PCAP-Touchtechnologie – Grundlagen und Designmöglichkeiten

Die „Projected Capacitive" Touch-Technologie, kurz PCAP, ist zur wichtigsten Touchtechnologie geworden und wird branchenübergreifend eingesetzt. Vorteile sind die Fähigkeit zur Gestensteuerung, die durch eine Glasscheibe geschützte Lage des Sensors sowie die Möglichkeit, schon bei relativ kleinen Stückzahlen kundenspezifische Designs realisieren zu können. Dieser Beitrag behandelt die grundsätzliche Funktion sowie die vielfältigen applikationsspezifisch individuellen Gestaltungsmöglichkeiten sowie einen kurzen Ausblick auf künftige Entwicklungen.

Ein kapazitiver Sensor reagiert auf die Annäherung der Fingerspitzen, nicht aber auf deren Druck durch Berührung. Gemessen und ausgewertet wird allein die Kapazitätsänderung des Sensors. Wegen der hohen Empfindlichkeit der kapazitiven Detektionsmethode kann der eigentliche Detektor unter Glas geschützt werden. Man spricht deshalb auch von einem projiziert-kapazitiven Touch, bei dem das auslösende Ereignis quasi durch die Schutzschicht hindurch, auf die Sensorebene quasi projiziert wird (Bild 1).

Sensorgeometrien

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Anordnung der Sensorelektroden, etwa als Multi-Pad oder in Zeilen und Spalten. Als elektrisch leitfähiges und optisch transparentes Elektrodenmaterial wird ITO (Indium Tin Oxide) verwendet. Bild 2 zeigt verschiedene Elektrodengeometrien: Die Elektroden können entweder auf nur einer Seite des Glases (Fall a) oder auf beiden angeordnet sein (Fälle b bis e). Je nachdem, ob sie weit voneinander getrennt liegen (d und e) oder eng benachbart sind (a, b und c), ergeben sich verschiedene Detektionseigenschaften (Multi-Touch, Single-Touch) und Kostenstrukturen.

Die einfachste Anordnung der Elektroden wird in 2d) und 2e) gezeigt. Bei dieser Multi-Pad-Anordnung ist jede Elektrode, jedes „Pad", einzeln ansteuerbar. Die Strukturen sind nur auf einer Seite des Glases angebracht und Elektroden überschnei-

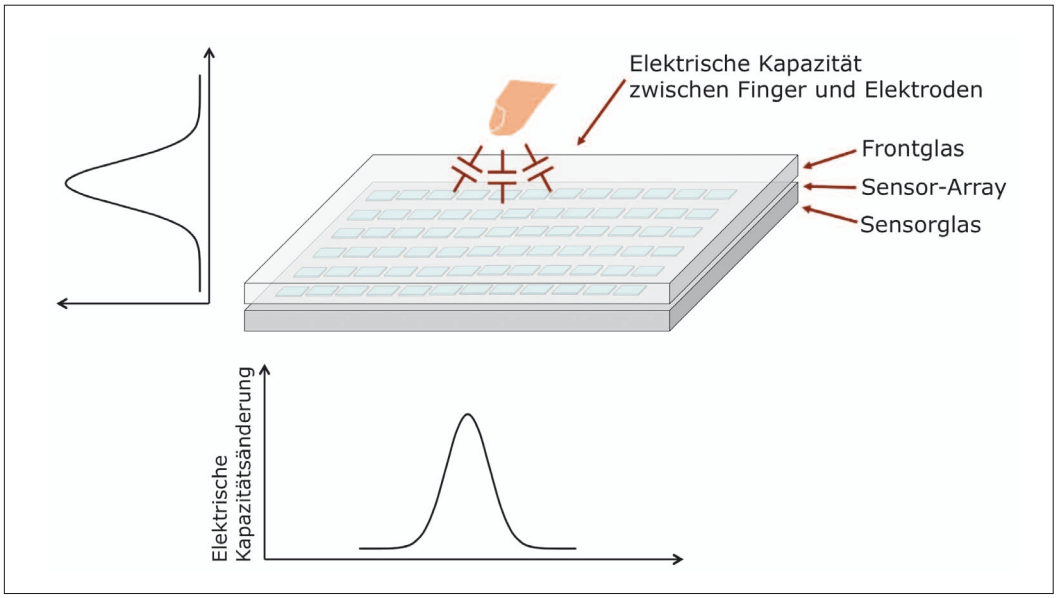

Bild 1: Durch Berührung der Glasoberfläche ändert sich die Kapazität des Sensors

Autor:
Dr. Gerhard Bickel,
Principal Marketing Engineer
Tianma
www.tianma.eu

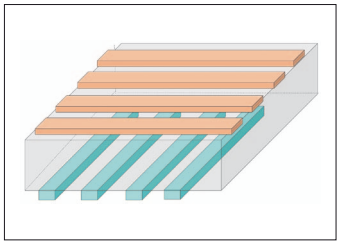

Bild 2a: Doppelseitiges ITO (DITO) – Streifen

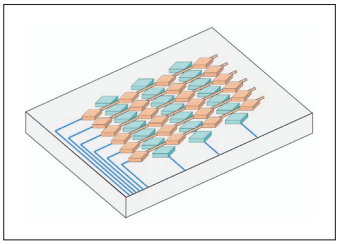

Bild 2b: Einseitiges ITO (SITO) – Diamant-Struktur

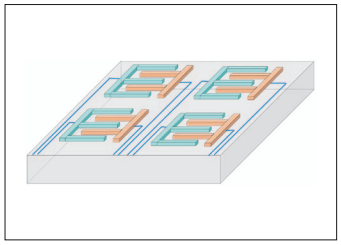

Bild 2c: Einseitiges ITO - Kammstruktur

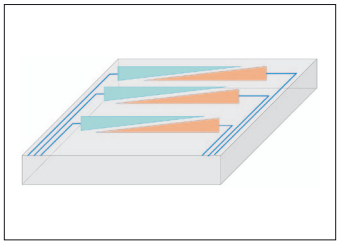

Bild 2d: Einseitiges ITO - Dreiecke

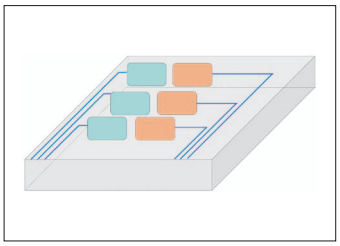

Bild 2e: Einseitiges ITO – Blockstruktur

den sich dabei nicht. Das ist die kostengünstigste Variante. Sie hat aber den Nachteil, dass sie nur für Sensorflächen bis 5 Zoll Diagonale geeignet ist.

Mit einer kammartigen Elektrodenanordnung, wie in 2c) gezeigt, können Sensoren bis 7 Zoll Diagonale hergestellt werden.

Größere Sensorfelder

Für größere Sensorfelder, typischerweise bis 20 Zoll Diagonale, werden zeilen- und spaltenförmig angeordnete Elektroden verwendet. Zur gegenseitigen Isolation müssen die Elektroden entweder auf gegenüberliegenden Seiten des Glases aufgebracht oder an den Kreuzungspunkten isoliert werden. Der erste Fall ist in 2a) dargestellt, man spricht hier von Double-sided ITO oder DITO. Bild 2b) zeigt die SITO (Single-sided ITO) Variante. In Bild 3 ist eine vergrößerte Darstellung der Kreuzungspunkte zu sehen. Die rautenförmigen ITO Strukturen in x-Richtung sind über Brücken miteinander verbunden, während die ITO Strukturen in y-Richtung eine durchgehende Elektrode bilden. Sowohl DITO als auch SITO erfordern einen deutlich höheren Fertigungsaufwand, haben aber auch einige entscheidende Vorteile. Diese sind im nächsten Abschnitt beschrieben.

Methoden zur Erkennung einer Berührung

Die Kapazitätsänderung durch eine Berührung der Touchoberfläche ist sehr klein. Ein typischer Wert für die Kapazität ist 300 pF, gemessen zwischen Sensorelektrode und Erde. Die Berührung mit einem Finger verursacht eine Änderung um 0,1 pF bis 10 pF. Kapazitätsänderungen von 0,1 % oder weniger müssen daher noch messbar sein.

Die Zeilen und Spalten werden unabhängig voneinander angesteuert. Der PCAP-Controller gibt eine Wechselspannung, typischerweise einige Megahertz, auf die Elektroden. Die Kapazitätsänderung durch eine Berührung wird gemessen über den Strom durch die Elektroden. Das analoge Ausgangssignal des Controllers zeigt Bild 4a).

Die wichtigsten Parameter zur Erkennung des Signals sind die Einstellung von Verstärkung und Detektionsschwelle. Bei einer Bedienung mit dicken Handschuhen wird

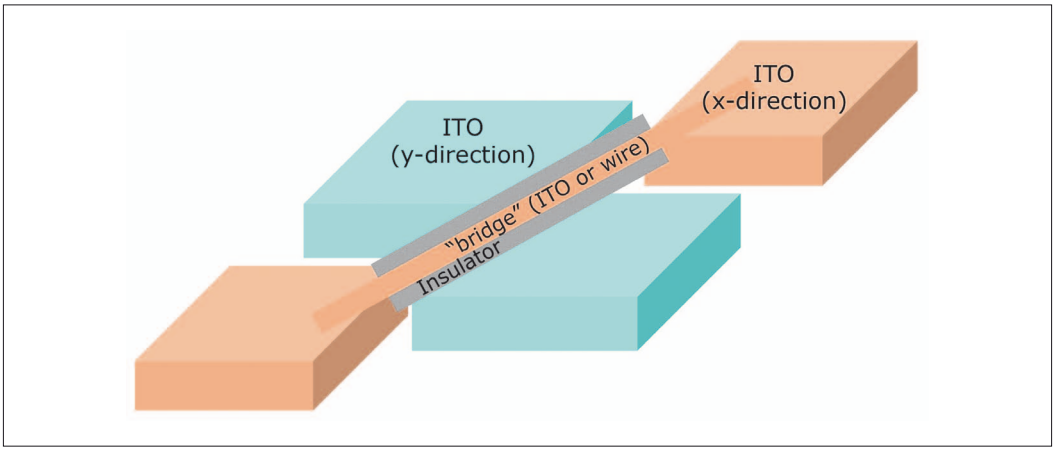

Bild 3: ITO Brücke zur Bildung einer durchgängigen Elektrode

Detektionsmethoden	Multi Touch	Handschuh UND Wasser	Touch Controller
Wechselseitige Kapazität	ja	-	Generation 1
Eigenkapazität	-	ja	Generation 2
Wechselseitige und Eigenkapazität	ja	ja	Generation 2

Tabelle 1: Die Kombination der Messungen von wechselseitiger und Eigenkapazität ermöglicht die Bedienung einer nassen Oberfläche mit Handschuhen.

Detektionsmodus	Unterstützte Touch Erkennung	Handschuhdicke	Frontglasdicke	Wassertropfen
Standard	Multi Touch	2 mm	1,1 mm	Ja
Handschuh-Modus	Single Touch	5 mm	1,1 mm	Nein
Frontglas-Modus	Single Touch	-	6 mm	Nein

Tabelle 2: Mit der neuen Controllergeneration ist es möglich, das Display unter Erhalt der Touch-Eigenschaften mit einer bis zu 6 mm dicken Scheibe zu schützen. Eingaben im Multi-Touch-Modus können auch bei nasser Oberfläche erfolgen.

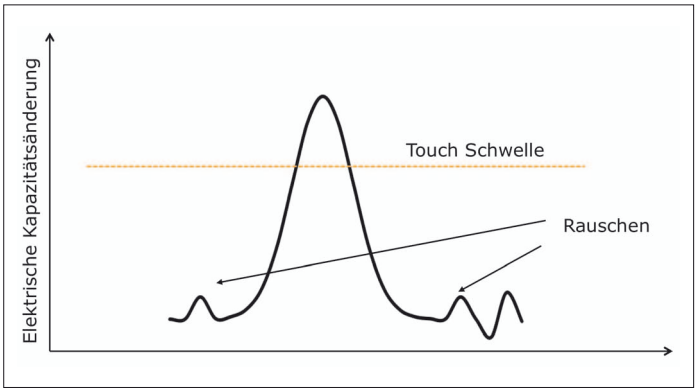

Bild 4a: Detektiertes Touch-Ereignis

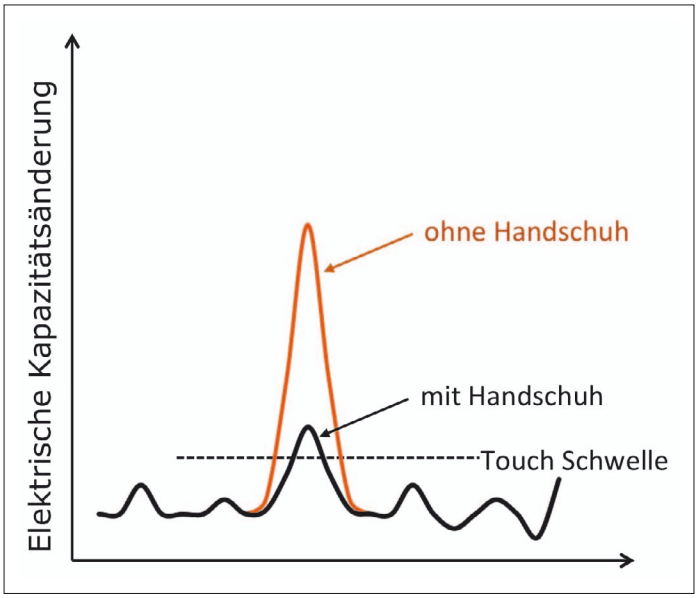

Bild 4b: Bei Bedienung des Displays mit dicken Handschuhen wird das Signal sehr klein.

die Kapazitätsänderung sehr klein. Handschuhe, wie sie in der Medizin verwendet werden, dürfen keine Beeinträchtigung darstellen. Um die Detektion sicherzustellen, muss die Verstärkung auf einen hohen Wert eingestellt werden. Das Signal-/Rauschverhältnis ist gering (Bild 4b).

Vorsicht Wasser

Befindet sich hingegen Wasser auf der Oberfläche, stellt dies selbst schon eine Art Touch-Ereignis dar. Zur Vermeidung einer Fehlauslösung wird die Verstärkung auf einen kleinen Wert eingestellt. Die benetzte Oberfläche kann zudem auch die Berührungsfläche einer Fingerspitze deutlich überschreiten. Um den Touch-Punkt trotzdem lokal eng begrenzt zu identifizieren, muss die Detektionsschwelle hin zu einem höheren Wert verschoben werden. Der Einfluss auf die Kapazitätsänderung, durch Berührung der nassen Oberfläche mit einem Finger, bewirkt prozentual eine kleinere Änderung, als die gleiche Berührung auf trockener Fläche. Die Touch-Empfindlichkeit einer nassen Oberfläche fällt deshalb geringer aus (Bild 4c). Bild 4d zeigt obige Zusammenhänge in grafischer Weise

Handschuhe auf nasser Oberfläche

Es bleibt noch die spannende Frage zu beantworten, welche Modifikationen zur Bedienung mit Handschuhen auf nasser Oberfläche notwendig sind? Dazu betrachten wir die beiden Messmethoden Eigenkapazität und wechselseitige Kapazität.

Eigenkapazität

Hier wird die absolute Änderung der Kapazität gemessen (self capacitance), siehe Bild 5a. Vorteil der Messmethode unter Verwendung der Eigenkapazität ist das starke Messsignal. Der Nachteil dieser Methode ist, dass nur genau EIN Berührungspunkt auf der Oberfläche eindeutig bestimmt werden kann (single touch).

Wechselseitige Kapazität

Gemessen wird die relative Kapazität zwischen zwei benachbarten Elektroden (mutual capacitance). Ein Finger oder ein elektrisch leitfähiger Stift in Elektrodennähe bewirkt eine Änderung des lokalen Kondensatorfeldes. Diese Änderung kann über die Spannung an der anderen Elektrode gemessen werden. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass mehrere Berührungspunkte zur gleichen Zeit gemessen werden können. Damit wird die Steuerung durch Gesten möglich. Die Tianma-PCAP Sensoren der NL-Serie erkennen bis zu 16 Punkte gleichzeitig. Doch bei nasser Oberfläche funktioniert die Methode nur bedingt.

Das Beste aus beiden Welten

Neuere Controller (Generation 2) sind in der Lage, zwischen der Messung mit wechselseitiger und mit Eigenkapazität umzuschalten. Dadurch können auch nasse Touch-Oberflächen mit Handschuhen bedient werden (siehe Tabelle 1).

Die eigentliche Signalverarbeitung für die Touch-Erkennung erfolgt in hochintegrierten Controller-ICs, die mit dem Touchsensor verbunden sind. Viel Know-how liegt aber

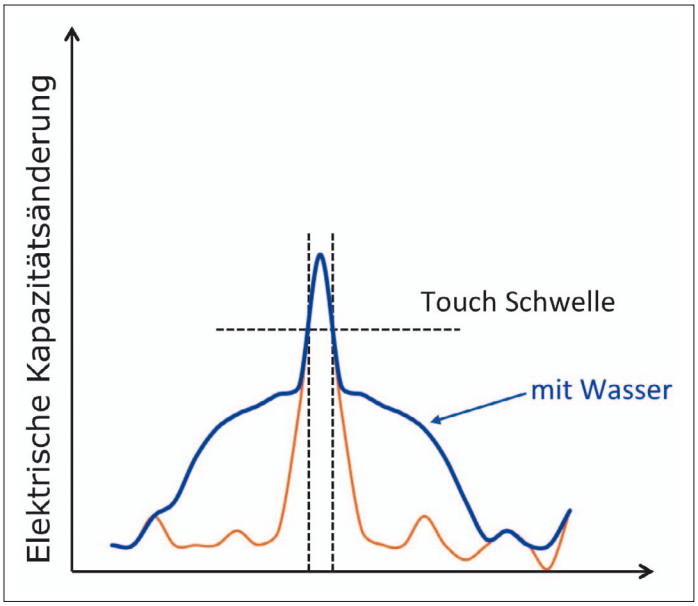

Bild 4c: Befindet sich Wasser auf der Displayoberfläche, muss die Detektionsschwelle, zur genauen Lokalisierung des Berührungspunktes, angehoben werden.

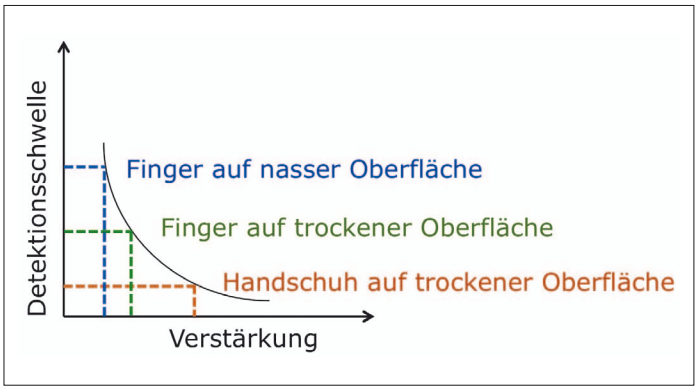

Bild 4d: Einstellungen zur optimalen Detektion von Touch-Ereignissen unter verschiedenen Bedingungen. Der Standardfall „Finger auf trockener Oberfläche" ist in grün eingezeichnet.

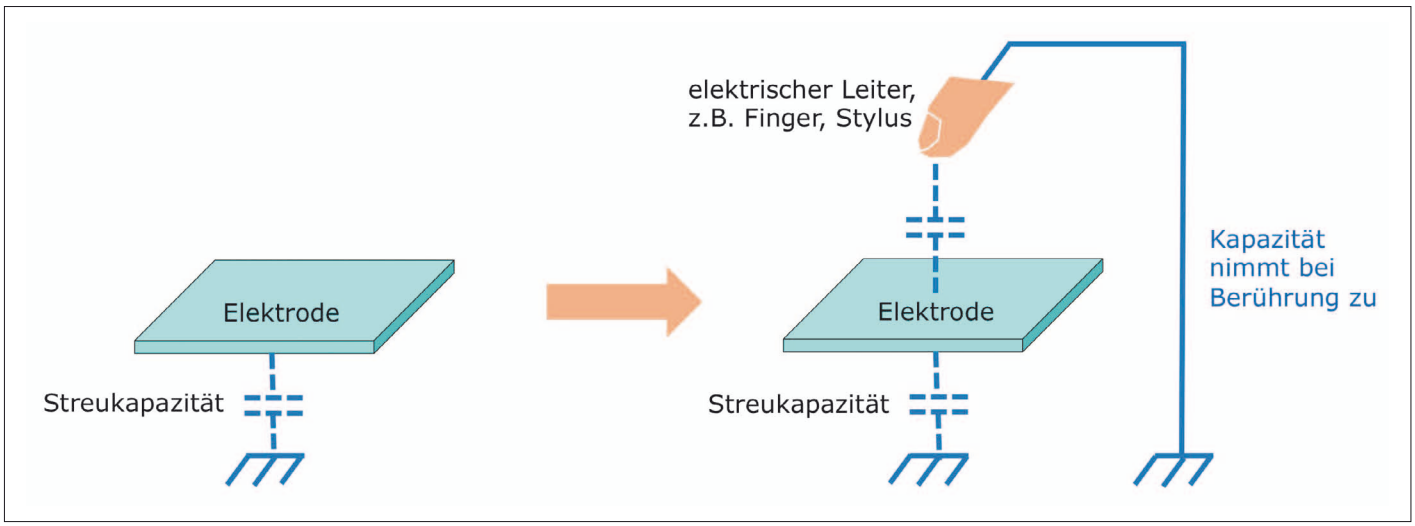

Bild 5a: Die Berührung der Glasoberfläche bewirkt eine Kapazitätsänderung. Gemessen wird die absolute Änderung.

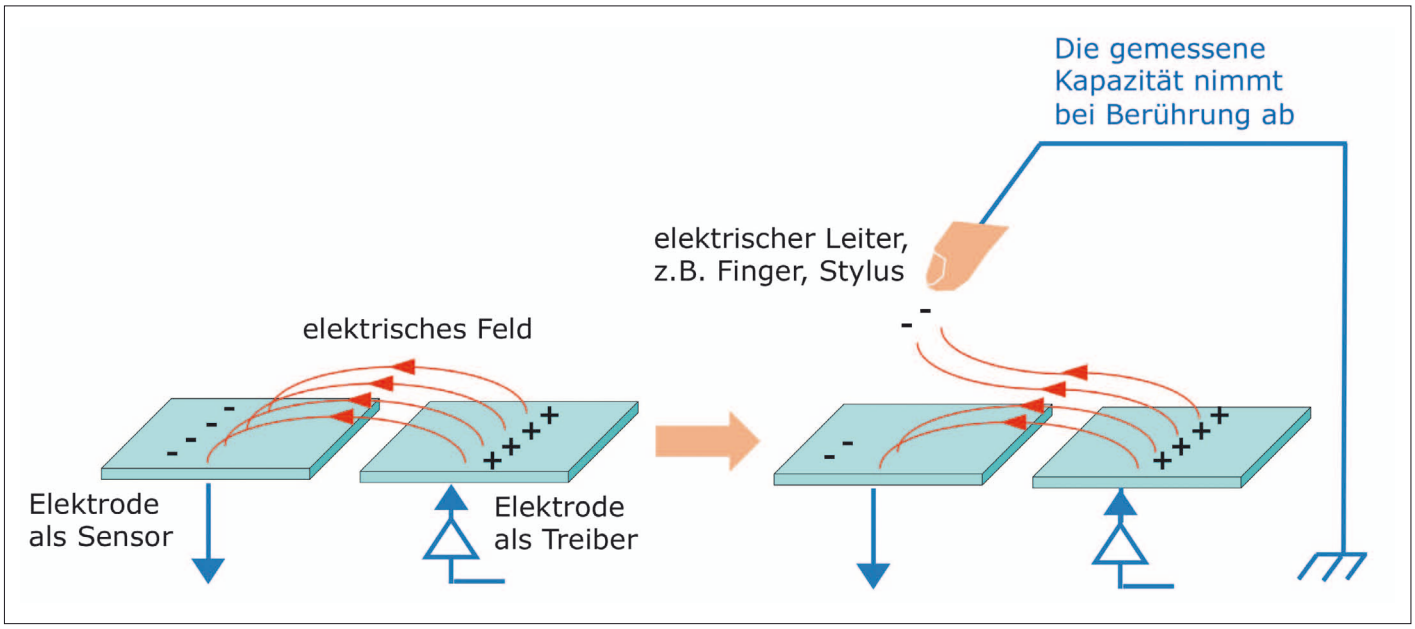

Bild 5b: Bei der Methode der wechselseitigen Kapazität wird die relative Änderung der Kapazität benachbarter Elektroden gemessen.

auch in den Einstellungen des Controller-ICs, der jeweils optimal an das verwendete Touch-Display und die jeweiligen Systemanforderungen angepasst werden muss. Tabelle 2 zeigt einen Überblick über die Möglichkeiten der verschiedenen Erkennungsmethoden.

Kundenspezifisch oder Standard-PCAP?

War bisher nur vom Touchsensor selbst die Rede, soll nun auf die Komplettlösung - bestehend aus LCD, Sensor und Frontglas - eingegangen werden. Alle PCAP-Sensoren und LCDs werden von Tianma selbst gefertigt. Auch das optical bonding und die komplette Montage erfolgt in den Fabriken von Tianma in China (Shanghai, Shenzhen, Wuhan) und in Japan (Akita). Das Programm umfasst sowohl Standard PCAP-LCDs als auch kundenspezifische Lösungen. Bild 6 zeigt die jeweiligen Gestaltungsoptionen.

Bild 6a) Die Oberfläche kann klar, matt oder entspiegelt sein. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, die Oberfläche gegen Fingerabdrücke zu beschichten (Anti-Finger-Print, AFP).

Bild 6b) Das Frontglas ist frei wählbar, ob Standard-Floatglas oder eines, das gegen Vandalismus schützt. Oft wird es auch nach Kundenwünschen bedruckt.

Bild 6c) Die Sensorgröße wird der Größe und Form des TFT-LCD angepasst. Für Größen bis 20 Zoll Diagonale wird meistens ITO verwendet, das einen Flächenwiderstand von typisch 100 Ohm/mm^2 hat. Bei dickerer Schicht fällt der Widerstand zwar geringer aus, aber ebenso ist die optische Transmission damit reduziert. Bei Größen über 20 Zoll wird mit dem wachsenden Widerstand das Signal-Rauschverhältnis zu schlecht, um ein Signal in kurzer Zeit detektieren zu können. Bei Diagonalen die größer sind werden daher Silber-Nanodrähte oder Kupfer-Mikrobahnen anstelle von ITO eingesetzt.

Bild 6d) Ein wesentlicher Punkt ist, ob das Sensorglas direkt mit optischem Kleber (Optical Clear Resin, OCR) auf das LCD geklebt wird (optical bonding) oder ob sich zwischen LCD und Sensorglas noch ein dünner Luftspalt befindet (air gap bonding). Für Anwendungen im Innenbereich ist die zweite Methode meistens ausreichend. Im Außenbereich hingegen bietet das optische Bonding zwei Vorteile: Durch Reduzierung der reflektierenden Oberflächen wird die Gesamtreflexion geringer und damit die Ablesbarkeit unter Sonneneinstrahlung deutlich erhöht. Zusätzlich wird die mechanische Stabilität verbessert, wodurch sich der Schutz gegen Vandalismus verbessert.

Bild 6e) Die Diagonalen der zugrundeliegenden TFT-LCDs können zwischen kleiner 1 Zoll (bei kundenspezifischen Projekten) bis über 20 Zoll liegen.

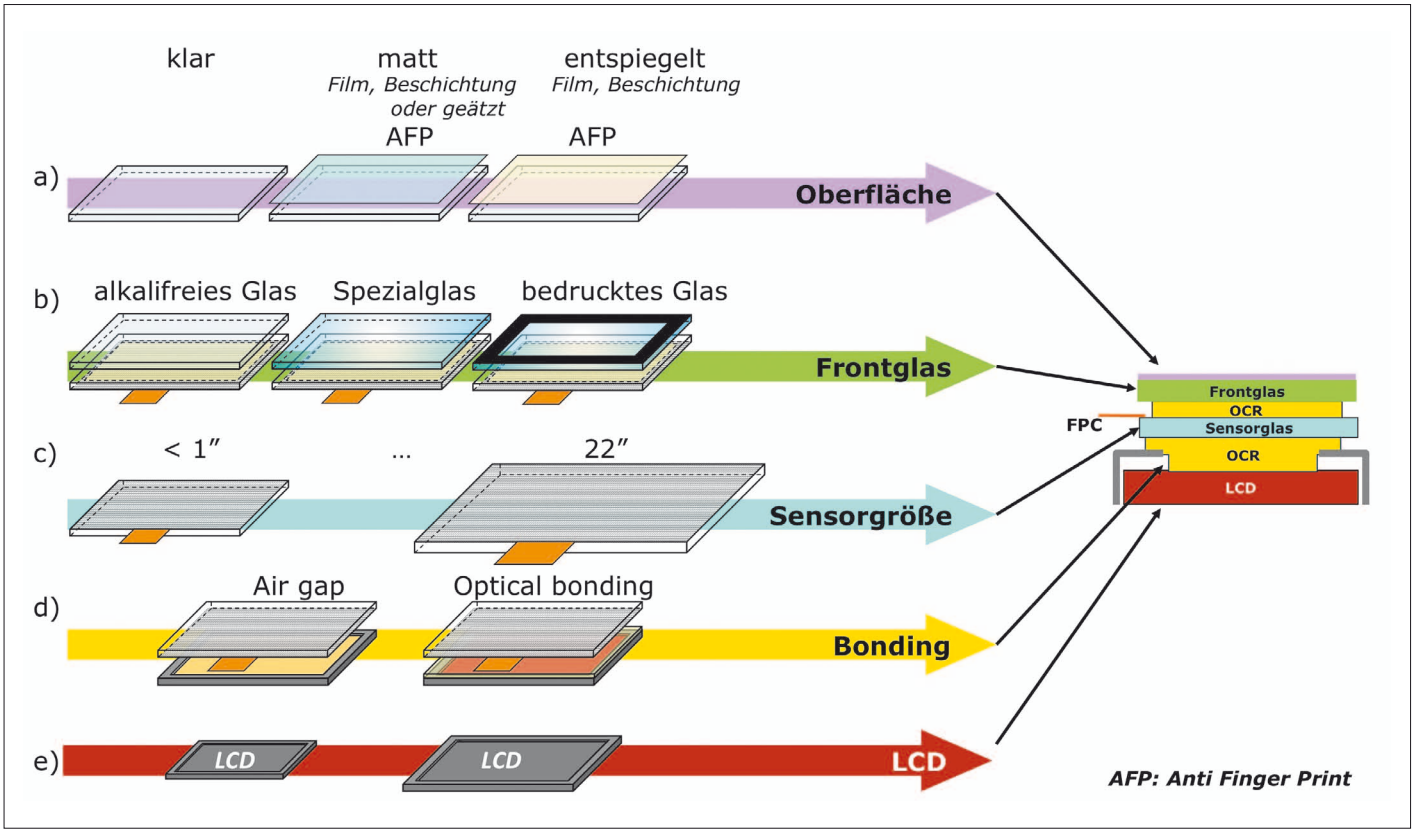

Bild 6: Fertigungsschritte und kundenspezifische Gestaltungsoptionen eines Touchdisplays

On-cell Touch und In-cell Touch

Bei den oben beschriebenen PCAP-Lösungen wird das Sensorglas separat auf das TFT-LCD montiert. Bei der on-cell und der in-cell Technologie werden sie direkt in das TFT-LCD integriert. Der Vorteil liegt in der dünneren und leichteren Bauweise des fertigen Touch-Displays.

Alle in-cell Touchlösungen sind kundenspezifisch. Ein typischer Größenbereich liegt zwischen 4,3 Zoll und 6 Zoll. In-cell Touch-Displays erfordern einen kundenspezifischen IC. On-cell Lösungen lassen sich bis etwa zur doppelten Größe der in-cell Displays herstellen. Sie sind kostengünstig herzustellen und werden eher für low-end Lösungen eingesetzt. Neben den PCAP Touch Displays mit separatem Sensorglas bietet Tianma sowohl in-cell als auch on-cell Lösungen an.

Die Unterschiede im Aufbau zwischen In-cell und On-cell sind in Bild 7 gezeigt.

Zusammenfassung und Ausblick

Ausgehend von den unterschiedlichen Sensorgeometrien wurden die unterschiedlichen Methoden der Touch-Erkennung mit Hinblick auf die Bedienbarkeit mit Handschuhen und bei nasser Oberfläche vorgestellt. Durch die Weiterentwicklung der Controller ist es möglich geworden, Touch-Displays mit nasser Oberfläche und gleichzeitig unter Benutzung von Handschuhen bedienen zu können. Dabei können Dicken des Frontglases über dem Sensor von bis zu 6 mm erreicht werden. Touch-Displays haben aber auch einen ganz anderen Vorteil. Durch die individuelle Gestaltung des Aufbaus (Glassorte, Bedruckung) lassen sich sehr kundenspezifische Displays gestalten.

Tianma bietet dafür alles aus einer Hand: TFT LCD, PCAP Touch Sensor, Verbindung von TFT mit Sensor (optical bonding, air gap bonding) sowie den entsprechenden Controller dazu. Damit wird die optimale Abstimmung aller Komponenten erreicht. Für sehr hohe Stückzahlen, wie sie eher im Verbrauchersegment üblich sind, bieten sich Lösungen mit in-cell oder on-cell touch an. Darüberhinaus hat Tianma auch Displays im Angebot, die die Druckstärke des Touch Signals messen (force touch) und entsprechende Aktionen auslösen können.

Weiterhin gibt es Prototypen von Displays, die bei bestimmten Aktionen eine fühlbare Rückmeldung geben (tactile feedback). Das breite Produktspektrum und die kontinuierliche Weiterentwicklung von neuen Technologien haben bei Tianma eine lange Tradition. ◀

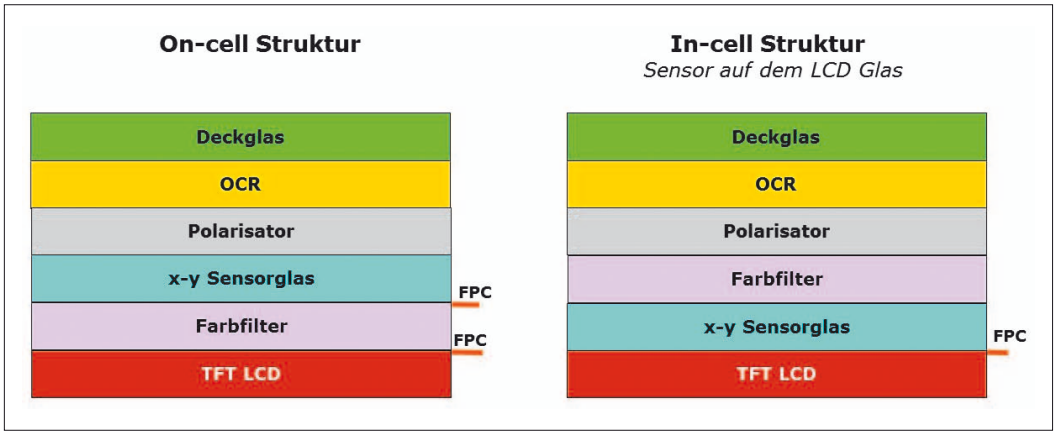

Bild 7: In der On-cell Struktur befindet sich der Sensor auf dem Farbfilter. Es werden zwei FPCs benötigt, um sowohl TFT LCD als auch Sensor ansteuern zu können. Bei der In-cell Struktur wird nur ein FPC benötigt, auch deshalb sind diese Strukturen dünner.