

Quando i difetti sono virtù (parlando di display..)

di Tommaso Bellini, Marco Buscaglia, Roberto Cerbino, Francesca Serra,

Dipartimento di Chimica, biochimica e biotecnologie per la medicina, Università degli Studi di Milano.

Talvolta accade che nella descrizione di una struttura complessa – sia essa una automobile o persino il carattere di una persona – sia più significativo elencare i difetti che non le altre caratteristiche. Sapere che un'automobile è piccola o che una persona è pignola permette di dedurre molte altre caratteristiche. Così è per diversi materiali complessi. Ogni qualvolta un materiale sviluppa una specifica struttura o forma d'ordine molecolare, c'è la possibilità che tale struttura abbia imperfezioni di vario tipo, che determinano fortemente le proprietà del materiale. Conoscere la natura e l'ubicazione di tali difetti può essere un modo efficace di descrivere lo stato del materiale. Quando poi si riesce a controllare la natura e la posizione dei difetti, si ha in mano una strategia per controllare le proprietà del materiale e quindi, in prospettiva, per progettare nuovi dispositivi. Le ricerche che il nostro gruppo ha condotto recentemente sui cristalli liquidi, materiali particolarmente attuali perché utilizzati nella gran parte dei display piatti di computer, televisori e cellulari, hanno dimostrato che il controllo dei difetti è effettivamente un modo nuovo e promettente di modificare a comando le proprietà di questi materiali.

I cristalli liquidi nematici, quelli utilizzati per le applicazioni a display, sono fluidi formati da molecole che, a causa della loro forma allungata e della loro rigidità, tendono spontaneamente a disporsi parallelamente le une alle altre, pur rimanendo capaci di spostarsi liberamente, come accade nei fluidi. È un po' quanto accade quando una scatola piena di stuzzicadenti viene continuamente scossa: gli stuzzicadenti tendono ad equiorientarsi, almeno a gruppi.

Nelle applicazioni a display l'ordine dei cristalli liquidi viene "rispettato" dalla forma del contenitore in cui essi vengono posti: nella sottile intercapedine in cui sono racchiusi dentro i nostri schermi, l'ordine molecolare viene mantenuto e pilotato da campi elettrici. In ogni pixel del display, un campo elettrico modifica la direzione di orientazione parallela delle molecole, che a sua volta ha un effetto sulla polarizzazione della luce che attraversa il display e determina l'intensità di luce del pixel.

Pur essendo molto efficaci nella maggior parte delle applicazioni, i display a cristalli liquidi non sono ancora ottimizzati per la visione in luce ambiente e basso consumo richiesto per gli *e-book*, che vorrebbero idealmente sostituire la carta stampata consentendo di leggere un libro magari al sole e possibilmente senza dover ricaricare le batterie per diversi giorni. Lo studio del comportamento dei cristalli liquidi con difetti ci ha aperto una strada verso la soluzione di questi problemi. "Il conflitto tra le proprie aspirazioni e il mondo circostante causa frustrazione che si traduce nell'insorgere di difetti". In questa frase ci siamo divertiti a prendere in prestito termini generalmente appartenenti ad un'area di significato squisitamente umanistico per utilizzarli nella descrizione di ciò che accade ai cristalli liquidi quando si esercitano su di essi delle forze che contrastano con il loro ordine spontaneo. Per descrivere (nel caso dei materiali) che cosa si intenda con conflitto (di simmetria) e frustrazione (molecolare), si può utilizzare una analogia dall'architettura. Il modo naturale di disporre i mattoni per fare un muro è parallelamente gli uni agli altri, un po' come accade alle molecole di un cristallo liquido. Questo fa sì che la costruzione

di un muro piatto risulti molto coerente, e in un certo senso "naturale" data la forma dei mattoni. Quando invece si vuole costruire una struttura con una simmetria diversa, la disposizione dei mattoni può diventare problematica. È facile immaginare i problemi dei costruttori medievali quando si osservano cupole, rosoni o absidi di chiese romaniche. La fotografia che riportiamo in Figura 1a è una vista dell'abside della Rotonda di San Lorenzo in Mantova. Seguendo le linee immaginarie date congiungendo i lati lunghi dei mattoni, come nella costruzione proposta in Figura 1b, è facile notare l'effetto del conflitto tra l'ordine parallelo "spontaneo" per i mattoni e la forma globale della struttura. Questo conflitto di simmetria prende il nome di "frustrazione" e forza il materiale a trovare un compromesso di qualche tipo tra le due simmetrie. La più tipica conseguenza è l'insorgere di "difetti topologici", zone di piccola dimensione in cui l'ordine molecolare (o dei mattoni) non viene più rispettato e attorno al quale le molecole (o i mattoni) si dispongono a raggiera, o a circuito, o a forma di U, come nel caso della fotografia.

Nella Figura 2c mostriamo una visualizzazione al microscopio di un difetto dei cristalli liquidi (mediante un procedimento proposto dal prof. Dierking dell'Università di Manchester) che, come si può vedere, è estremamente simile al difetto di mattoni. Se i mattoni fossero fluidi, si potrebbe immaginare di spostare il difetto più in alto o più in basso nell'abside, e questo spostamento risulterebbe nella rotazione di un ampio gruppo di mattoni nella zona centrale dell'abside. Se l'abside fosse un pixel di un grande display, questo spostamento dei mattoni cambierebbe lo stato di illuminazione del pixel.

Partendo da considerazioni simili abbiamo intrapreso una ricerca in cui, invece di evitare i difetti, la cui presenza può rendere malfunzionanti i pixel di display convenzionali, abbiamo cercato di produrne in grande quantità, ma in modo controllato. Abbiamo perciò studiato cosa succede quando un cristallo liquido viene incorporato nelle cavità di materiali microporosi la cui forma genera conflitto con l'ordine spontaneo dei cristalli liquidi.

Se ad esempio un cristallo liquido viene intrappolato nelle porosità della struttura realizzata al Politecnico di Milano dal gruppo che ha collaborato allo studio (mostrata in Figura 2a e schematizzata al computer in Figura 2b), la forma dei pori e la struttura dei canali che si connettono tra loro in modo multiplo fanno sì che il cristallo liquido non riesca a trovare un ordine soddisfacente e sviluppi dei difetti tipo quelli dell'abside della figura precedente. Questo tipo di difetti si trova spesso organizzato in linee, come mostrato in Figura 1d. Nella Figura 2 (parti c e d) tali linee di difetto vengono mostrate come linee rosse. Come si vede, questi difetti tendono a permeare la struttura porosa secondo percorsi tortuosi (Figura 2c). Se viene applicato un campo elettrico, questi percorsi si regolarizzano (come nel caso d della Figura 2), con ciò anche ordinando la direzione di allineamento media delle molecole di cristallo liquido. La cosa interessante è che, per particolari geometrie della struttura porosa, se il campo elettrico viene rimosso i difetti rimangono dove erano stati spostati, restando in qualche modo "legati" all'intelaiatura solida.

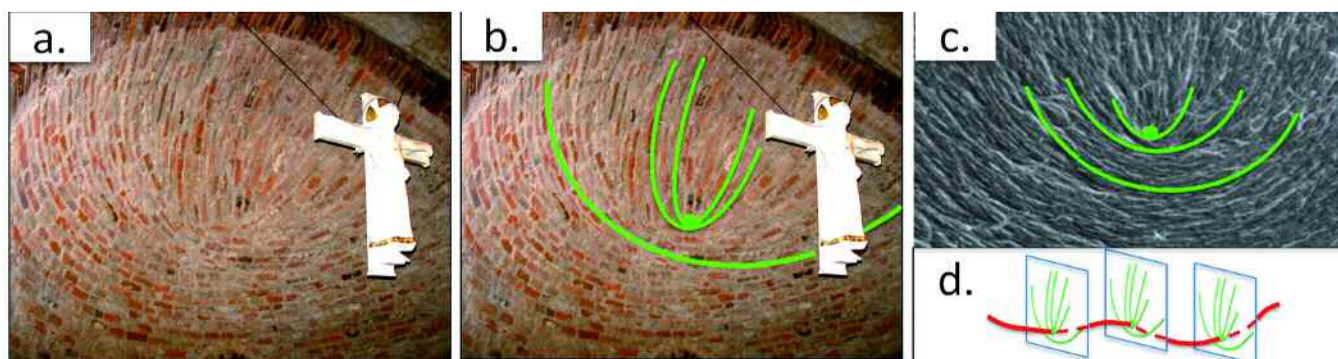


Figura 1

Ricerca

L'idea è proprio questa: in una condizione in cui il cristallo liquido è frustrato e si popola di difetti, è possibile produrre la frustrazione in modo che i difetti tendano a rimanere intrappolati lungo specifiche traiettorie. In questo modo rimane fissata anche l'orientazione media delle molecole che circondano le linee di difetto e quindi l'effetto che la loro orientazione ha sulla luce che illumina la struttura. Quindi, se questi materiali compositi sono utilizzati per costruire un display, una volta che un singolo pixel viene "scritto" (acceso o spento) mediante un campo elettrico, questo continua a rimanere in tale condizione anche senza più applicare campi elettrici e quindi senza dispendio continuo di energia. In sostanza, agendo sui difetti e spostandoli di posizione, è possibile controllare l'accensione/spegnimento di ogni pixel. Controllando i difetti che nascono dalla frustrazione del cristallo liquido, si possono quindi progettare dispositivi che non richiedono energia per mantenere il pixel acceso (come accade ora nei normali display), ma solo per riposizionare i difetti, cioè per cambiare lo stato del pixel da acceso a spento o viceversa. Una delle conseguenze di questo studio è che il comportamento dei sistemi costruiti componendo due materiali, un'intelaiatura solida porosa e un cristallo liquido, è in realtà dominato da un terzo elemento. Un elemento curioso perché più concettuale che strettamente materiale: le linee di difetto non hanno consistenza fisica! Ciononostante, si può dimostrare che tali linee possono essere trattate come se fossero materiali, ed in particolare come degli elastici che si allacciano nelle aperture della struttura porosa.

Oltre a questi risvolti concettuali, quasi filosofici, di scienze dei materiali, i risultati ottenuti hanno interessanti risvolti applicativi per l'uso dei cristalli liquidi per i display dei cosiddetti *digital books* o *e-books*, ovvero i dispositivi portatili di visualizzazione di pagine da leggere (libri, riviste e quotidiani). Mentre i display comunemente utilizzati sono ottimizzati per essere veloci, in modo da poter mostrare immagini in movimento, negli *e-books* la velocità di ridefinizione della pagina non è un fattore determinante, mentre contano di più la durata delle batterie e la possibilità di poter utilizzare questi visori in

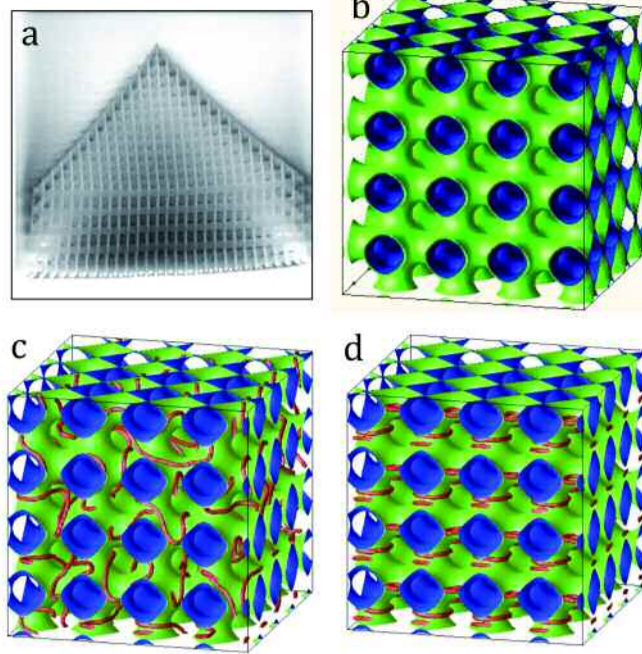


Figura 2

illuminazione naturale, anche all'aperto o al sole, dove i display ordinari non sono efficaci. Ciò equivale a dire che il materiale deve essere sufficientemente opaco. In questo caso l'opacità non è un disturbo, come per i normali display, ma è la proprietà cruciale che permette alla carta stampata di essere visibile in ogni ambiente illuminato. Infatti opacità vuol dire efficienza nel diffondere la luce in ogni direzione: un foglio di carta è certamente molto opaco se si cerca di vederlo attraverso, ma risulta bianco e leggibile se viene osservato dalla stessa parte in cui viene illuminato. Non esistendo al momento soluzioni tecnologiche per questi problemi basate sull'uso di cristalli liquidi, le tecnologie correnti utilizzano soluzioni alternative, quali ad esempio il controllo della posizione di piccole sferette bianche e nere nel caso

del visore "Kindle" di Amazon. Le proprietà che abbiamo dimostrato per i cristalli liquidi intrappolati nelle matrici porose del tipo mostrato in Figura 2b offrono la possibilità di rispondere a entrambe le sfide tecnologiche. Infatti, non solo permettono di utilizzare le batterie solo per commutare lo stato di un pixel e non per mantenerlo, ma permettono anche di generare conformazioni del cristallo liquido che risultano molto otticamente opache e quindi bianche per diffusione, come accade alla carta. Per queste ragioni il risultato di questo studio è di interesse nel mondo delle tecnologie per display.

La ricerca descritta è stata svolta nei laboratori di Fisica dei Fluidi Complessi del LITA di Segrate, in collaborazione con due importanti gruppi di ricerca esterni al nostro Ateneo: il gruppo del professor Hajime Tanaka dell'Università di Tokyo, col quale abbiamo eseguito massicce simulazioni al computer recentemente descritte in un articolo congiunto apparso sulla rivista *Nature Materials*, e il gruppo del professor Giulio Cerullo del Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano. Con quest'ultimo, che ha competenze uniche al mondo nella costruzione di materiali microstrutturati mediante microfabbricazione laser, si sta lavorando alla progettazione di prototipi. La ricerca è finanziata, da parte italiana, dalla Fondazione Cariplo.

Collezioni di Ateneo

La collezione di papiri dell'Università degli Studi di Milano

di **Claudio Gallazzi**, Dipartimento di Scienze dell'antichità, Centro di Papirologia Achille Vogliano, Università degli Studi di Milano.

La raccolta di reperti conservata presso il Laboratorio di Papirologia, in via Festa del Perdono 3, cominciò a formarsi negli Anni Trenta del Secolo passato, allorché Achille Vogliano fu chiamato a ricoprire la cattedra di letteratura greca presso la Facoltà di Lettere e filosofia. Laureatosi a Milano nel 1906, presso la Regia Accademia scientifico-letteraria, Vogliano si era poi perfezionato a Firenze con Girolamo Vitelli, massimo cultore degli studi papirologici in Italia, ed aveva cominciato a rivolgere i suoi interessi verso i papiri, concentrandosi in particolare sui rotoli carbonizzati scoperti a Ercolano. Così, gradualmente, aveva maturato la convinzione che lo studio dei papiri inediti avrebbe potuto portare delle novità sostanziali nel campo della Filologia classica, della Letteratura greca e della Storia antica. Conseguentemente, una volta ottenuta la cattedra a Milano nel 1932, Vogliano elaborò subito il progetto ambizioso di dotare l'Ateneo di una collezione di papiri acquistando pezzi sul mercato

e recuperandone direttamente in Egitto mediante scavi archeologici. Nell'arco di pochi mesi, grazie al sostegno di Arrigo Solmi, allora sottosegretario all'Educazione Nazionale, di Marcello Visconti di Modrone, podestà di Milano, e di Carlo Anti, direttore della Regia Missione Archeologica Italiana in Egitto, riuscì ad avviare la realizzazione del programma. All'inizio del 1934 Vogliano partì per il Cairo, intenzionato a chiedere il permesso di scavo per il sito di Medinet Mâdi ed a lavorare per qualche tempo a Umm-el-Breigât, fra le rovine dell'antica Tebtynis, dove Carlo Anti lo aveva autorizzato a cercare papiri dentro la concessione intestata alla Regia Missione Archeologica. A Umm-el-Breigât le ricerche iniziarono nei primi giorni di marzo. Dopo aver sforacchiato il terreno in più punti, ora con risultati discreti ora con esiti negativi, Vogliano si concentrò sui ruderi di un'abitazione già intaccati da scavatori locali e raggiunse un ripostiglio diventato poi famoso come "cantina