
Abbildende Oberflächenplasmonresonanz: Untersuchung schaltbarer Sensoren und organischer Leuchtdioden

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von

MAYRA IRION

aus Würselen

ADAG COPY AG, Zürich

2010

Berichterstatter: Prof. Dr. Klaus Meerholz
Prof. Dr. Ulrich Deiters

Tag der mündlichen Prüfung: 09.02.2009

Die experimentellen Untersuchungen für die vorliegende Arbeit wurden im Zeitraum von Mai 2004 bis Juli 2008 am Institut für physikalische Chemie der Universität zu Köln unter Anleitung von Professor Dr. Klaus Meerholz durchgeführt.

Kurzzusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Technik der abbildenden Oberflächenplasmonresonanz für die Entwicklung eines steuerbaren Vielkanal-Sensor-Systems herangezogen. Zudem wird die abbildende Oberflächenplasmonresonanz als neue, nicht-invasive Untersuchungsmethode für organische Leuchtdioden vorgestellt.

Mit dem entwickelten Versuchsaufbau werden verschiedene Sensoren hinsichtlich ihres Ansprechverhaltens auf eine externe Stimulation untersucht. Üblicherweise bestehen die Sensoren aus einer dünnen Metallschicht und einer aufliegenden dünnen dielektrischen Schicht. In dieser Arbeit wurden außerdem Sensoren mit einer Resonatorstruktur verwendet, bei der eine organische Schicht zwischen zwei dünnen Metallschichten aufgebracht wurde.

Durch die Manipulation des Sensormaterials ergibt sich die Möglichkeit steuerbarer Sensoren, weil auf Oberflächenplasmonresonanz basierende Systeme sehr empfindlich gegenüber Änderungen der optischen Konstanten nahe der Oberfläche einer dünnen Metallschicht sind. Dadurch können die Auswirkungen verschiedener äußerer Stimulationsmethoden in Abhängigkeit ihrer einstellbaren Parameter bestimmt werden. Mit Kenntnis der erzielten Manipulationseffekte kann der Brechungsindex des Sensormaterials in genau definierter Weise verändert werden. Die gezielte Anpassung der Sensoren bildet die Grundlage für ein steuerbares Vielkanal-Sensor-System.

Die Empfindlichkeit der Methode der abbildenden Oberflächenplasmonresonanz gegenüber strukturellen Veränderungen innerhalb eines Mehrschicht-Systems birgt ebenfalls die Möglichkeit für eine neuartige Untersuchungstechnik für organische Leuchtdioden. In dieser Arbeit werden entsprechende Studien vor allem im Hinblick auf die strukturellen Veränderungen der verschiedenen Schichten in Folge einer Degradation der Bauteile vorgestellt.

Die untersuchten organischen Leuchtdioden besitzen eine Microcavity-Struktur, damit sowohl Änderungen der emittierenden Schicht als auch Änderungen der metallischen Kathodenschichten erfasst werden können. Lokale, durch Stromfluss oder Degradationsprozesse induzierte Änderungen des Brechungsindex oder der Schichtdicke werden als verändertes Signal gegenüber unveränderten Bereichen detektiert. Dadurch können die auftretenden Effekte nicht nur einer bestimmten Schicht zugeordnet werden, sondern auch in ihrer räumlichen Lage lokalisiert werden.

Aus dem Vergleich der SPR-Bilder mit zeitgleich aufgenommenen Photos der Emission können zusätzliche Informationen über die Vorgänge während des Betriebs der organischen Leuchtdioden gewonnen werden. Dabei erlaubt es der entwickelte Versuchsaufbau, kontinuierliche Messungen durchzuführen und als Videosequenzen festzuhalten. Dadurch können die Prozesse in Folge eines dauerhaften Betriebs genau verfolgt und die Veränderungen im Bauteil, die auf Degradation zurückzuführen sind, analysiert werden.

Abstract

In this work the method of surface plasmon resonance will be used for developing an adjustable multi-channel sensor system. Besides imaging surface plasmon resonance will be presented as a new, non-invasive investigation method for organic light-emitting diodes.

With the developed experimental setup different sensors will be investigated regarding their responsive behaviour caused by an external stimulation. Most common sensors consist of a thin metal layer with a thin dielectric layer atop. In this work also sensors based on a microcavity structure, where an organic layer is sandwiched between two thin metal layers, are used.

Due to the manipulation of the sensor material the application of adjustable sensors is possible, because systems based on surface plasmon resonance are highly sensitive to small variations of the optical constants near the surface of a thin metal layer. Hence, the effects caused by different external stimulation methods and the dependence on several parameters could be determined. By controlling the achieved manipulation effects the refractive index of the sensor material can be varied in a defined way. The controlled adjustment of the sensors is the basis for an adjustable multi-channel sensor system.

Since imaging surface plasmon resonance is highly sensitive to structural changes of a multi-layer system this method can serve as a new investigation method for organic light-emitting diodes. In this work studies regarding the investigation of structural changes of the different layers caused by degradation of the devices will be presented.

The investigated organic light-emitting diodes have a microcavity structure to detect changes of the emissive layer and of the metal cathode layers, respectively. Locally induced changes of the refractive index and/or layer thickness due to current flux or degradation processes resulting in a change of the detected signal relative

to unchanged sites can be detected. Therefore, the resulting effects can not only be determined to take place in a certain layer, but can also be spatially resolved.

By comparison of the SPR images with simultaneously taken photographic images of the light emission further informations about the occuring processes during device operation can be achieved. The developed setup allows for continous data acquisition. Hence, the processes caused during continous operation can be monitored and degradation of the devices can be analysed.