

Micro- and Nano-Scale Organic Light-Emitting Devices Driven by Alternating-Current Voltage, Xuhai Liu

Scientific abstract

(English)

Organic optoelectronics has experienced significant development and success both in research and on the market level during the past decade. The concept of optical-to-electrical or electrical-to-optical energy conversion, together with property tunability of organic materials via chemical synthesis as well as advanced micro- and nano-scale fabrication processes on various substrates, enable a great number of novel applications in our daily life. For instance, organic light-emitting diodes (OLEDs) have been widely used in portable consumer electronics and large flat panel displays. Also, the integration of light sources such as OLEDs, and light detectors such as organic phototransistors (OPTs), can enable novel lab-on-a-chip system for medical diagnosis.

The main purpose of this thesis is to describe the result of investigations on novel organic light-emitting devices driven by alternating-current (AC) gate voltage on a transistor platform, as well as to present light detectors based on organic crystals in the same transistor configuration, so as to illustrate the possibility to integrate organic light sources and detectors in micro- and nano-scale devices.

Organic small molecule-based thin films were mainly used as the active materials to study the charge carrier injection, transport and light generation mechanism on a micro-scale transistor platform operated by AC gate voltage. Combining time-resolved experiments, low-temperature investigations as well as corresponding calculations, an operating model mainly involving space-charge field assisted charge carrier injection was proposed. This operating mechanism was subsequently implemented in more crystalline organic nanofiber-based nano-scale transistor platform, and corresponding electroluminescence from these nano-scale devices were obtained.

Density functional theory (DFT) calculations have been carried out to estimate the device properties related to charge transport and photon absorption. Micro-scale OPTs based on organic nanofibers and thin films have been fabricated and subsequently characterized in darkness and under illumination. The obvious superior photoresponsivity of the nanofiber-based OPTs compared with thin film OPTs demonstrates that nanofibers have great potential for high-performance photosensitive devices, mainly attributed to the highly ordered molecular packing in the crystalline structures.

(Danish)

Organisk optoelektronik har oplevet en betydelig udvikling og succes både i forskningsverdenen og på markedsniveau i løbet af det seneste årti. Konceptet om optisk-til-elektrisk eller elektrisk-til-optisk energi konvertering kombineret med muligheden for at tilpasse egenskaberne af organiske materialer ved kemisk syntese samt avancerede

mikro-og nano-skala fremstillingsprocesser på forskellige substrater muliggør et stort antal nye applikationer i vores daglige liv. For eksempel har organiske lysdioder (OLED) været meget anvendt i bærbar forbrugerelektronik og store fladskærme. Desuden kan integration af lyskilder såsom OLED'er og lysdetektorer såsom organiske fototransistorer (OPT) muliggøre nye lab-on-a-chip systemer til medicinsk diagnose.

Hovedformålet med denne afhandling er at beskrive resultatet af undersøgelser af nye organiske lys-udsendende komponenter drevet af vekselspænding (AC) på gate-kontakten af en transistor platform, samt at præsentere lysdetektorer baserede på organiske krystaller i en lignende transistor-konfiguration for at illustrere muligheden for at integrere organiske lyskilder og -detektorer i mikro-og nano-skala enheder.

Organiske tyndfilm baserede på små molekyler blev hovedsagelig benyttet som det aktive materiale til at undersøge ladningsbærer-injektion og -transport og mekanismen hvorved lys bliver genereret på en mikroskala transistor platform drevet af en AC gatespænding. Ved at kombinere tidsopløste eksperimenter, lav-temperatur undersøgelser samt tilsvarende beregninger blev en model udviklet, som hovedsageligt involverer et rumladningsfelt som bidrager til ladningsbærerinjektion. Den virkningsmåde blev efterfølgende implementeret i mere krystallinske, organisk nanofiber-baserede, nano-skala transistorer, og tilsvarende elektroluminescens fra disse nano-skala komponenter blev opnået.

Density Functional Theory (DFT) beregninger er blevet udført for at vurdere komponentens egenskaber relateret til at ladningstransport og foton-absorption. Mikro-skala OPT'er baseret på organiske nanofibre og tyndfilm er blevet fremstillet og efterfølgende karakteriseret både i mørke og under belysning. Den væsentligt højere fotoresponsivitet af de nanofiber-baserede OPT'er sammenlignet med tyndfilm OPT'er viser, at nanofibrene har et stort potentiale som højtydende lysfølsomme komponenter, hvilket primært tilskrives den meget ordnede molekylære pakning i de krystallinske strukturer.