1 Einleitung

Moderne, hochauflösende Flachbildschirme basieren auf einer Matrix aktiver, durch großflächige Elektronik angesteuerter Pixel. Heute sind es vor allem die durch Dünnschichttransistoren (TFTs) auf Basis amorphen Siliziums adressierten Flüssigkristallanzeigen (LCDs), die einen der am schnellsten wachsenden Bereiche der gesamten Elektrotechnik darstellen.

Allerdings werden die organischen Leuchtdioden (OLEDs) aufgrund höherer Effizienz, günstigerer Blickwinkelabhängigkeit und schnellerer Schaltzeiten bereits seit längerem als potentielle Nachfolger der LCDs gehandelt. Die selbstemittierenden OLEDs kommen ohne externe Beleuchtung und absorbierende Polarisationsfilter aus. Da sie aus transparenten Dünnschichten aufgebaut werden können, sind durchsichtige Pixel realisierbar. Die aktive Ansteuerung von OLEDs ist jedoch wesentlich komplexer als bei den Flüssigkristall-Zellen. Stellen die niedrigen Sättigungs-Feldeffektbeweglichkeiten unter $1\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{Vs}$ von TFTs auf Basis amorphen Siliziums für die LCDs kaum ein Problem dar, gestalten sie jedoch die Ansteuerung von OLEDs sehr schwierig. Darüber hinaus macht die Absorption des Siliziums im sichtbaren Spektralbereich eine Realisierung hochauflösender durchsichtiger OLED-Displays nahezu unmöglich.

Erst seit kurzem werden mit den transparenten, amorphen Oxid-Halbleitern (TAOS) Dünnschichttransistoren hergestellt, die die günstige Homogenität amorpher TFTs mit Sättigungs-Feldeffektbeweglichkeiten über $10\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{Vs}$ vereinen. Darüber hinaus erlauben sie die Herstellung hochtransparenter großflächiger Elektronik. Durch die Kombination dieser Technologie mit transparenten OLEDs rückt die Vision durchsichtiger Displays in greifbare Nähe.

Von Designaspekten abgesehen, könnten transparente Displays die Wahrnehmung der Wirklichkeit durch zusätzliche Informationen ergänzen. Man spricht auch von erweiterter Realität *(engl. augmented reality)*. Diese kann dem Menschen in Kombination mit Kamera, Bilderkennungssoftware und 3d-Simulation eine heute unvorstellbar präzise gesteuerte Interaktion mit seiner Umwelt erlauben, den Laien zur Reparatur komplexer Maschinen befähigen, den Chirurgen unterstützen.

Ziel und Gliederung der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit besteht im Nachweis der Realisierbarkeit hochauflösender durchsichtiger OLED-Displays unter Verwendung einer transparenten elektronischen Ansteuerung auf Basis von Oxid-Halbleitern. Zu diesem Zweck wird eine Technologie zur Herstellung transparenter TFTs entwickelt und die Eignung der Bauelemente bezüglich ihrer elektrischen Eigenschaften, vor allem aber ihrer Stabilität unter Bias-Stress und Beleuchtung sowie unter veränderter Atmosphäre, untersucht. Eine aktive Pixelsteuerung wird hergestellt und analysiert sowie die Integration jeweils transparenter TFTs und OLEDs demonstriert.

Mit der Sauerstoff-Plasma unterstützten gepulsten Laserdeposition (*engl. Plasma Assisted Pulsed Laser Deposition, PAPLD*) wird eine neue Technologie zur Herstellung transparenter, amorpher Oxid-Halbleiter vorgestellt. Das Verfahren ermöglicht ein Schichtwachstum mit geringem Sauerstoffdefizit und senkt somit die Störstellendichte im Oxid-Halbleiter. Bauelemente auf Basis von Zink-Zinnoxid stehen dabei im Mittelpunkt des Interesses. Sie werden bezüglich ihrer elektrischen Eigenschaften und ihrer Stabilität untersucht und in Hinblick auf eine Anwendung in hochauflösender durchsichtiger OLED-Displays optimiert.

Die Arbeit beginnt mit einer kurzen Erläuterung der physikalischen Grundlagen von Dünnschichttransistoren. Es schließen sich Ausführungen über nicht kristalline halbleitende Materialien an. Dabei werden bereits technologische Anforderungen an die Schichtenherstellung von Oxid-Halbleitern angesprochen. Diese werden im dritten Kapitel am Beispiel verschiedener Depositionsverfahren genauer betrachtet. Die photolithographische Strukturierung der abgeschiedenen Dünnschichten wird beschrieben und die beiden in dieser Arbeit hauptsächlich verwendeten Transistor-Strukturen mit ihren jeweiligen technologischen Vorzügen gegenübergestellt. Den Abschluss bildet die messtechnische Charakterisierung von Dünnschichten, Bauelementen und Schaltungen.

In Kapitel 4 werden die Ergebnisse der Untersuchungen an transparenten Dünnschichttransistoren präsentiert. Die funktionalen Komponenten: Kontakte, Kanal und Dielektrikum werden in ihrem Einfluss auf die Eigenschaften der TFTs untersucht. Durch Vergleich verschiedener polykristalliner und amorpher Oxid-Halbleiter wird die Fokussierung auf Zink-Zinnoxid begründet, seine hervorragende Eignung für die in Kapitel 6 vorgestellte Anwendung bewiesen.

In Kapitel 5 erfolgt eine tiefer gehende Darstellung ausgewählter Displaytechnologien. Dabei wird auch die jeweilige Funktion einer aktiven Ansteuerung erklärt. Als Ergebnis dieses Kapitels werden sich die organischen Leuchtdioden (OLEDs) als zur Herstellung

effizienter, durchsichtiger Anzeigen geeignete Displaytechnologie herauskristallisieren und Anforderungen an die Treiberschaltungen für OLEDs diskutiert.

Das sechste Kapitel legt den Fokus auf transparente Aktiv-Matrix-OLED-Displays. Dabei steht zunächst die passive Anwendung von Metalloxiden für Elektroden transparenter OLEDs im Vordergrund. Der Nachweis über die Realisierbarkeit transparenter aktiver Pixel auf Basis von ZTO-TFTs erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird die Integrierbarkeit jeweils transparenter OLEDs und TFTs demonstriert, anschließend ein aktiver, spannungsgesteuerter, transparenter Pixel-Treiber auf Basis von ZTO realisiert. Bezüglich seines dynamischen Verhaltens und Ausgangsstromes können die realisierbare Auflösung, Bildwiederholrate und erreichbare Helligkeit eines transparenten Aktiv-Matrix-OLED-Displays auf Basis dieser Schaltung abgeschätzt werden.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung.