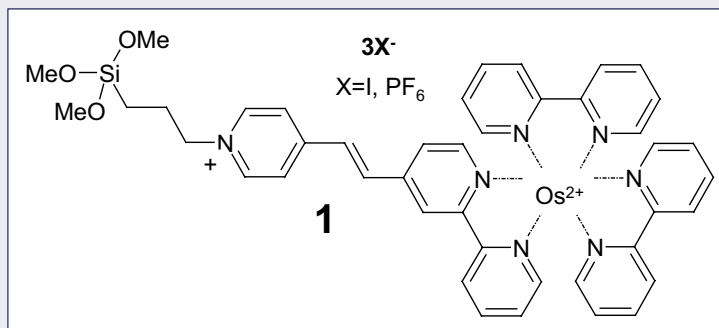
Se, come me, avete a volte difficoltà a seguire la logica di questi lavori, un semplice esempio. Il complesso **1** contiene lo ione Os^{2+} , che può essere ossidato ad Os^{3+} in un intorno chimico adeguato (ad esempio, ioni Cr^{6+} a $\text{pH} < 1$); attribuendo un codice binario allo stato di ossidazione dell'osmio, "1" equivarrà a Os^{2+} e "0" a Os^{3+} , mentre attribuendo un codice all'input chimico ioni Cr^{6+} a $\text{pH} < 1$, "1" equivarrà

alla loro presenza, "0" alla loro assenza. Quindi in presenza di "1" - Os^{2+} come stato iniziale del monostato, e in presenza/dopo aggiunta di ioni Cr^{6+} a $\text{pH} < 1$, il nostro sistema logico darà lettura "1" (lettura iniziale - stato di ossidazione Os iniziale Os^{2+}) - "1" (aggiunta ioni Cr^{6+}) - "0" (lettura finale - stato di ossidazione Os finale Os^{3+}); la lettura diviene "1" - "0" - "1" se non vi è aggiunta di ioni Cr^{6+} , "0" - "1" - "0" se l'aggiunta di ioni Cr^{6+} avviene in presenza di "0" - Os^{3+} come stato iniziale del monostato, e "0" - "0" - "0" se... A voi completare! Vi consiglio la lettura del lavoro per capire come da un esempio banale, che però dimostra come schemi logici multipli possano essere generati anche in dipendenza dello stato iniziale del monostato, si possano generare funzioni simili alle RAM (random access memory, per chi non lo sapesse) dei computer.

Qualche accenno meno dettagliato ad altre nanostrutture e alle funzioni logiche ottenibili attraverso il loro uso. Per iniziare un lavoro (J. Karnbratt *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2010, **49**, 1854) che tratta di costrutti fotoreponsivi basati su strutture ditienileneiche e sistemi porfirinici; ed un *highlight* recente (U. Pischel, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2010, **49**, 1356) che fornisce altri riferimenti a sistemi molecolari simili a **1**, mostrato in figura.

Vorrei poi citare nanostrutture di forma definita, quali nanoparticelle di silice a doppia natura, cioè contenenti nanorotori e nano valvole e capaci di reagire a due tipi di stimoli diversi per, ad esempio, rilasciare in maniera e quantità diverse un principio attivo in nanointorni biologici (S. Angelos *et al.*, *JACS*, 2009, **131**, 11344); nanofili a base di silice, ricoperti da una membrana lipidica a doppio strato corredata di proteine di membrana funzionali, capaci di agire da "bionanointerfaccia" per la conversione diretta di input biologici in impulsi elettronici, come dimostrato attraverso la misurazione del trasporto di protoni attraverso canali ionici di membrana (N. Misra *et al.*, *PNAS*, 2009, **106**, 13780); altri nanofili, a base di zinco ossido e ricoperti da un film sottile di piombo zirconato titanato, o PZT, funzionanti come nanotransistor ferroelettrici con prestazioni di trasporto elettrico migliori rispetto a quelli basati su silice (L. Liao *et al.*, *ACSNano*, 2009, **3**, 700); e nanotubi di carbonio allineati fra loro, e depositati in maniera spazialmente controllata su un supporto di silice, per cui ogni movimento meccanico di uno fra essi può venire utilizzato come input logico e, quindi, come funzione di memoria (J.E. Jang *et al.*, *Nature Nanotech.*, 2008, **3**, 2630).

So che non c'entra molto ma se, come me, da ragazzi eravate ammirati dal concetto di inchiostro invisibile e dagli usi che se ne potevano fare, vi suggerisco di informarvi su nanoparticelle metastabili funzionanti, appunto, da nanomateriali non tossici per nanoimmagini a durata limitata, utili ad esempio per la stampa di documenti con tempo di validità limitato: tutto ciò lo trovate in R. Klajn *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2009, **48**, 7035.



Figura