

Introduzione

Le molecole dei cristalli liquidi nematici hanno forma allungata e si orientano lungo una direzione comune, individuata da un versore \mathbf{n} , detto *direttore*. Conseguentemente, tutte le proprietà (elettriche, magnetiche, ottiche...) sono anisotrope e il sistema si comporta come un mezzo uniassiale con asse ottico parallelo al direttore. I centri di gravità delle molecole sono, invece, distribuiti casualmente nello spazio e liberi di muoversi come in un comune liquido isotropo. Dunque, questi materiali possiedono alcune proprietà caratteristiche dei liquidi (fluidità) e, al tempo stesso, alcune proprietà caratteristiche dei cristalli (anisotropia).

L'orientazione del direttore è determinata dalle interazioni delle molecole con campi esterni (elettrici, magnetici) o con le pareti del contenitore che delimitano il fluido. In particolare, piccoli campi elettrici o magnetici sono sufficienti a generare grosse riorientazioni del direttore, che si traducono in vistosi effetti ottici, oggi largamente utilizzati per applicazioni tecnologiche (display, modulatori di luce...). La configurazione di equilibrio del direttore $\mathbf{n}(\mathbf{r})$ minimizza l'energia libera del sistema ed è il risultato della competizione fra l'interazione con campi esterni e quella con le pareti del contenitore, che tendono ad orientare il direttore sulla superficie lungo una certa direzione, detta *asse facile*.

L'energia che caratterizza l'interazione tra il cristallo liquido e la superficie è definita energia di *ancoraggio* $W(\theta_s, \phi_s)$, dove θ_s e ϕ_s sono, rispettivamente, l'angolo zenitale del direttore alla superficie (rispetto alla normale) e l'angolo azimutale (rispetto ad un asse x nel piano della superficie). $W(\theta_s, \phi_s)$ esprime il lavoro necessario per spostare il direttore dall'asse facile $[(\theta_0, \phi_0)]$ fino alla posizione individuata dagli angoli (θ_s, ϕ_s) . Nel caso in cui il direttore ruoti variando unicamente il suo angolo ϕ_s , si utilizza l'energia di *ancoraggio azimutale* :

$$W_{RP} = \frac{1}{2} W_a \sin^2(\phi_s - \phi_0)$$

dove W_a è il coefficiente di ancoraggio azimutale che caratterizza la "forza" dell'ancoraggio. Quando applichiamo un campo esterno noto (magnetico o elettrico), il direttore nel volume tende ad orientarsi lungo il campo; anche il direttore sulla interfaccia tende a fare altrettanto, ma la sua rotazione è ostacolata dall'ancoraggio. Dalla misura della rotazione del direttore sulla superficie, dopo che ha raggiunto una nuova configurazione di equilibrio, si può ricavare il coefficiente di ancoraggio azimutale W_a .

Nella tipica configurazione sperimentale utilizzata nella ricerca e nell'industria dei display, il cristallo liquido viene inserito fra due vetri,

le cui superfici interne sono ricoperte con un sottile strato (1000 Å) di polimero strusciato lungo una certa direzione, in modo da indurre un asse facile con ancoraggio azimutale “forte” ($W_a > 10^{-4} \text{ J/m}^2$).

I metodi comunemente utilizzati in letteratura per le misure di ancoraggio azimutale non sono in grado di misurare energie di ancoraggio con W_a molto maggiore di 10^{-5} J/m^2 . Recentemente, il nostro gruppo ha proposto due nuovi metodi ottici che, in via di principio, dovrebbero permettere una misura accurata dell’ancoraggio anche nel caso estremo di ancoraggi azimutali molto forti. I metodi sono quello in *riflessione* con due polarizzatori incrociati e quello in *trasmissione*. Con il primo metodo misuriamo l’intensità del fascio riflesso dall’interfaccia substrato-nematico; con il secondo misuriamo l’intensità del fascio trasmesso attraverso il cristallo liquido. Entrambi i metodi permettono di determinare la rotazione del direttore con semplici misure di fase.

Questa tesi si propone tre obiettivi fondamentali.

Il primo obiettivo è quello di mettere a punto ed ottimizzare gli apparati sperimentali basati sui due nuovi metodi ottici e verificare l’effettiva possibilità di misurare ancoraggi azimutali estremamente forti. A tale scopo abbiamo utilizzato vetrini ricoperti con polyimide strusciata (Nissan corporation SE-3510), che, si pensa, siano caratterizzati da ancoraggi molto forti. I vetrini ricoperti con la polyimide ci sono stati forniti da alcuni ricercatori della NEMOPTIC, nell’ambito di una collaborazione scientifica. Le misure finora effettuate da altri gruppi su questi materiali hanno permesso solamente di stimare che il coefficiente di ancoraggio è maggiore di 10^{-4} J/m^2 . Dunque, questi materiali sembrano particolarmente adatti per mettere alla prova i nostri metodi sperimentali.

Il secondo obiettivo è quello di ottenere per la prima volta una misura di ancoraggio azimutale della polyimide e della sua dipendenza dalla temperatura.

Il terzo obiettivo è quello di osservare, per la prima volta, l’esistenza di un fenomeno di scivolamento dell’asse facile (*gliding*), quando il cristallo liquido è soggetto ad un momento di forza orientante (elettrico o magnetico), anche in campioni con ancoraggio azimutale forte. Infatti, fino ad oggi tale fenomeno è stato osservato da diversi gruppi di ricerca solamente nel caso di ancoraggi deboli o estremamente deboli.

Le misure di ancoraggi estremamente forti richiedono una notevole cura, volta a eliminare o tenere sotto controllo molte possibili sorgenti di segnali spuri che possono simulare rotazioni superficiali del direttore. Per questo motivo, la maggior parte del lavoro è stata dedicata all’individuazione di tali fonti di rumore e alla messa a punto di opportune procedure per ridurle al minimo e valutarne l’entità residua. Una volta trovata la strategia sperimentale più opportuna, è stato possibile effettuare, con entrambi i

metodi, misure di energia di ancoraggio azimutale in funzione della temperatura. Come previsto, il valore di W_a misurato, con entrambe le tecniche, è risultato molto alto ($W_a \approx 10^{-3} \text{ J/m}^2$). Il paragone fra i risultati ottenuti con la tecnica riflessometrica e con quella in trasmissione mostra chiaramente che le misure in trasmissione sono meno accurate. Inoltre, nelle misure in trasmissione si sono osservate alcune discrepanze sistematiche con le previsioni teoriche, che non sono state ancora comprese e che saranno oggetto di future investigazioni.

Per misurare il gliding, è stato necessario mettere a punto una metodologia di misura leggermente diversa, in modo da ridurre le derive strumentali. Grazie a questa metodologia è stato possibile dimostrare, per la prima volta, che il gliding è presente anche nel caso di ancoraggi estremamente forti.

Questo lavoro di tesi è così articolato:

Capitolo 1: si riassumono le proprietà principali dei cristalli liquidi e si descrivono le loro interazioni con campi elettrici e magnetici e con le pareti.

Capitolo 2: si descrive brevemente l'ottica dei mezzi anisotropi uniassiali e si discutono le proprietà di trasmissione e di riflessione quando l'orientazione del direttore non è uniforme, ma è caratterizzata da una deformazione di *twist*. Si discutono, quindi, i principi dei due metodi sperimentali (in luce riflessa e in luce trasmessa) proposti recentemente dal nostro gruppo.

Capitolo 3: si descrivono i nostri apparati sperimentali, le geometrie delle celle utilizzate e le principali sorgenti di rumore.

Capitolo 4: si riportano le energie di ancoraggio misurate utilizzando sia la tecnica riflessometrica che quella in luce trasmessa, quando il cristallo liquido è soggetto ad un campo magnetico orientante.

Capitolo 5: si riportano i risultati sperimentali ottenuti con le stesse tecniche quando il cristallo liquido è sottoposto ad un campo elettrico.

Capitolo 6: si descrive un nuovo apparato sperimentale messo a punto per ridurre le derive strumentali e rendere possibile l'osservazione di un fenomeno di gliding. Si riportano alcune osservazioni preliminari che evidenziano la presenza del gliding.