

Dispositivi luminescenti OLED per applicazioni di illuminazione

Gli OLED (Organic Light Emitting Diode), dispositivi elettro-luminescenti organici, sono i dispositivi optoelettronici organici più studiati e con applicazioni commerciali per l'illuminazione e nei display. I vantaggi principali sono: larga area di emissione, flessibilità, generazione di luce diffusa, dispositivi sottili e leggeri, efficienza, emissione di una vasta gamma di colori.

Molte aziende e gruppi di ricerca studiano gli OLED per illuminazione, anche sviluppando linee pilota per processi continui su substrati a nastro (roll-to-roll) per ridurre i costi.

Nel Laboratorio Nanomateriali e Dispositivi del Centro Ricerche ENEA Portici, da oltre dieci anni gli OLED vengono studiati per migliorare l'efficacia luminosa, studiare materiali emissivi innovativi, incrementare l'estrazione luminosa e studiare i meccanismi di degrado per aumentare la durata dei dispositivi.

Inoltre, da poco è iniziato lo studio delle celle elettrochimiche ad emissione di luce (LEEC)

DOI 10.12910/EAI2015-094

■ M.G. Maglione, S. Aprano, P. Tassini, V. Criscuolo, T. Prontera, A. Rubino, P. Manini, C. Minarini

L'elettronica organica è il settore dell'elettronica che utilizza materiali attivi organici, cioè molecole a base di carbonio, e sfrutta la combinazione di nuovi materiali e processi di produzione su larga area, che aprono nuovi ed avveniristici campi di applicazione.

I dispositivi elettronici organici possono essere realizzati in spessori sottilissimi su supporti anche flessibili, pesano poco, e sono potenzialmente riciclabili e quindi a zero impatto ambientale. Varie tipologie di dispositivi sono studiate e sviluppate: sorgenti luminose, transistori, molti tipi di sensori, celle fotovoltaiche, dispositivi passivi ecc.. I dispositivi che, attualmente, sono quelli più studiati e hanno già trovato applicazione commerciale sono gli OLED (Organic Light Emitting Diode), dispositivi elettro-luminescenti organici, utilizzati nel campo dell'illuminazione (Lighting) e per i display piatti. Gli OLED sono composti da strati di materiali organici sovrapposti, che emettono luce quando vengono attraversati da corrente elettrica.

Per le applicazioni di illuminazione, gli OLED vengono proposti in maniera complementare ai noti LED inorganici: gli OLED possono avere potenzialmente

una grande area ed essere applicati su superfici curve e flessibili, mentre i LED sono sorgenti puntiformi. Insieme, questi due tipi di dispositivi vengono indicati come sorgenti luminose a stato solido (Solid State Lighting, SSL) [1], e rivestono un'importanza commerciale sempre maggiore, grazie alle loro proprietà: efficienza energetica, assenza di sostanze pericolose e, soprattutto, la possibilità di combinare insieme caratteristiche di design con il risparmio energetico permesso da tali dispositivi. In particolare, gli OLED sono impiegati in vari prodotti di design per applicazioni Lighting già in commercio.

La tecnologia OLED è da anni oggetto di un gran numero di progetti di ricerca, sia europei sia mondiali. In Europa, progetti come OLED100.eu, con un grosso coinvolgimento industriale, hanno dato

Contact person: Maria Grazia Maglione
mariagrazia.maglione@enea.it

un contributo sostanziale allo sviluppo di tale tecnologia. Aziende ed istituti di ricerca, come BASF, MERCK, Fraunhofer, Novaled ecc., hanno indirizzato molti sforzi verso questa tecnologia (Figura 1). Philips, OSRAM e General Electric hanno immesso sul mercato prodotti OLED per l'illuminazione, mentre industrie più piccole, come Black Body, stanno sviluppando nuovi prodotti. I prodotti OLED promettono: larga area di emissione, flessibilità, generazione di luce diffusa, dispositivi sottili, alta efficienza, emissione di una vasta gamma di colori. Tra le varie applicazioni, c'è anche quella nel settore automobilistico (Figura 2) [2].

Due tipi di tecnologie sono stati sviluppati per la realizzazione di prodotti OLED: deposizione dei materiali mediante evaporazione in ultra alto vuoto (*small*



FIGURA 1 Esempio di OLED flessibili con processo di fabbricazione in tecnologia su nastro continuo (roll-to-roll)
Fonte: Fraunhofer COMEDD



FIGURA 2 Swarm - OLED per future applicazioni automobilistiche
Fonte: Audi AG

molecole OLED), e deposizione di sostanze in soluzione (*polymer OLED*) applicabile anche in aria. Ad oggi, i prodotti in commercio sono realizzati su supporti rigidi, principalmente vetro, depositati in vuoto, mentre sono stati presentati soltanto prototipi di OLED flessibili depositati da soluzione.

La competizione degli OLED con le sorgenti luminose esistenti non è semplice, soprattutto per i loro limiti attuali: non essere trasparenti, area emissiva ancora troppo piccola ed utilizzo di substrati rigidi. Nonostante ciò, i benefici potenziali degli OLED, soprattutto in termini di design, grazie alla possibilità di ridurre moltissimo gli spessori, promettono che questi dispositivi raggiungano un notevole successo commerciale (Figura 3) (Tabella 1).

I parametri chiave, e la loro standardizzazione, per utilizzare efficacemente gli OLED nel campo del *lighting* sono ampiamente discussi dalle industrie. I tre parametri che vengono riconosciuti più critici sono: il tempo di vita, la luminanza (quantità di luce prodotta) e l'efficacia. Altri parametri importanti includono: dimensioni, costo, qualità della luce (Color Rendering Index, CRI) e temperatura di colore [3].

- Tempo di vita: è il tempo che l'OLED impiega per raggiungere una certa percentuale della luminanza iniziale, di solito 50% (*lifetime* 50%, LT50) o 70% (LT70), a causa dei vari meccanismi di degrado. Per le applicazioni nel campo dell'illuminazione, è necessario un tempo di vita di almeno 10.000 ore al 70%; a lungo termine, si prevede di raggiungere le 100.000 ore di funzionamento.
- Efficacia: indica la quantità di luce emessa per ogni unità di potenza elettrica di alimentazione. Una efficacia bassa, ad es. intorno a 10÷20 lm/W, può essere sufficiente per utilizzi di illuminazione decorativi; per essere competitivi con altri tipi di sorgenti luminose, sono richiesti almeno 50 lm/W.
- Dimensione: è l'area della superficie che emette luce. Il successo degli OLED dipende dalla scalabilità su grande area, partendo da almeno 10 cm² fino a molte centinaia di centimetri quadri ed oltre.
- Luminanza: è l'intensità di luce emessa per unità di area emissiva. Livelli bassi di luminanza, intorno a 100÷300 cd/m², possono essere sufficienti per applicazioni per gli interni di automobili; per l'utilizzo nella segnaletica, sono richiesti almeno 5000 cd/m².

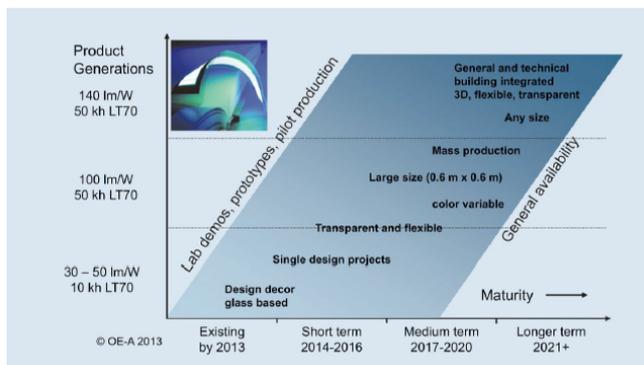


FIGURA 3 Roadmap delle applicazioni OLED lighting: sviluppo di differenti generazioni di prodotti, da medie ad alte prestazioni e larga area, e capacità di indirizzarsi verso differenti mercati
 Fonte: Holst Centre / Organic Electronic Association (OE-A) Roadmap 2013

PUNTI DI FORZA	DEBOLEZZE
<ul style="list-style-type: none"> - Alta brillantezza - Trasparenza - Larga area 	<ul style="list-style-type: none"> - Tolleranza alla temperatura (ad es. 85 °C nelle auto) - Incapsulamento - Prestazioni - Tempo di vita - Costo
OPPORTUNITÀ	MINACCE
<ul style="list-style-type: none"> - Flessibilità - Omogeneità - Spessore - Specifiche lunghezze d'onda di emissione 	<ul style="list-style-type: none"> - Prestazioni in miglioramento di LED + guide di luce

TABELLA 1 Analisi dei punti di forza e di debolezza, e delle opportunità e dei pericoli per la tecnologia OLED (SWOT analysis)
 Fonte: OE-A

- **Costo:** perché tali dispositivi vengano accettati in maniera diffusa dal pubblico, si valuta che il costo debba essere inferiore ad 1 euro/lm. Inoltre, per essere competitivi con altri approcci, il costo per unità di area deve essere inferiore a 500÷1000 euro/m².

Il limite maggiore attuale per la commercializzazione dell'OLED Lighting resta quello del tempo di vita e dei metodi per incrementarlo. I materiali utilizzati in un di-

spositivo OLED sono suscettibili di degradazione da parte di ossigeno e vapore acqueo atmosferici, pertanto è assolutamente necessario il loro incapsulamento, ovvero l'isolamento del dispositivo dall'aria. E mentre i metodi di incapsulamento degli OLED su vetro hanno trovato ormai una tecnologia standard di applicazione, l'incapsulamento di OLED su supporto flessibile è ancora alla ricerca di materiali barriera efficaci e di opportuni processi di produzione.

L'efficacia degli OLED potrà crescere notevolmente se si migliorano i metodi di estrazione della luce dal dispositivo luminoso, luce in parte persa per l'effetto guida d'onda causato dai differenti indici di rifrazione dei vari materiali che lo compongono.

Nel settore dell'illuminotecnica, che spinge al limite la creatività di architetti e designer, grazie a flessibilità, leggerezza e libertà di variare l'emissione luminosa, gli OLED rappresentano la più innovativa delle soluzioni. Non sono abbaglianti e non si riscaldano, come invece le più comuni lampade in commercio. Alcune proposte li vedono inglobati in specchi e finestre, a dare una sensazione di illuminazione sempre più versatile e vicina a quella naturale.

Per tali soluzioni, sono richieste sorgenti che emettano luce bianca. Purtroppo, non esiste un singolo materiale che emetta omogeneamente su tutto lo spettro, generando luce bianca, ma è necessario un accurato bilanciamento dell'emissione quasi monocromatica di diversi materiali (almeno due) al fine di ottenere il tono di bianco desiderato, sia esso "colorless" o "warm white" (secondo lo standard CIE 1931). Le principali problematiche degli OLED bianchi derivano da tre aspetti: difficoltà nella sintesi di materiali che presentino contemporaneamente emissione blu profonda e elevata stabilità; diversi tempi di vita ed efficienze dei singoli materiali emettitori nei diversi colori; elevatissime proprietà barriera richieste ai materiali utilizzati per l'incapsulamento, soprattutto se i dispositivi sono destinati all'utilizzo *outdoor*.

Poiché ciascun materiale ha una stabilità differente dagli altri, ciascun colore tenderà a degradare con velocità diversa. Inoltre, nelle applicazioni *lighting*, di solito un dispositivo viene stressato notevolmente, poiché sono richieste luminanze dell'ordine di 3000 cd/m² o più. Dunque, un effetto indesiderato che si verifica è legato al viraggio dell'emissione verso il rosso con il

tempo, dovuto alla più rapida degradazione dei cromofori di colore blu, che quindi nel tempo contribuiscono sempre meno allo spettro di emissione complessivo.

Per l'incapsulamento flessibile, sono allo studio strati barriera multistrato organico-inorganico, per bloccare la permeazione di ossigeno ed acqua. Tuttavia, non è ancora totalmente chiaro come superare questo problema, e molti gruppi di ricerca lavorano esclusivamente su tale problematica.

Grazie ai grossi investimenti in ricerca e sviluppo, alcune compagnie sono riuscite apparentemente a raggiungere dei risultati soddisfacenti, e sono ormai presenti commercialmente diversi prodotti destinati ad un mercato di alta fascia, con prezzi di acquisto elevati, essendo luminarie con un design unico. Le immagini che fino a pochi anni fa erano frutto di elaborazioni di grafica virtuale, oggi sono ambienti dimostrativi reali in cui sorgenti OLED vengono testate ed esposte (Figura 4). Dunque, le problematiche appena indicate, seppur importanti, rappresentano una sfida tecnologica accessibile al mondo

della ricerca e dell'industria, per materiali più stabili e sistemi di incapsulamento sempre più efficaci.

Come accennato, varie industrie sono impegnate nello sviluppo di OLED per illuminazione; tra le principali: Philips, OSRAM, Samsung, LG, General Electric, AUO, Lumiotec, Konica Minolta, Kaneka, Pioneer, Mitsubishi, NEC, Panasonic ecc.. Già alcune lampade OLED per illuminazione sono in commercio, ma si è ancora lontani dalla diffusione di massa di questi prodotti.

Nel 2009, la Philips è stata la prima compagnia a realizzare pannelli OLED *lighting*, chiamati Lumiblade. Philips stessa descrisse le lampade Lumiblade come "... sottili (meno di due millimetri di spessore) e piatte, con poca dissipazione, facilmente integrabili in qualsiasi oggetto e superficie, dalle sedie, ai tavoli, ai vestiti, ai muri, alle finestre, senza limiti per i designer ...".

Nel 2012, Philips ha presentato l'elica a pannelli OLED Lumiblade, in cui ciascun OLED è meno di 3,3 mm di spessore, largo circa 125 mm, ed emette 120 lm. Inoltre, sempre nel 2012, Philips ha mostrato un pannello illuminante, denominato Lumiblade

Reflections, composto da dozzine di OLED Lumiblade e di sensori all'infrarosso, disposti a formare uno specchio interattivo: quando una persona si pone davanti allo specchio, la sua posizione viene rilevata dai sensori, facendo spegnere gli OLED posti in corrispondenza dell'osservatore e lasciando accesi tutti gli altri, così circondando di luce l'immagine riflessa. Nell'aprile 2013, Philips ha avviato la commercializzazione di LivingSculpture, progettato da WHITEvoid con i pannelli Lumiblade, presentandolo a Euroluce durante il Salone Internazionale del Mobile a Milano. Il design di questo avanzato sistema di illuminazione ha vinto il prestigioso Red Dot Product Design Award (Figura 5). Le aspettative di Philips erano quelle di avere pannelli per illuminazione Lumiblade decorativi, con 130 lm/W di efficienza per il 2018.

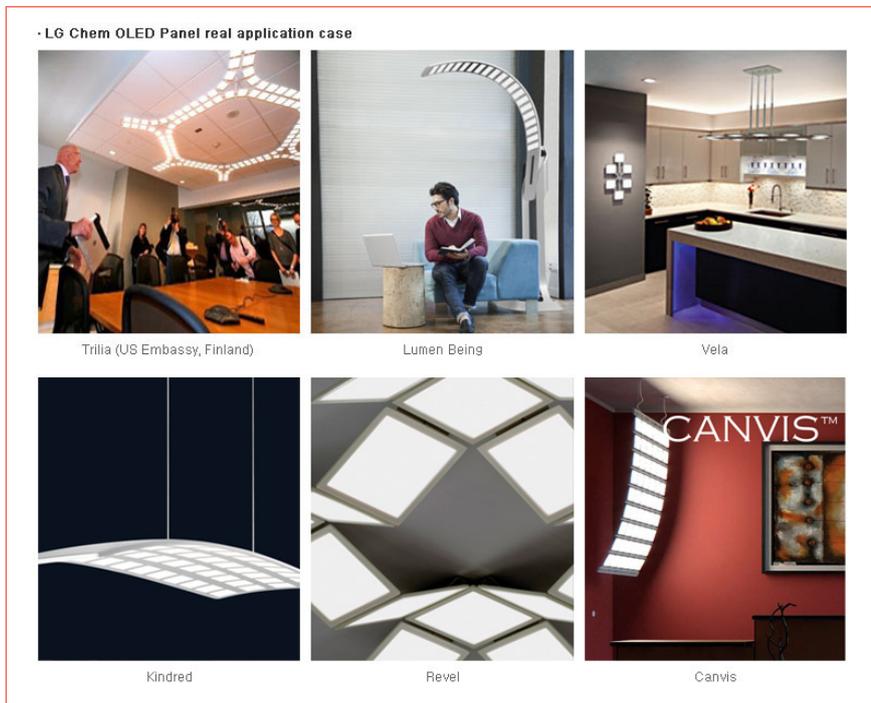


FIGURA 4 Esempi di applicazioni OLED lighting
Fonte: <http://www.lgoledlight.com>

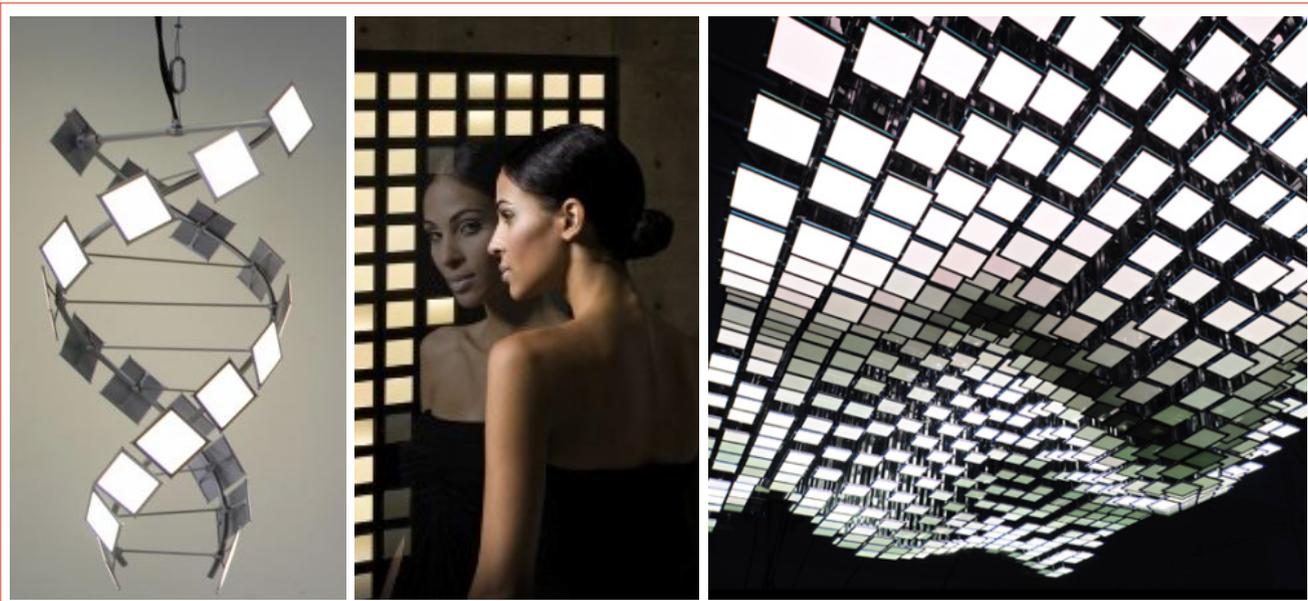


FIGURA 5 Sinistra: Composizione elicoidale di pannelli e lampade sospese Lumiblade OLED di Philips lighting GL 350, 2012. Centro: Specchio Philips Lumiblade Reflections, 2012. Destra: Philips / WHITEvoid LivingSculpture, 2013
Fonte: Philips

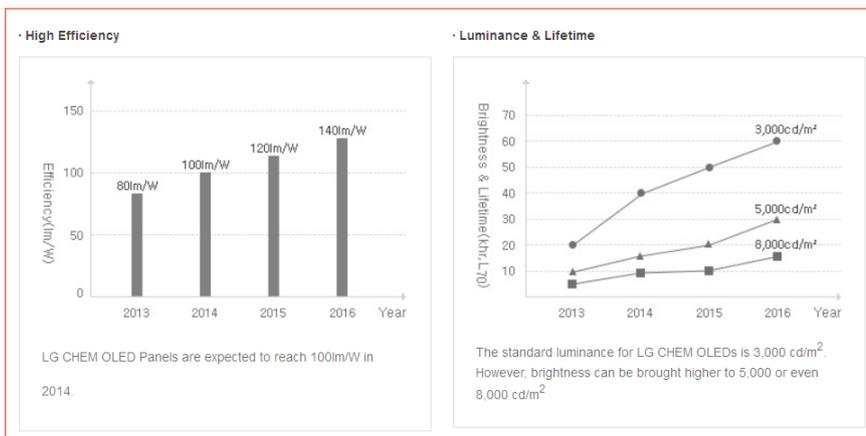


FIGURA 6 Efficacia, luminanza e tempo di vita di dispositivi OLED presentati da LG
Fonte: <http://www.lgchem.com/global/green-energy/oled-lighting>

Le previsioni legate ad efficienza, luminanza e tempo di vita proposte da LG, lasciano pensare che nel giro di pochi anni assisteremo ad un sostanziale incremento delle prestazioni degli OLED, che saranno quindi pronti ad una massiccia commercializzazione (Figura 6).

OSRAM offre una lampada OLED (OLED Reading Lamp) montabile facilmente in qualunque posizione, particolarmente adatta per la lettura. Essa viene garantita 5 anni, lasciando pensare che soluzioni ragionevoli alle problematiche sopra citate siano state trovate, con un costo appena inferiore ai 200,00 euro.

Numerosi centri di ricerca e aziende, inoltre, intraprendono la sperimentazione di linee pilota per processi su nastro continuo (*roll-to-roll*) per lo sviluppo di dispositivi OLED flessibili [4]. L'obiettivo è quello di ottenere, a

basso costo, prodotti altamente performanti e con tempi di vita soddisfacenti per le richieste del mercato. Questi target non sembrano più così lontani. Nel marzo 2014, Konika Minolta ha annunciato il lancio della prima produzione pilota di OLED bianchi su larga scala e con tec-



FIGURA 7 OLED con differenti colori di emissione
 Fonte: ENEA, Dip. Sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali, Divisione Tecnologie e processi dei materiali, Laboratorio Nanomateriali e Dispositivi

niche roll-to-roll compatibili (http://www.konicaminolta.com/about/releases/2014/0318_01_01.html). Tale stabilimento si prefigge di riuscire a produrre un milione di sorgenti OLED al mese, portando ad una riduzione sostanziale dei prezzi.

Gli annunci di varie aziende per il 2015 indicano prodotti con efficienza fino a 100 lm/W, luminanza di 5000 cd/m² e LT70 di 20.000 ore, mentre nel 2018 si conta di raggiungere 130 lm/W, 5000 cd/m² e 40.000 ore. Ciò indica che l'evoluzione dei prodotti OLED per illuminazione nei prossimi anni e l'incremento delle loro prestazioni saranno molto aggressivi, anche

per colmare il gap che attualmente queste sorgenti hanno rispetto ai più diffusi LED. Saranno sviluppati dispositivi di tipi diversi per una penetrazione differenziata sul mercato, con sorgenti ad altissime prestazioni e costi notevoli per applicazioni di design ad alto livello, accanto a lampade con prestazioni meno rilevanti ma anche più economiche, per una diffusione più larga sul mercato di massa.

Molte attività di ricerca e sviluppo sono in corso nel mondo, per superare gli attuali limiti di questa tecnologia: molti nuovi materiali sono allo studio sia per la generazione della luce, sia per l'incapsulamento, sia per ridurre il costo dei dispositivi, così come vari metodi innovativi di produzione per sorgenti a grande area e flessibili. Sebbene ci sia ancora molto lavoro da fare affinché il know-how sulla tecnologia OLED si diffonda, ci sono numerosi segnali che suggeriscono un importante

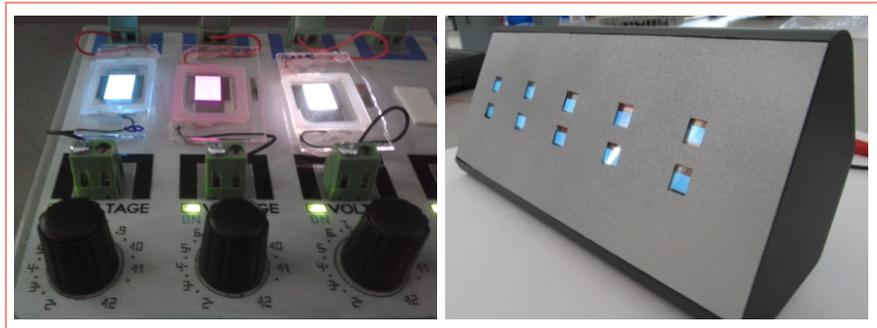


FIGURA 8 Sinistra: OLED utilizzati per illuminare piante in serre, per controllarne il benessere. Destra: Test di OLED sviluppati per illuminare un vano porta-verdure di un frigorifero
 Fonte: ENEA, Dipartimento Sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali, Divisione Tecnologie e processi dei materiali per la sostenibilità, Laboratorio Nanomateriali e Dispositivi



FIGURA 9 Logo ENEA realizzato con OLED su vetro e su plastica
 Fonte: ENEA, Dipartimento Sostenibilità dei sistemi produttivi e territoriali, Divisione Tecnologie e processi dei materiali per la sostenibilità, Laboratorio Nanomateriali e Dispositivi

impatto commerciale di queste sorgenti, che diventeranno una delle principali fonti luminose nei prossimi anni.

Nel Laboratorio Nanomateriali e Dispositivi del Centro Ricerche ENEA Portici, da oltre dieci anni si fa ricerca sugli OLED. Le attività principali riguardano il miglioramento dell'efficacia del dispositivo mediante l'utilizzo di materiali fosforescenti altamente emissivi e di architetture innovative, lo studio di materiali emissivi innovativi anche biodegradabili, lo sviluppo di metodi di estrazione luminosa per recuperare parte della luce persa a causa dei differenti indici di rifrazione dei materiali dell'OLED, e lo studio dei meccanismi di degrado dei dispositivi per incrementarne il tempo di vita. In particolare, per quest'ultimo aspetto, si utilizza un proprio layout brevettato per l'incapsulamento, e tecnologie innovative di deposizione di strati incapsulanti e/o barriera.

Il Laboratorio è in grado di realizzare OLED su substrati rigidi e flessibili (utilizzando metodi di fabbricazione che comprendono sia tecniche da ultra alto vuoto, con sistemi di deposizione integrati in *glove-box*, sia tecniche da soluzione, in ambienti con atmosfera inerte e non), e di caratterizzarne l'emissione a qualsiasi lunghezza d'onda, potendo preparare dispositivi con geometrie e dimensioni che vanno da pochi millimetri quadrati di area fino a circa 10 cm². Vengono realizzati OLED con emissione di luce bianca calda o fredda. I dispositivi incapsulati con vetro hanno un tempo di vita stimato di circa 10.000 ore, bassa tensione di accensione e raggiungono una luminanza di circa 50.000 cd/m² a 10 V (Figure 7, 8, 9).

Le applicazioni sviluppate puntano a soluzioni intelligenti ed ecosostenibili, come ad esempio le "smart windows", ad alta efficienza, e di grande area.

Oltre gli OLED, da poco è iniziata un'attività dedicata allo studio delle celle elettrochimiche ad emissione di luce (Light-Emitting Electrochemical Cell, LEEC) [5], dispositivi che si propongono quasi come successori degli OLED. Nel LEEC, il semiconduttore organico elettroluminescente è un materiale costituito da una coppia ionica, cioè è un materiale costituito di due parti, una su cui è concentrata una carica positiva, ed un'altra con carica negativa. L'uso di tali materiali semplifica notevolmente la struttura del dispositivo, che diventa a singolo strato, perché non è più necessario avere strati che iniettino e trasportino elettroni e lacune (Figura 10).

Lo strato emissivo dei LEEC contiene ioni mobili che sono in grado di muoversi verso gli elettrodi, anche ap-

plicando una bassa tensione. La riduzione e l'ossidazione degli ioni dello strato emissivo in prossimità degli elettrodi provoca un drogaggio, in particolare di tipo "p" vicino l'anodo, e di tipo "n" vicino il catodo. Le regioni drogate inducono un contatto ohmico con gli elettrodi facilitando l'iniezione di elettroni e lacune, che si ricombinano all'interfaccia tra le due regioni, analogamente ad una giunzione p-n. Come risultato, un dispositivo LEEC di questo tipo risulta operativo già a tensioni molto basse.

Anche i LEEC possono essere di due tipi, a seconda se il materiale organico emettitore sia un polimero o un composto a basso peso molecolare. Nel primo caso si ha un PLEEC (polymer-LEEC) e lo strato emettitore è costituito da tre componenti, un polimero elettroluminescente, un sale organico e un polimero semiconduttore; nel secondo caso si parla di i-TMC-LEEC (ionic Transition Metal Complex-LEEC) e lo strato emettitore è costituito da un solo componente, tipicamente un sale organico di un complesso di un metallo di transizione (Ir, Ru, Os).

Ad oggi, l'approccio i-TMC-LEEC è quello più studiato per l'applicazione nei display, in quanto unisce la semplicità del dispositivo a singolo strato, al fatto che tipicamente i complessi di metalli di transizione danno emissione per fosforescenza. Un caso particolare è rappresentato dai complessi dell'iridio che, per la peculiare struttura elettronica, sono caratterizzati da: a) transizioni a bassa energia di tipo metallo-ligando (MLCT); b) un'efficienza praticamente unitaria dell'*intersystem crossing* (ISC) dallo stato di singoletto eccitato allo stato di tripletto eccitato (Figura 11).

Nel complesso, questo porta i complessi dell'iridio a dare emissioni per fosforescenza molto intense e so-

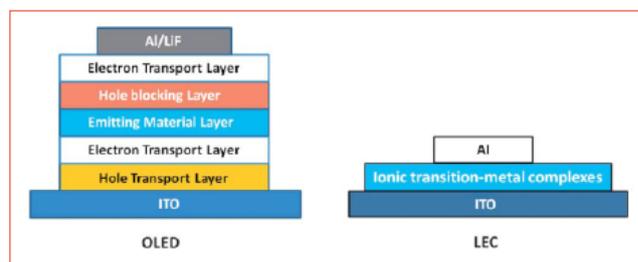


FIGURA 10 Confronto tra le strutture tipiche di (sinistra) un OLED e (destra) un LEEC [5]

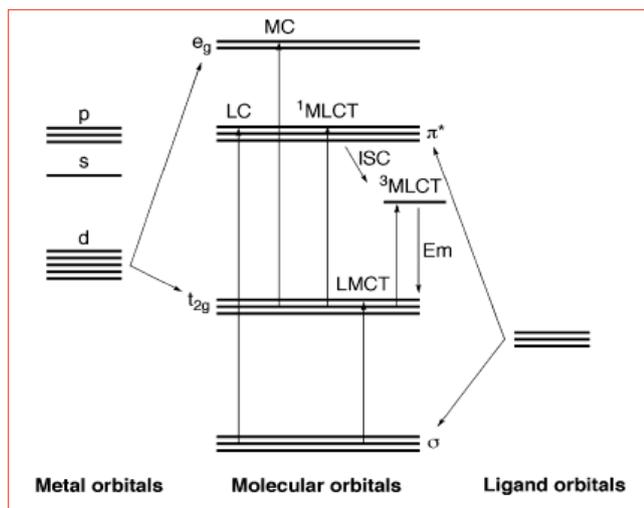


FIGURA 11 Diagramma degli orbitali molecolari per un complesso dell'iridio(III) a geometria ottaedrica distorta. In evidenza, le possibili transizioni energetiche [6]

prattutto significativamente modulabili in termini di colore. Selezionando opportunamente la tipologia di ligando e la natura dei sostituenti, è possibile modulare l'energia dell'HOMO e/o del LUMO, e quindi selezionare un preciso colore per l'emissione del materiale.

In tale contesto si inserisce l'attività di ricerca del Laboratorio Nanomateriali e Dispositivi in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università di Napoli "Federico II", rivolta alla sintesi di nuovi materiali fosforescenti bio-ispirati, basati su complessi di iridio(III) per applicazioni in dispositivi LEEC. Per tali complessi, si è scelto di utilizzare come leganti ancillari dei derivati ispirati ai precursori delle melanine, i pigmenti responsabili della colorazione di pelle, peli e delle iridi dei mammiferi. In particolare, utilizzando come base di partenza la dopamina (DA), è stato sintetizzato il ligando DHQ, che è stato utilizzato quindi per la sintesi del complesso cationico dell'iridio(III) [7] mostrato in Figura 12.

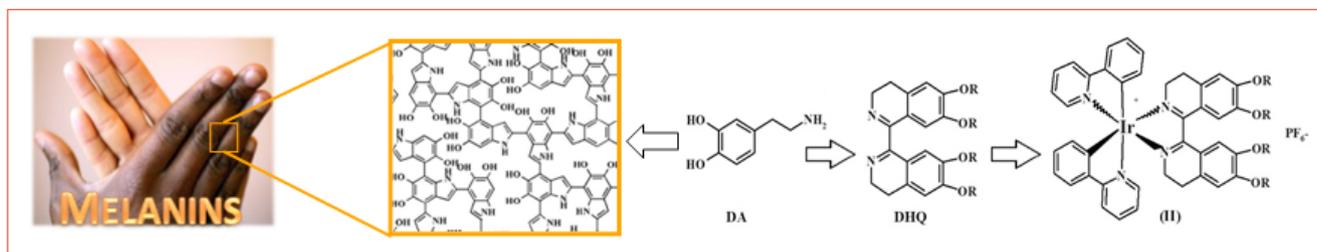


FIGURA 12 Realizzazione di nuovi complessi dell'iridio(III) fosforescenti bio-ispirati alle melanine, per applicazioni in dispositivi LEEC [7]

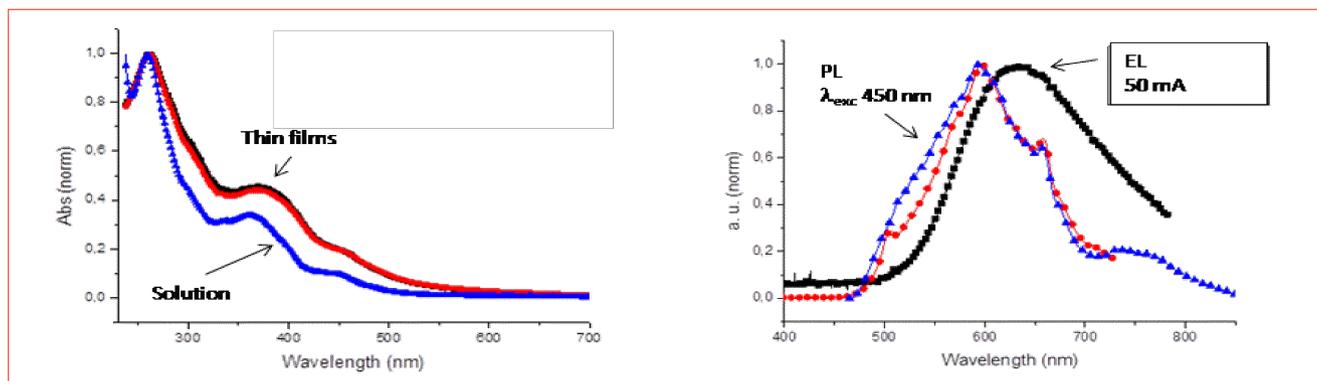


FIGURA 13 Spettri normalizzati di assorbimento, fotoluminescenza ed elettroluminescenza del complesso Ir(ppy)2DHQ sintetizzato
Fonte: Università di Napoli Federico II, Dipartimento Scienze Chimiche

Studi di fotoluminescenza, sia in soluzione sia per film sottili, hanno mostrato che tale complesso emette nel rosso a circa 600 nm. Test preliminari, condotti su un dispositivo di tipo LEEC con configurazione ITO / PEDOT:PSS / Ir(ppy)₂DHQ / Ag, hanno confermato l'emissione per elettroluminescenza nel rosso a 630 nm (Figura 13).

Il Laboratorio porta, quindi, avanti varie linee di attività sugli OLED, sui materiali, sui dispositivi e sui processi di fabbricazione, che trovano positivo riscontro nella collaborazione con varie aziende ed istituti di ricerca italiani ed europei, che si occupano sia di illuminazione ed incapsulamento, sia di materiali, sia di dispositivi e processi (Vimar, Electrolux, BTicino, Saes Getters, CNR, UniNA, UniSA, VTT, CEA, CNRS, Fraunhofer, COATEMA, EVG, OXFORD ecc.), e nel coordinamento di progetti di ricerca finanziati, di cui si ricordano, solo negli ultimi anni, il Laboratorio

Pubblico Privato TRIPODE/Progetto RELIGHT (Research For Light), ed il Progetto ALADIN (Industria 2015)-Sistemi di Illuminazione e Segnalazione intelligenti. Inoltre, il Laboratorio fa parte di organizzazioni internazionali, quali la Organic and Printed Electronic Association (OE-A) e il gruppo di illuminazione (WG4) della piattaforma tecnologica europea Photonics21, che costituiscono i riferimenti mondiali di questa tecnologia. ●

Maria Grazia Maglione¹, Salvatore Aprano¹⁻²⁻³, Paolo Tassini¹, V. Criscuolo¹⁻⁴, T. Prontera¹⁻⁴, Alfredo Rubino³, Paola Manini⁴, Carla Minarini¹

¹ LPP-TRIPODE / ENEA, Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi produttivi e Territoriali, Laboratorio Nanomateriali e Dispositivi

² SESMAT Srl, San Giorgio del Sannio (Benevento)

³ Università di Salerno, Dipartimento Ingegneria Industriale, Fisciano (Salerno)

⁴ Università di Napoli "Federico II", Dipartimento Scienze Chimiche

abstract

Organic Light Emitting Diode for lighting applications

OLEDs (Organic Light Emitting Diodes) are opto-electronic organic devices that have been intensively studied in the last decades for lighting and display applications. This technology offers many advantages such as: wide active area, flexibility, very thin devices, efficiency, color tunability. Many companies and research institutes are dedicated to the development of OLEDs for lighting, also using innovative roll-to-roll fabrication processes for cost reduction.

In the Laboratory of Nanomaterials and Devices in the Portici ENEA Research Center, there is a ten years' experience on OLEDs. Main activities are: the improvement of the devices efficiency, the study of new electroluminescent materials, the development of light extraction methods, and the study of the devices degradation pathways.

Along with OLEDs, recently a new technology has been introduced in the Laboratory of Nanomaterials and Devices research activities: LEECs, Light Emitting Electrochemical Cells.

bibliografia

- [1] N. Thejo Kalyani et al, "Organic light emitting diodes: Energy saving lighting technology - A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012), 2696-2723
- [2] N. Kimura et al, "Development of Organic Light Emitting Diode (OLED) Driver for Automotive Components", *Oki Technical Review* 2007/Issue 211 Vol.74 No. 3
- [3] Organic and Printed Electronic Association (OE-A) - Roadmap 2013
- [4] J. W. Park et al, "Large-area OLED lightings and their applications", *Semicond. Sci. Technol.* 26 (2011) 034002
- [5] T. Hu et al, "Solid-state light-emitting electrochemical cells based on ionic iridium(III) Complexes", *J. Mater. Chem.* 22 (2012), 4206-4215
- [6] E. Baranoff, J.-H. Yum, M. Graetzel, Md. K. Nazeeruddin, "Cyclometallated iridium complexes for conversion of light into electricity and electricity into light", *J. Organometallic Chemistry* 694 (2009), 2661-2670
- [7] F. Neve et al, "Cationic Cyclometallated Iridium Luminophores: Photophysical, Redox, and Structural Characterization", *Organometallics* 23 (2004), 5856-5863