

PROCEDIMENTO PER IL CONFERIMENTO E CONTROLLO SU SCALE MICRO- E NANOMETRICHE DELL'ANISOTROPIA DI PROPRIETÀ STRUTTURALI, ELETTRICHE, OTTICHE, ED OPTO-ELETTRONICHE, IN FILM SOTTILI DI MATERIALI CONIUGATI.

Viene sviluppato un processo litografico non convenzionale per modificare, migliorare, impartire l'organizzazione, l'ordine e l'anisotropia strutturali, e l'anisotropia delle proprietà meccaniche, elettriche, ottiche, opto-elettroniche, di trasporto di carica e trasporto di energia, nei film sottili costituiti da materiali organici con doppi legami coniugati. La metodologia consiste nello stampaggio effettuato direttamente sul film sottile coniugato tramite il contatto intimo con la superficie di uno stampo. Le parti del film a contatto diretto con lo stampo subiscono una trasformazione che è di natura locale e la cui dimensione dipende da quella delle strutture presenti sullo stampo.

Lo stampaggio può essere effettuato sia in condizioni statiche sia dinamiche. L'efficacia del processo dipende dalle caratteristiche dello stampo (materiale, forma, adesività e tensione superficiale), e del processo di stampaggio (combinazione di pressione P e temperatura T, durata dello stampaggio, dalle modalità di ingaggio e contatto, e nel caso del processo dinamico, dalla velocità dello stampo relativa a quella del campione). L'effetto del processo descritto a seguito è dimostrato su scale spaziali dal micrometro (10^{-6} m) al nanometro (10^{-9} m).

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda un procedimento per il conferimento e il controllo su scale micro- e nanometriche dell'anisotropia di proprietà strutturali, meccaniche, elettriche, ottiche, ed opto-elettroniche, in film sottili di materiali coniugati.

La categoria dei materiali coniugati comprende molecole organiche, composti di coordinazione, polimeri, copolimeri e miscele polimeriche in cui sono presenti gruppi funzionali con elettroni pi-greco spazialmente delocalizzati sui diversi atomi costituenti (C, N, O, S). Questi materiali hanno comportamento ottico ed elettronico analogo a quello dei semiconduttori inorganici (sono perciò spesso denominati semiconduttori organici). E' stato inoltre dimostrato che possono comportarsi come metalli o superconduttori sotto appropriate condizioni sperimentali.

La distribuzione spaziale degli elettroni pi-greco é generalmente anisotropa, e questo rende sia le proprietà molecolari tensoriali sia la risposta molecolare in campi elettromagnetici, entrambe anisotrope. Questi materiali sono importanti per lo sviluppo di tecnologie innovative come l'optoelettronica organica, l'elettronica e la fotonica plastica.

Con questi termini si indicano una varietà di sistemi, dispositivi, circuiti e componenti integrati (ottici-elettronici) in cui la funzione di strato attivo nel trasporto (di carica od energia sotto forma di radiazione) è svolta da un film sottile di un materiale coniugato il cui spessore può variare tra 10 e 1000 nanometri.

L'optoelettronica e l'elettronica plastica si configurano come tecnologie alternative a quella dei semiconduttori convenzionali per una varietà di applicazioni a basso costo di produzione, di largo consumo ed utilizzo nella vita quotidiana, con componentistica a perdere, riciclabile, e di basso impatto ambientale. Esempi sono *smart cards* (con informazione codificata e modificabile in processori a film coniugato su supporto plastico); diodi emettitori di luce a base molecolare e/o polimerica per realizzare schermi ultrapiatti ad alta efficienza e privi di tubo catodico (eventualmente flessibili), sensori ambientali e per la salute ad elevata compatibilità biologica e basso peso; etichette per l'identificazione di beni di largo consumo (cibi, vestiti, lettere, plichi) con informazione accessibile in ogni momento, in maniera diretta e non invasiva; sicurezza (carte di credito, pacchi, corrispondenza), crittografia. Si è stimato che, solo per i circuiti integrati organici, tale mercato ammonterà a più di 700 milioni euro verso la fine del 2002.

Il successo della tecnologia, oltre che dalle proprietà peculiari del materiale e del dispositivo, dipende dall'efficacia, semplicità e costo della produzione.

Tra le tecniche di fabbricazione non convenzionali (ovvero alternative a quelle basate su processi litografici), le tecniche di stampa a contatto e stampa a pressione (goffratura o *embossing* su scala nanometrica) sono tra le più promettenti per la fabbricazione di circuiti integrati organici. Ciò è dovuto alla semplicità dell'approccio, un numero limitato di processi coinvolti, i bassi requisiti di energia, pulizia dell'ambiente e reagenti chimici, la potenzialità di trasferimento del processo di stampaggio in forma ciclica, automatizzata e ripetibile un vasto numero di volte. Queste tecniche, che sono state protette da brevetti internazionali servono ad imprimere strutture su di un film sottile di materiale resistivo, che poi è soggetto a processo di sviluppo e diversi altri passaggi (e.g. lift-off, deposizione del materiale di interesse in forma di film sottile) per arrivare a definire il motivo stampato sul film sottile di interesse (generalmente diverso dal materiale stampato). Brevetti internazionali, pertinenti al brevetto qua presentato, proteggono i) il processo di goffratura a pressione su resina fotosensibile per produrre schermi riflettenti (Kano et al., Alps Electric Co. Ltd. (JP) Appl. No. 170715 October 13, 1998); ii) la nanostrutturazione di superfici mediante combinazione di litografia a fascio elettronico e

processi di stampaggio a pressione, lift-off, e/o per rotolamento, con lo scopo di incrementare la trasmissività di particelle elementari attraverso una barriera di potenziale (Cox et al., Borealis Technical Limited (London UK), Appl. No. 045299 March 20, 1998); iii) sistemi per ottenere conformazioni litografiche su scala submicrometrica mediante pressione di stampi imbevuti di reagente con la superficie (Biebuyck and Michel, International Business Machine Corporation (Armonk NY), Appl. No. 690956 August 1, 1996); iv) il processo di imprimere un contrasto topografico ad un film metallico, seguito da processi di dissoluzione corrosiva (*etching*) per la fabbricazione di film metallici (Calveley (Private Bag, MBE N180 Auckland, NZ) Appl. No. 474420, December 29, 1999); v) Chou S. and Zhuang L. (Princeton University NJ, Appl. No. us23717 October 8, 1999).

L'impatto delle nanotecnologie nella crescita sostenibile delle economie avanzate è dimostrata dai finanziamenti governativi in USA, Giappone, ed Unione Europea. L'Unione Europea aprirà un programma tematico nel settore Nanotecnologie nel VI Programma Quadro, a partire dal 2003, con 1300 milioni € di stanziamento.

Compito precipuo della presente invenzione è quello di fornire un processo che permetta di modificare, migliorare, manipolare ed impartire l'organizzazione, l'ordine e l'anisotropia strutturale delle molecole e/o macromolecole che costituiscono un film sottile.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un processo adatto per realizzare un film sottile costituito da regioni isotrope e regioni anisotrope ad elevato ordine molecolare, e di conseguenza una modulazione con una periodicità prestabilita delle proprietà tensoriali che dipendono dall'ordine molecolare, come ad esempio polarizzabilità, iperpolarizzabilità, costante dielettrica, indice di rifrazione lineare e non, mobilità di carica, conducibilità elettrica, conducibilità termica, magnetizzazione e suscettività magnetica, elasticità, plasticità, e sforzo.

Un altro scopo della presente invenzione è quello di fornire un processo realizzabile su larga scala, ripetibile per un numero elevato di cicli, e ingegnerizzabile in una tecnologia già esistente e commerciale.

Un altro scopo della presente invenzione è quello di fornire un processo che permetta di modificare, migliorare, manipolare ed impartire l'organizzazione, l'ordine e l'anisotropia strutturale delle molecole di un film sottile di materiali coniugati, su scale spaziali dal micrometro al nanometro.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un processo per creare domini con anisotropia nella risposta ottica (lineare e non) od elettrica e governare la loro forma e distribuzione spaziale.

Ancora un altro scopo della presente invenzione è quello di fornire un processo per realizzare film sottili di materiali coniugati con determinate proprietà di anisotropia di proprietà strutturali, elettriche, ottiche ed opto-elettroniche efficaci, semplice e con costi di produzione bassi.

Questi ed altri scopi che risulteranno chiari dalla lettura delle descrizione seguente vengono raggiunti da un processo ed un film come definiti nelle rivendicazioni.

L'invenzione fornisce un processo per modificare le proprietà tensoriali di un film sottile costituito da materiali coniugati, che comprende la fase di mettere a contatto detto film con uno stampo e applicazione su detto stampo di una pressione di stampaggio.

Il materiale coniugato può essere scelto dal gruppo costituito da molecole coniugate e polimeri con unità coniugata che ha forma di bastoncino rigido, molecole e polimeri liquidi cristallini a base di strutture a bastoncino (*rodlike*) o biassiali.

Le molecole coniugate e i polimeri con unità coniugata che ha forma di bastoncino sono ad esempio scelti dal gruppo costituito da oligo-tiofene, preferibilmente quater-, quinque-, sexi-, septi-, octo-tiofeni, loro derivati con sostituenti nelle posizioni □e/φ□,

oppure sostituenti in posizione □ o □', o sostituenti in qualsiasi delle posizioni □, □, □ o □', e loro polimeri corrispondenti, sia regioregolari sia non; oligo-fenili, preferibilmente quater-, cinque-, sexi-, septi-, octo-fenileni, loro derivati con sostituenti nelle posizioni orto e/o meta, loro polimeri corrispondenti, sia regioregolari sia non; naftalene, antracene, fenantrene, tetracene, pentacene, e derivati acenici; bis-ditieno-tiofene; bis-ditieno-fulvalene; fluoreni, bis-ditieno-fluoreni e loro derivati; oligo-fenilene-vinilene, preferibilmente quater-, cinque-, sexi-, septi-, octo-fenilene-vinilene, loro derivati con sostituenti nelle posizioni orto-, meta, e/o allilica; loro polimeri corrispondenti, sia regioregolari sia non; e bis-distiril-stilbene.

Il materiale può essere inoltre scelto dal gruppo costituito da molecole coniugate e polimeri con unità coniugata che ha forma di disco, ad esempio, perilene e suoi derivati, preferibilmente 3, 4, 9, 10-perilene-tetracarbossil-dianidride (PTCDA), naftalen-tetracarbossil-dianidride (NDTA); terrilene, coronene, Esa-benzocoronene sostituiti e non sostituiti; ftalocianine e porfirine preferibilmente con centri metallici di Cu o Zn; molecole liquide cristalline a base di struttura a disco.

Inoltre, il materiale può essere scelto dal gruppo costituito da molecole e composti di coordinazione in cui si ha una forte anisotropia elettronica attraverso il dipolo elettrico, come tris-idrossichinolina Al(III) denominata Alq₃, ed i suoi derivati con centri metallici diversi come vanadile, Pd, Pt, Zn, Ga, In, Tl, Sn, elementi delle terre rare, oppure con leganti diversi, come idrossichinolina sostituita nelle posizioni 2, oppure 4, oppure 5, e come più in generale chelanti aromatici a base di ossigeno-azoto.

Le proprietà tensoriali che possono essere modificate con il processo della presente invenzione sono, ad esempio, polarizzabilità, costante dielettrica, indice di rifrazione, assorbimento ottico, trasporto di energia, mobilità di carica, conducibilità elettrica e termica, magnetizzazione e suscettività magnetica, elasticità, plasticità, e sforzo.

Lo stampo utilizzato nel processo della presente invenzione può essere una singola protuberanza, preferibilmente di dimensione da micrometri a nanometrica oppure può avere protuberanze multiple.

Lo stampo utilizzato può essere uno stampo duro, preferibilmente di cromo, acciaio, o ossido di silicio, oppure uno stampo di materiale elastomerico, preferibilmente polidimetilsilossano.

La pressione di stampaggio utilizzata nel procedimento della presente invenzione può essere compresa nell'intervallo tra 1 e 1000 bar.

La fase di stampaggio del processo della presente invenzione avviene preferibilmente ad una temperatura nell'intervallo tra 0 e 300 gradi centigradi.

Durante la fase di stampaggio, lo stampo esercita su detto film forze normali e/laterali, statiche o dinamiche.

Il processo di stampaggio può essere effettuato su larga area rispetto alle dimensioni delle protuberanze dello stampo.

Lo stampo può essere applicato in configurazione perpendicolare oppure inclinata rispetto alla superficie, producendo così una variazione spaziale continua dell'orientazione.

Quando lo stampo è costituito da protuberanze multiple, la pressione esercitata sul film da ciascuna protuberanza può anche essere controllabile singolarmente mediante ad esempio elementi piezoelettrici indirizzabili individualmente.

La suddetta pressione può essere modulata localmente, inducendo così una varietà, continua o discreta, di ri-orientazione molecolare.

Nel processo della presente invenzione l'effetto di ri-orientazione modulabile viene utilizzato per scrivere localmente sul film un'informazione con la medesima modulazione, ottenendo così una densità di stoccaggio uguale o superiore a quella con sistemi di scrittura binaria.

L'Invenzione verrà illustrata in maggior dettaglio, con riferimento alle figure allegate.

La figura 1 è una rappresentazione schematica della fase di stampaggio e del processo della presente invenzione. La figura 1a è uno schema del processo di stampaggio statico e la figura 1b è uno schema del processo di stampaggio dinamico effettuato con una sfera.

La figura 2 mostra immagini al microscopio Raman di linee stampate:

(a) larghezza $5\mu\text{m}$ e periodo $10\mu\text{m}$ (b) larghezza 200 nm e periodo $1\mu\text{m}$ (c) profili di intensità ottenuti perpendicolarmente alle linee stampate in (a). L'intensità è più alta in corrispondenza delle linee stampate.

La figura 3 mostra il dicroismo Raman ottenuto mediante microscopio Raman su zone non stampate (a) e linee stampate (b). Il rapporto dicroico delle intensità è 1,6 e 2,2 per polarizzazione parallela e perpendicolare alle linee stampate rispettivamente.

La figura 4 mostra immagini AFM a diverso ingrandimento che illustrano la qualità del processo su larga area (a) e la morfologia granulare in corrispondenza delle aree non stampate (b). La scala verticale (da 0 (nero) a z (bianco) nm) è (a) $z=60\text{ nm}$, e (b) $z=50\text{ nm}$ rispettivamente. L'altezza delle protuberanze dello stampo è di circa 100 nm , e la depressione topografica delle linee stampate di soli 20 nm indica che lo stampo non è arrivato a contatto con l'intera superficie del film. (c) mostra un profilo topografico normale alle righe stampate in (b), in cui si evidenzia la depressione di un 30% delle linee stampate rispetto alle creste.

La figura 5 mostra un apparato sperimentale per l'esecuzione dello stampaggio dinamico (*nano-rubbing*). La forza di carico è stabilita mediante i contrappesi del bilanciere e può essere fissata in un intervallo in modo da ottenere valori adatti della pressione esercitata sul film, ad esempio fra 10^{+4} e 10^{+5} Pa. Lo scorrimento del campione è effettuato attraverso un traslatore sul piano xy .

La figura 6 mostra una immagine ottica (ingrandimento 100x) al microscopio polarizzatore di un film sottile di molecole coniugate anisotrope dopo *nano-rubbing* mediante sfera volvente. E' evidente la forte anisotropia di assorbimento di luce bianca nella zona interessata al processo.

La figura 7 mostra spettri di fotoluminescenza nel canale soggetto a *nano-rubbing* con un elevato rapporto di polarizzazione tra la componente parallela e perpendicolare alla direzione di pettinamento.

Senza voler essere vincolati ad uno specifico meccanismo, si considera che il principio fisico del processo si basa sul fatto che film sottili di molecole coniugate anisotrope hanno un tensore di sforzo viscoso (*shear*) che permette la ri-orientazione delle molecole sul piano xy sotto l'azione di un carico normale lungo z . La ri-orientazione molecolare è localizzata spazialmente alle zone del film a contatto con lo stampo. La fenomenologia indica che la comparsa dell'effetto di ri-orientazione locale richiede che il film sottile

- sia costituito da molecole o macromolecole anisotrope, ovvero di forma e polarizzabilità anisotrope, o aventi dipoli permanenti;
- sia cedevole sotto la pressione esercitata, ma non completamente plastico;
- possieda una viscosità traslazionale più elevata della viscosità orientazionale;
- non sia reologicamente fluido, almeno non nel senso di un liquido isotropo classico.
- abbia bassa adesività alla superficie dello stampo ed elevata adesività alla superficie del substrato.

Evidenza diretta del processo è il cambiamento della struttura del film ed orientazione delle molecole, della morfologia e delle proprietà ottiche del film. La modifica di queste proprietà ha come conseguenza il cambiamento nelle proprietà elettriche di trasporto di

carica (esempio in un transistor ad effetto di campo (FET): mobilità di carica, rapporto di segnale acceso/spento, velocità di risposta a radiofrequenza), e nelle proprietà spettroscopiche, come assorbimento, foto- ed elettro-luminescenza. Esempi sono l'intensità della luce emessa o assorbita lungo diverse direzioni dello spazio, la resa quantica, la forma e qualità spettrale.

Lo stampaggio è realizzato con l'ausilio di stampi metallici o d'altro materiale opportunamente sagomati. Nel caso dinamico, si possono usare punte sferiche (fisse o volventi) fatte scorrere con una forza di carico controllata sul film. La temperatura del film durante il processo, la forza esercitata dallo stampo per unità di superficie a contatto (ovvero la pressione efficace), la dimensione dell'interfaccia a contatto, e la velocità di scorrimento dello stampo relativamente al film nel caso del processo dinamico, sono tra i fattori che controllano l'entità della trasformazione indotta nel film sottile molecolare.

Nel caso del processo statico (FIG. 1a), l'efficacia del processo dipende dalla combinazione di pressione P e temperatura T durante lo stampaggio, dalla durata dello stampaggio, e dalle modalità d'ingaggio e contatto. Le superfici vengono avvicinate e portate a contatto a forza zero, quindi la pressione viene aumentata rapidamente fino al valore desiderato.

Il valore della pressione nominale necessario per compiere queste trasformazioni è dell'ordine di 0.1-10 bar/nm di spessore. La pressione efficace dipenderà dall'area di contatto determinata dalla forma della superficie dello stampo, dalla adattabilità e conformabilità del materiale coniugato allo stampo, e dalla planarità relativa delle interfacce. Le zone del film sottile a contatto con le protuberanze dello stampo saranno quelle interessate al processo di riorganizzazione molecolare, che ha quindi carattere locale. La forma dello stampo (ad esempio, linee parallele e solchi) può impartire inoltre un'orientazione azimutale, e quindi uniassialità nella regione interessata. Il risultato del processo qui descritto è un film sottile con le zone stampate formate da domini di molecole planari ed orientate, a cui corrisponderà anche una diminuzione di spessore dovuta alla diversa orientazione molecolare.

La temperatura deve essere appena sopra ad una temperatura di soglia (ad esempio quella di transizione vetrosa in un polimero) in maniera tale da permettere la diffusione orientazionale, ma non deve raggiungere quella di liquefazione. I risultati ottimali per film sottili di molecole coniugate si ottengono a temperature prossime sebbene inferiori alla temperatura di ricottura (*annealing*) del materiale, alla pressione di 1 bar. Questa temperatura è generalmente sotto i 200 °C per molecole coniugate di interesse in elettronica plastica.

La durata dello stampaggio è generalmente bassa rispetto alla scala dei tempi di ri-orientazione molecolare e a lungo raggio: 1-10 minuti è un tempo sufficiente per raggiungere una situazione di equilibrio in un film di 50-100 nm. I valori di P e T variano a seconda dei materiali e dello spessore del film sottile.

Nel caso dinamico (FIG. 1b) che denominiamo micro- o nano-pettinamento (*nano-rubbing*), lo stampaggio avviene facendo scorrere le due superfici a contatto una relativamente all'altra. L'apparato sperimentale è illustrato in FIG. 5 nel caso di una sfera di raggio 100 μm che viene appoggiata con una forza di carico pre-fissata su un film sottile di 100 nm di seixitofene (T6) su vetro. Lo scorrimento della sfera relativamente al campione lascia linee di larghezza uniforme, variabile tra 20 e 2 μm a seconda della forza di carico progressivamente decrescente. L'immagine in luce polarizzata (configurazione polarizzatore-analizzatore) al microscopio ottico polarizzato (FIG. 6) mostra una evidente anisotropia ottica (dicroismo) nella regione interessata al contatto con la sfera, mentre il resto del film mantiene proprietà isotrope. Microscopia di fotoluminescenza (PL) in luce polarizzata (FIG. 7) conferma che nella regione stampata le molecole sono orientate

planarmente e lungo la direzione di scorrimento. Nella parte non interessata allo stampaggio, le molecole sono orientate isotropicamente sul piano. Misure di diffrazione a raggi X dalla letteratura [B. Servet, G.Horowitz, S. Ries, O.Lagorsse, P.Alnot, A. Tassar, F. Delaffre, P. Srivastara, R. Hajlaoui, P. Lang & F. Garnier, Chem. Mater. 6, 1809 (1994)] mostrano che l'asse lungo forma in media un angolo di circa 20° rispetto alla normale alla superficie del substrato. Quindi, dall'evidenza sperimentale si deduce che le molecole si riorientano con l'asse lungo orientato planarmente sotto l'azione della forza esercitata dalla sfera.

I risultati migliori si ottengono con film invecchiati, mentre un deterioramento durante il processo dovuto a rimozione di materiale può essere osservato su film appena preparati. Oltre ai parametri di P e T, è importante la velocità V dello stampo relativa a quella del campione. Tipici valori di V sono compresi tra 1 e 10 mm/sec. La riorientazione delle molecole è determinata in parte dalla forza normale ed in parte dalla forza laterale di attrito tra le due superfici, che agisce sulle componenti xy del tensore di sforzo viscoso.

Il processo descritto nella presente invenzione è dimostrato con stampi a singola protuberanza come ad esempio una sfera, ovvero una punta per microscopia a scansione di sonda, con raggio di curvatura compreso tra diverse centinaia di micrometri a pochi nanometri, per indurre la ri-orientazione molecolare in condizioni statiche o dinamiche. Il caso più generale di questa invenzione consiste di uno stampo con protuberanze multiple o con strutture fabbricate di varia complessità per indurre la riorientazione molecolare in condizioni statiche o dinamiche. Mentre la modifica dello spessore mediante stampaggio statico è noto e coperto da brevetti internazionali (e.g. embossing, nanoimprinting), l'effetto di ri-orientazione locale indotto per stampaggio, che è al centro di questo brevetto, è assolutamente innovativo.

Gli stampi utilizzati possono essere stampi duri, ad esempio di cromo, acciaio, ossido di silicio per indurre la riorientazione molecolare. Si possono anche inoltre utilizzare stampe di materiale elastomerico, ad esempio poli-dimetilsilossano per indurre la riorientazione molecolare.

Il processo dell'invenzione permette di effettuare modifiche locali nell'orientazione molecolare di un film sottile mediante stampi su larga area, controllando le condizioni di stampaggio come descritto sopra.

RIVENDICAZIONI

1. Processo per modificare le proprietà tensoriali di un film sottile costituito da materiali coniugati, che comprende la fase di mettere a contatto detto film con uno stampo e applicazione su detto stampo di una pressione di stampaggio.

2. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detto materiale coniugato è scelto dal gruppo costituito da molecole coniugate e polimeri con unità coniugata che ha forma di bastoncino rigido, molecole e polimeri liquidi cristallini a base di strutture a bastoncino (rodlike) o biassiali.

3. Processo secondo la rivendicazione 2 in cui dette molecole coniugate e polimeri con unità coniugata che ha forma di bastoncino sono scelti dal gruppo costituito da oligotiofene, preferibilmente quater-, cinque-, sexi-, septi-, octo-tiofeni, loro derivati con sostituenti nelle posizioni □e/o□, oppure sostituenti in posizione □ o □', o sostituenti in qualsiasi delle posizioni □, □, □ o □', e loro polimeri corrispondenti, sia regioregolari sia non; oligo-fenili, preferibilmente quater-, cinque-, sexi-, septi-, octo-fenileni, loro derivati con sostituenti nelle posizioni orto e/o meta, loro polimeri corrispondenti, sia regioregolari sia non; naftalene, antracene, fenantrene, tetracene, pentacene, e derivati acenici; bis-ditieno-tiofene; bis-ditieno-fulvalene; fluoreni, bis-ditieno-fluoreni e loro derivati; oligo-fenilene-vinilene, preferibilmente quater-, cinque-, sexi-, septi-, octo-fenilene-vinilene, loro derivati con sostituenti nelle posizioni orto-, meta, e/o allilica; loro polimeri corrispondenti, sia regioregolari sia non; e bis-distiril-stilbene.

4. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detto materiale è scelto dal gruppo costituito da molecole coniugate e polimeri con unità coniugata che ha forma di disco.

5. Processo secondo la rivendicazione 4, in cui detto materiale è scelto dal gruppo costituito da perilene e suoi derivati, preferibilmente 3,4,9,10-perilene-tetracarbossil-dianidride, naftalen-tetracarbossil-dianidride; terrilene, coronene, Esa-benzocoronene sostituiti e non sostituiti; ftalocianine e porfirine preferibilmente con centri metallici di Cu o Zn; molecole liquide cristalline a base di struttura a disco.

6. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detto materiale è scelto dal gruppo costituito da molecole e composti di coordinazione in cui si ha una forte anisotropia elettronica attraverso il dipolo elettrico.

7. Processo secondo la rivendicazione 6 in cui detto materiale è scelto dal gruppo costituito da tris-(idrossichinolina) Al(III) denominata Alq₃, ed i suoi derivati con centri metallici diversi da Al, preferibilmente vanadile, Pd, Pt, Zn, Ga, In, Tl, Sn, elementi delle terre rare oppure con ligandi diversi come idrossichinolina sostituita nella posizione 2, oppure 4, oppure 5, e chelanti aromatici a base di ossigeno-azoto.

8. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui dette proprietà tensoriali sono polarizzabilità, costante dielettrica, indice di rifrazione, assorbimento ottico, trasporto di energia, mobilità di carica, conducibilità elettrica e termica, magnetizzazione e suscettività magnetica, elasticità, plasticità, e sforzo.

9. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detto stampo ha una singola protuberanza, preferibilmente di dimensione da micrometri a nanometrica.

10. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detto stampo ha protuberanze multiple.

11. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detto stampo è uno stampo duro preferibilmente di cromo, acciaio, o ossido di silicio.

12. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detto stampo è uno stampo di materiale elastomerico, preferibilmente polidimetilsilossano.

13. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detta pressione è compresa nell'intervallo tra 1 e 1000 bar.

14. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detta fase avviene ad una

temperatura nell'intervallo tra 0 e 300 gradi centigradi.

15. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detto stampo esercita su detto film forze normali e/o laterali, statiche o dinamiche.

16. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui il processo di stampaggio è effettuato su larga area rispetto alle dimensioni delle protuberanza dello stampo.

17. Processo secondo la rivendicazione 1 in cui detto stampo è applicato in configurazione inclinata rispetto alla superficie, producendo così una variazione spaziale continua dell'orientazione.

18. Processo secondo la rivendicazione 10 in cui lo stampo è costituito da protuberanze multiple la cui pressione esercitata sul film è controllabile singolarmente.

19. Processo secondo le rivendicazioni 1, 9, 10 e 18 in cui la suddetta pressione viene modulata, inducendo così una varietà, continua o discreta, di ri-orientazione molecolare localmente.

20. Processo secondo la rivendicazione 19, secondo cui il suddetto effetto di ri-orientazione modulabile viene utilizzato per scrivere localmente sul film un'informazione, ovvero ottenere una densità di stoccaggio uguale o superiore a quella con sistemi di scrittura binaria.

Processo di stampaggio statico

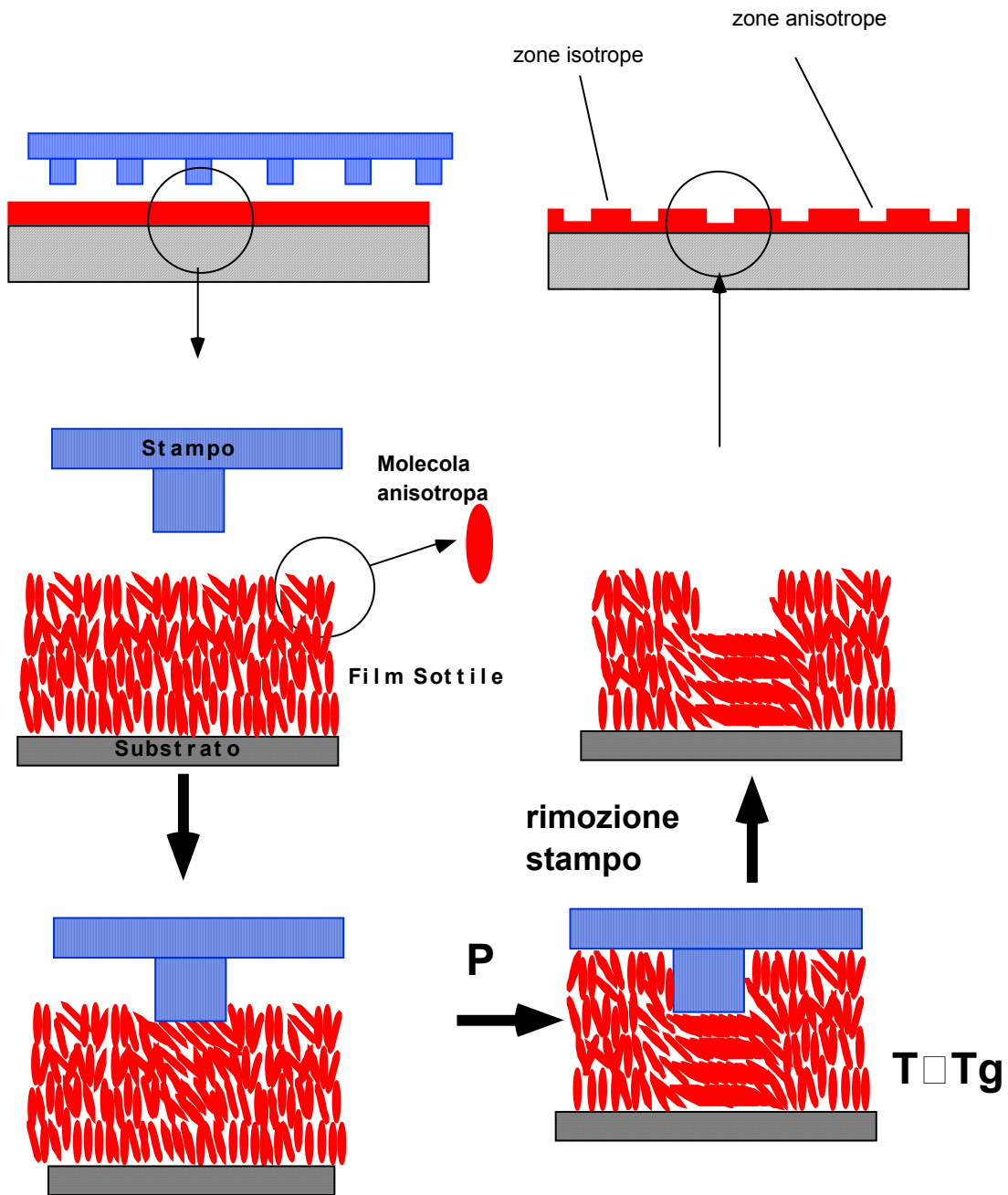


FIG. 1a

Processo di stampaggio dinamico

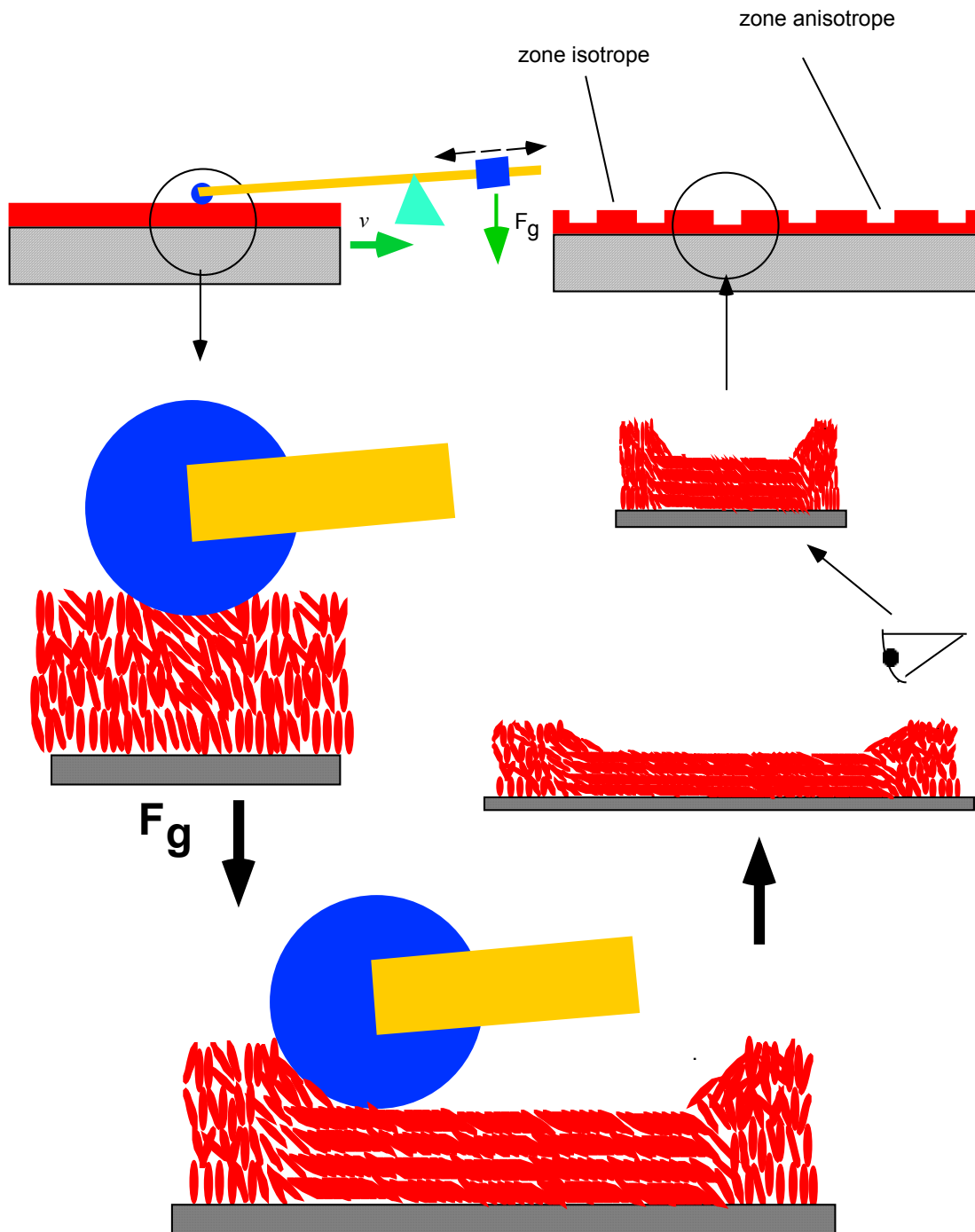
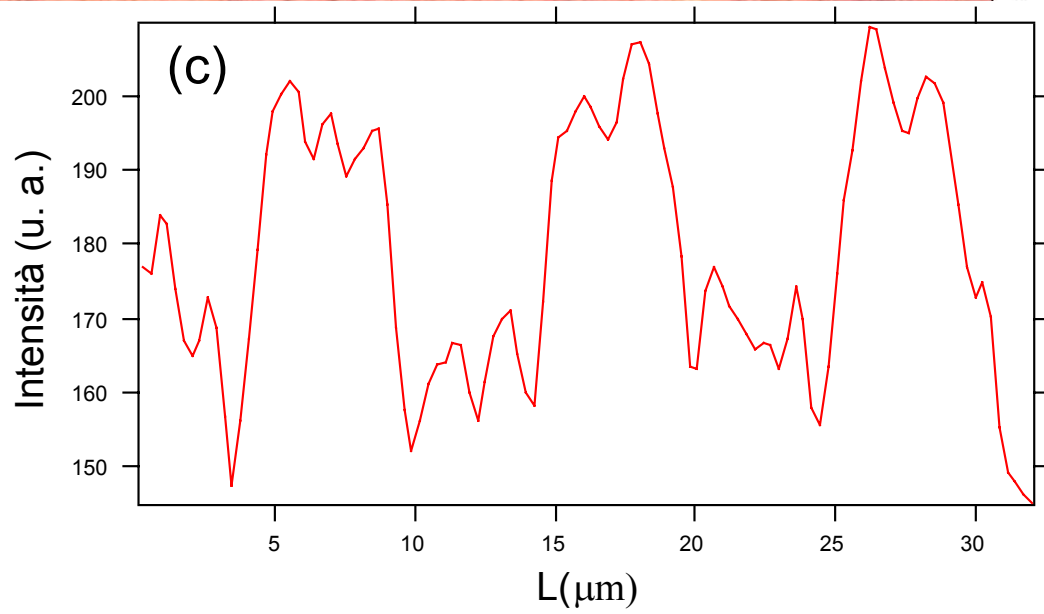
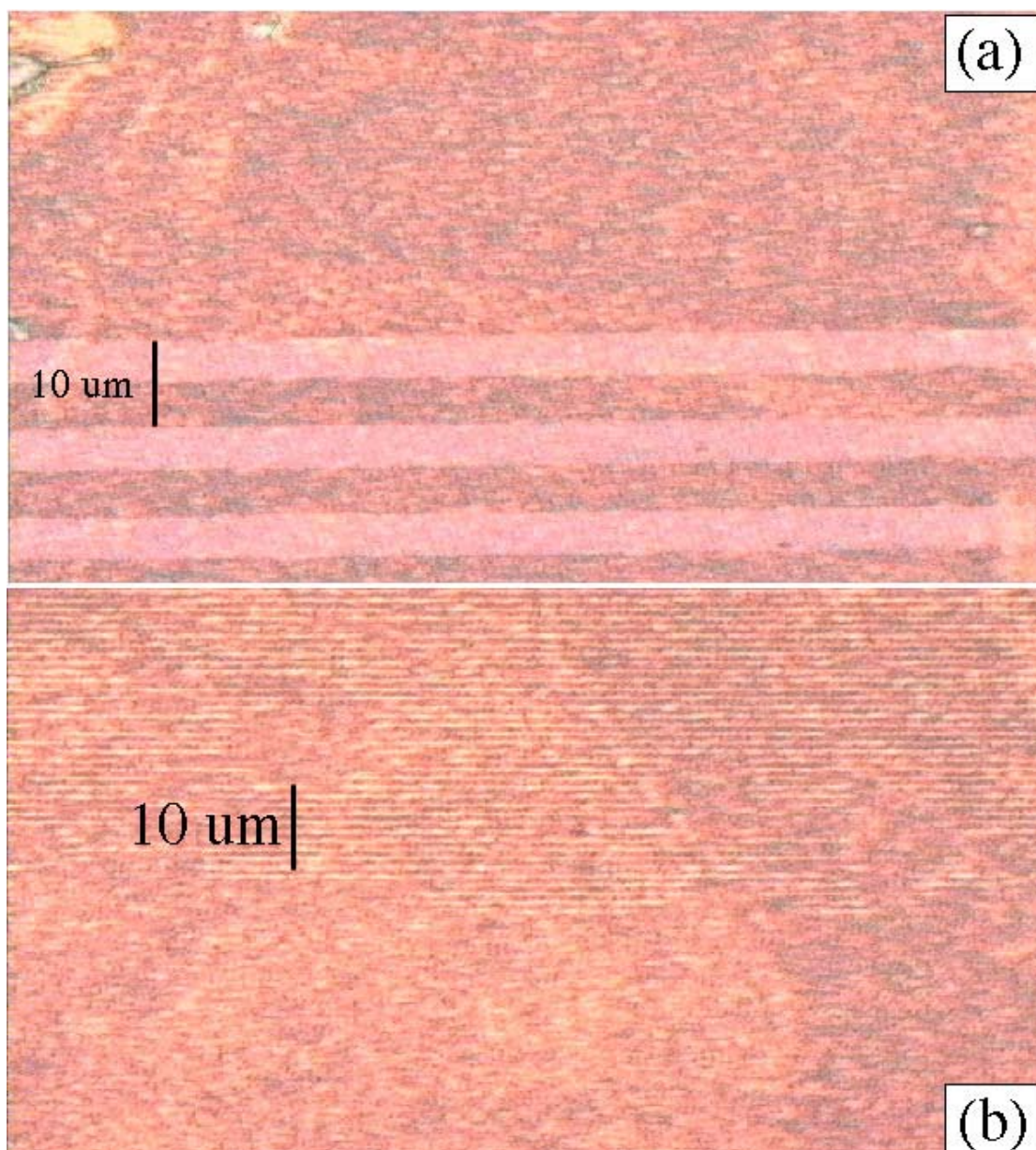


FIG. 1b



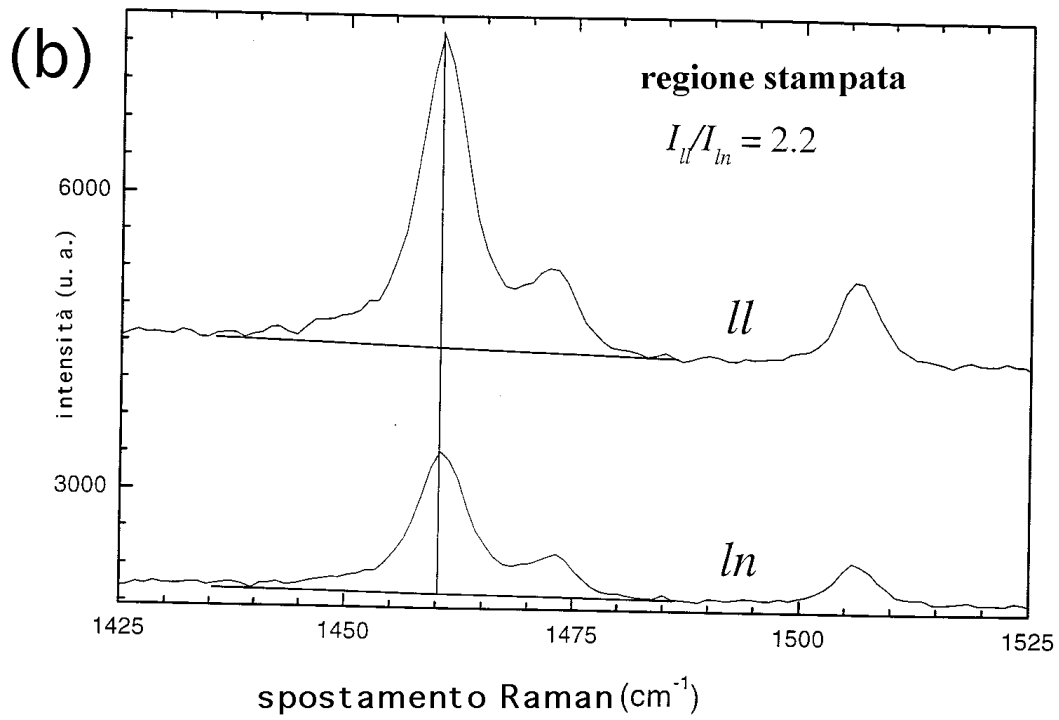
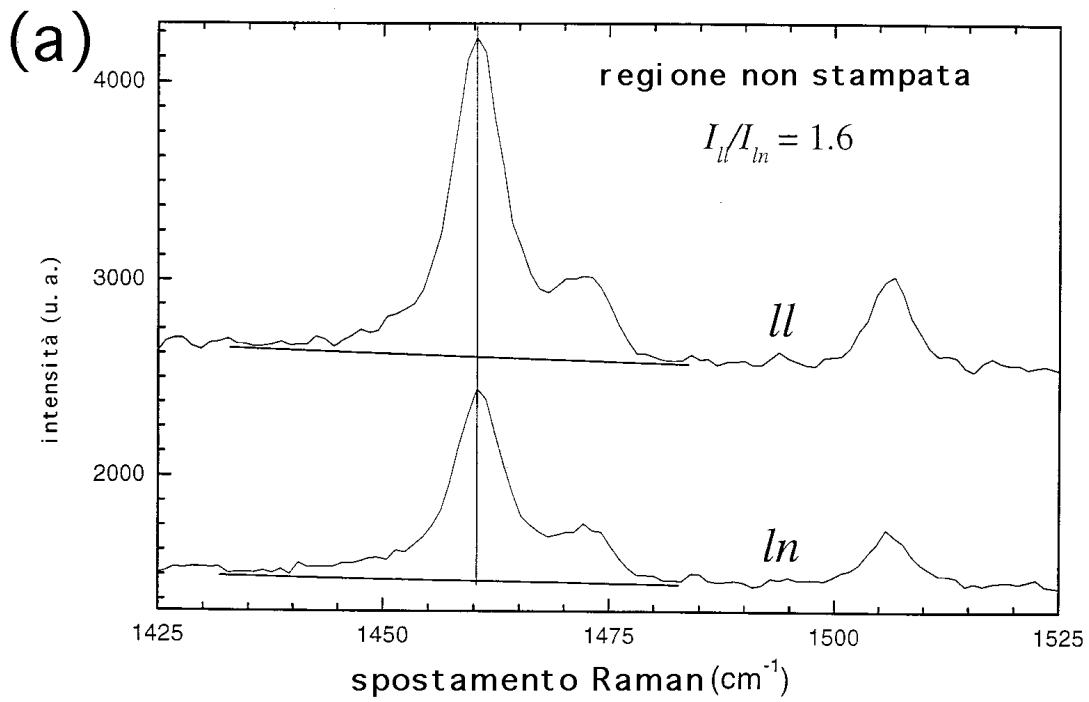


FIG. 3

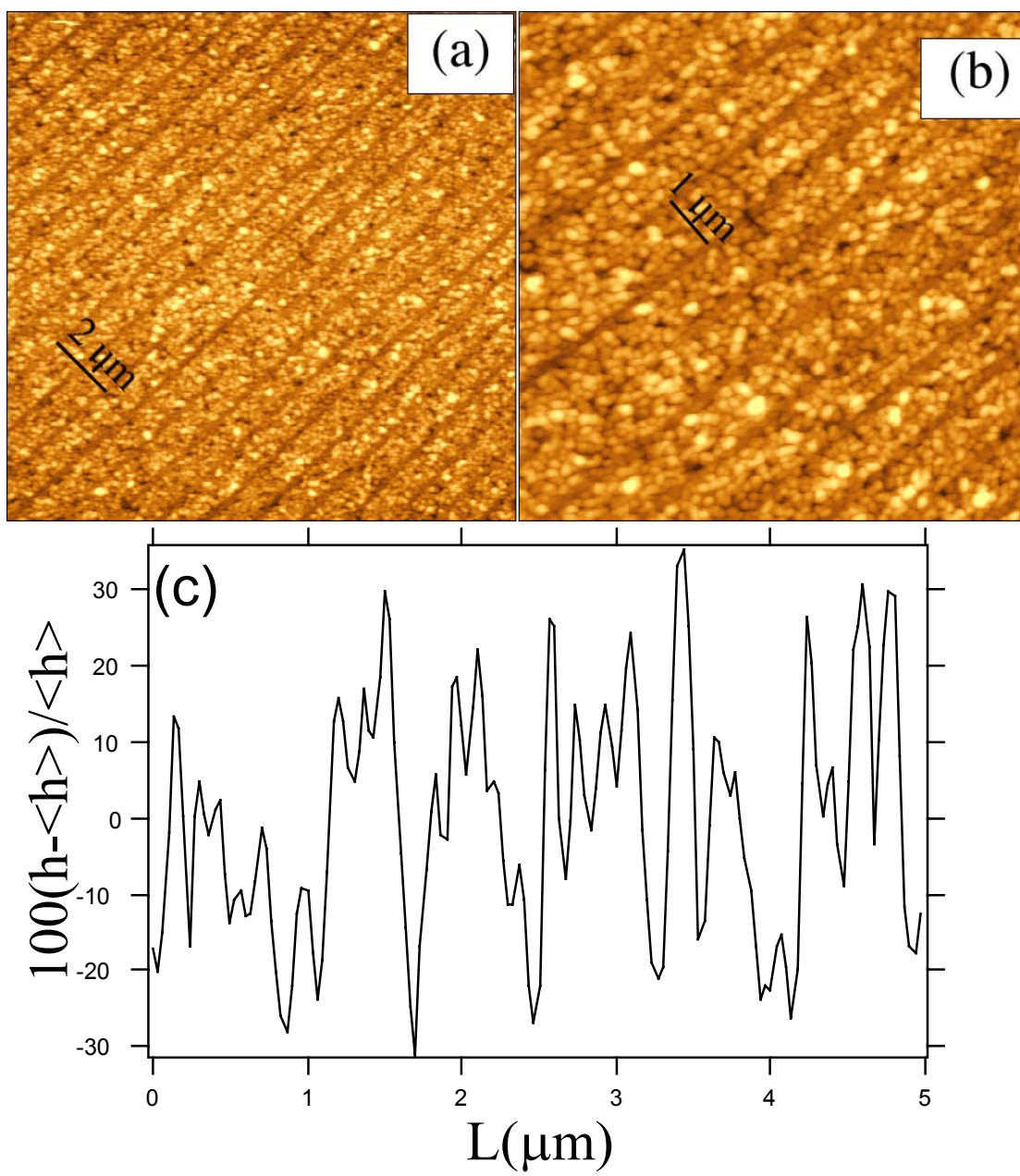


FIG. 4

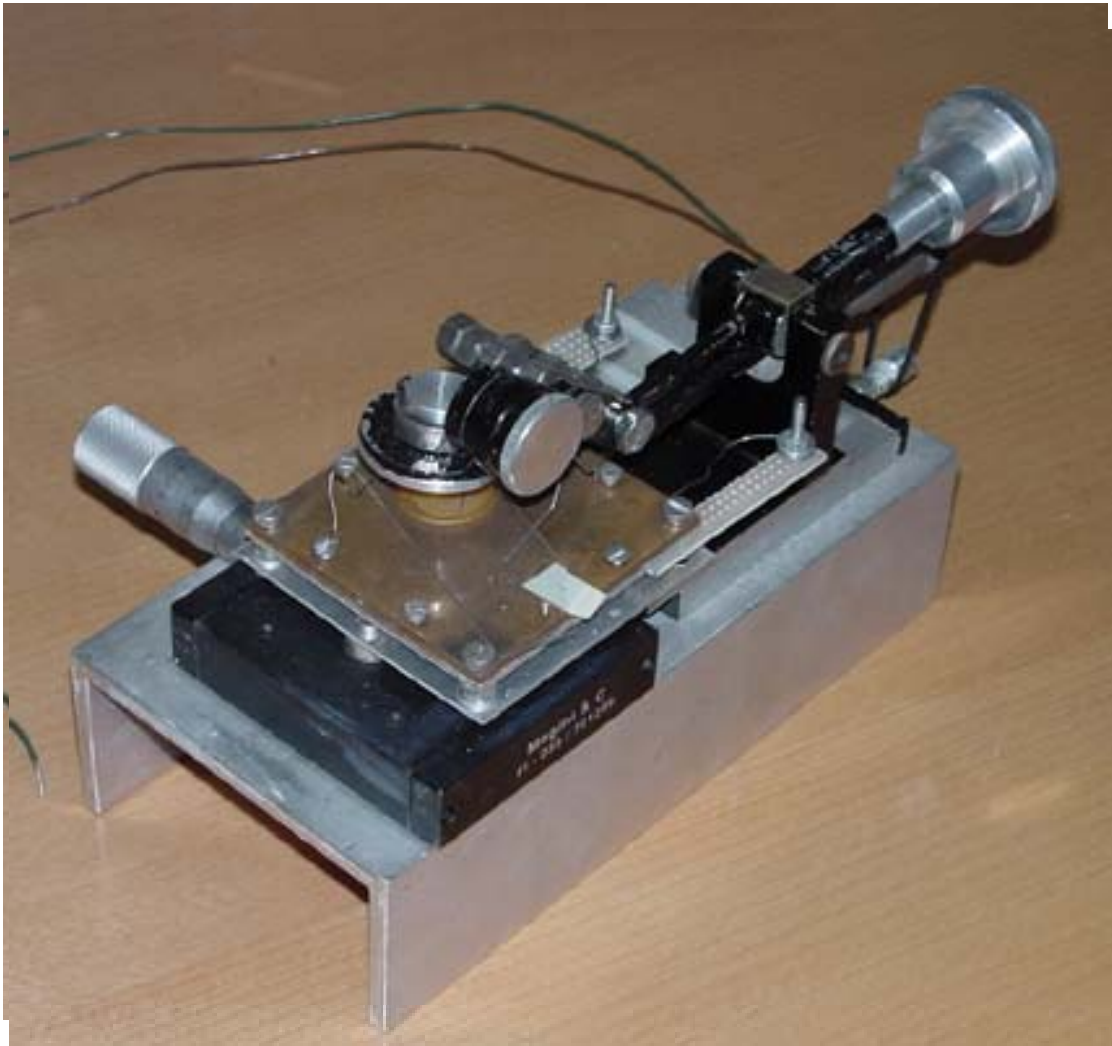


FIG. 5

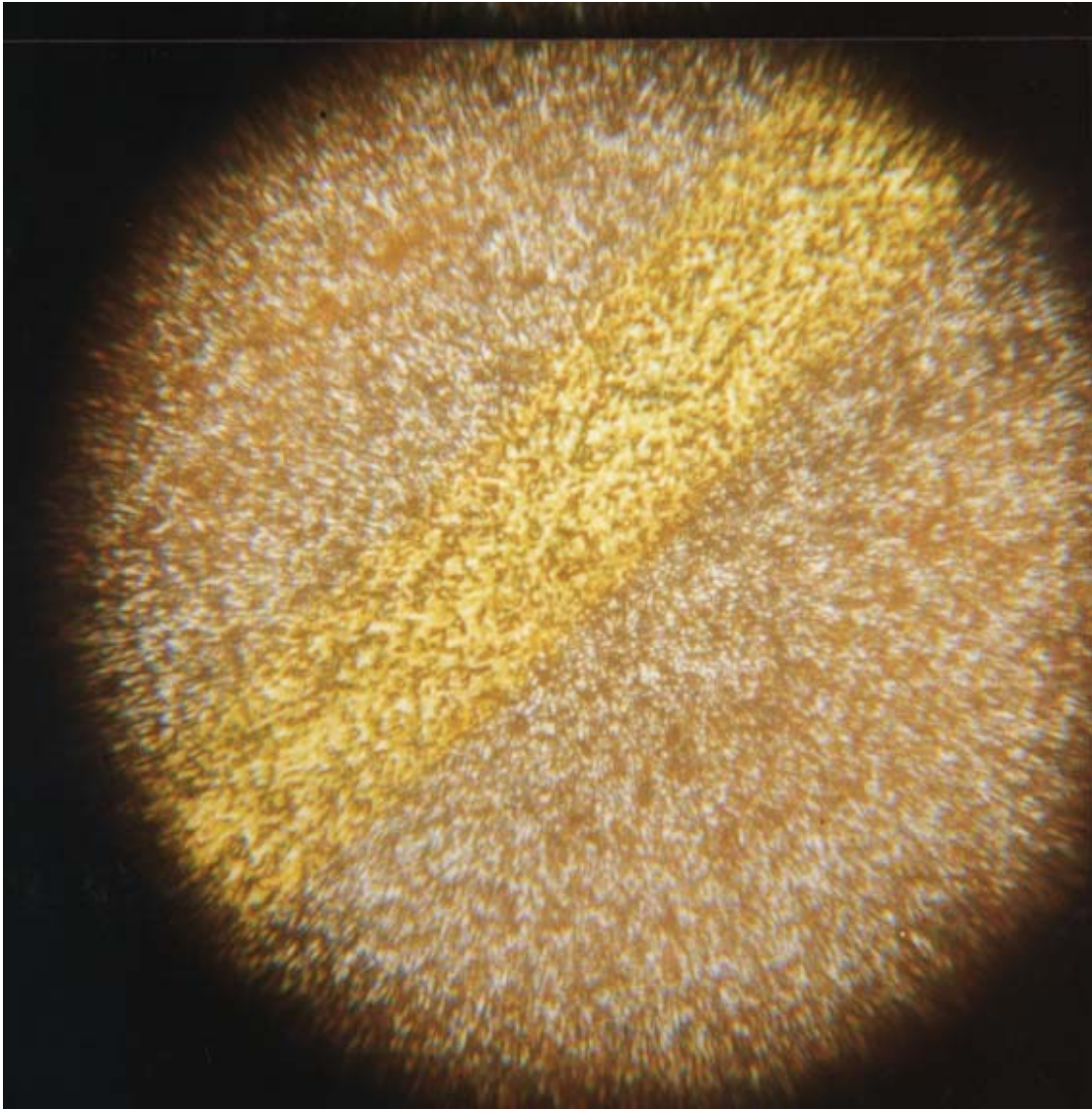


FIG. 6.

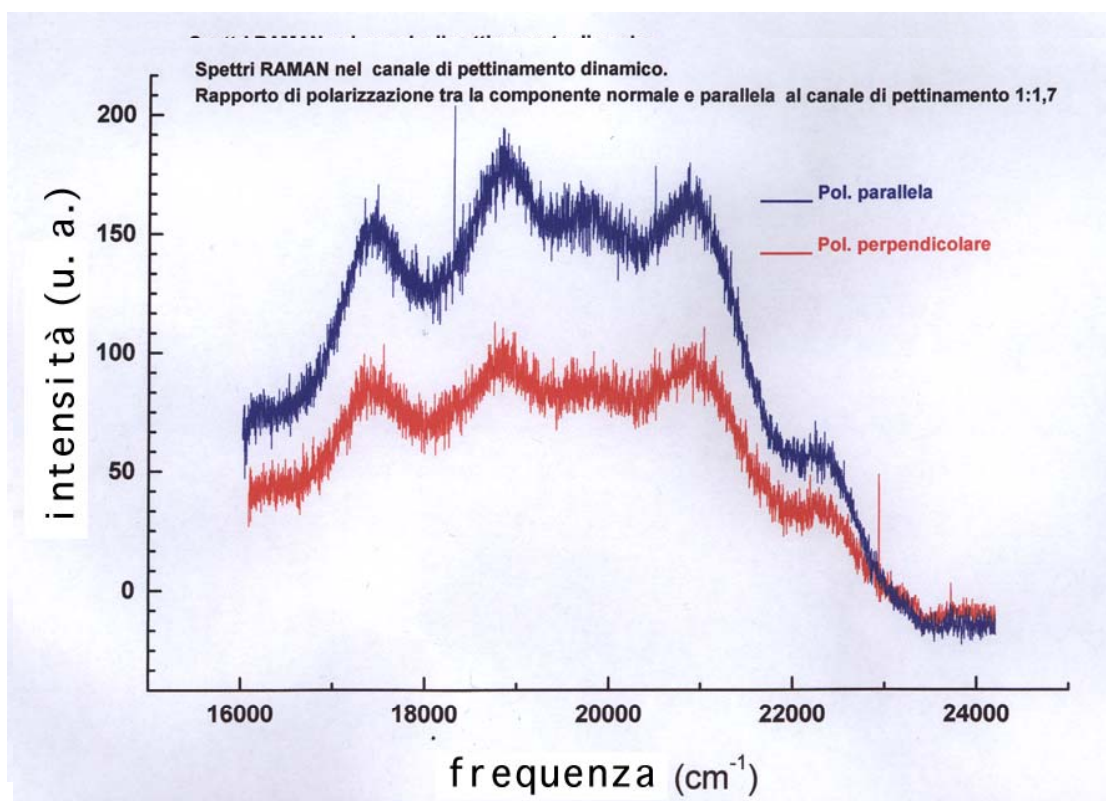


FIG. 7.