

Printelektronik: Was ist möglich?

GEDRUCKTE ELEKTRONIK. Seit Jahrzehnten werden Prozesse der Drucktechnik in der Elektronikfertigung genutzt. Dieser Trend hat sich stetig beschleunigt und in den letzten Jahren einige Entwicklungen in Gang gesetzt, die es ermöglichen, die traditionelle Technologie des Druckens mit der Herstellung zukunftsweisender Produkte der Elektronik zu verbinden. Was heute in der Printelektronik möglich ist, zeigt dieser Beitrag.

Mit diesem Trend verbindet sich die Hoffnung, dass ausgereifte Druckprozesse mit extrem hohem Durchsatz eine sehr günstige Herstellungstechnik gerade in hohen Volumina darstellen und dass, ungeachtet des Flächenverbrauches, elektronische Geräte extrem flache und flexible Bauformen bekommen. Dies beides soll den Weg zur so genannten Ubiquität (Allgegenwärtigkeit) der Elektronik ebnen.

Für Unternehmen in der Druckindustrie, Maschinenhersteller ebenso wie Druckereien, wird es immer bedeutsamer, sich mit dem Thema »gedruckte Elektronik« auseinanderzusetzen.

Für Maschinenhersteller bedeutet es, sich einen neuen Kundenkreis mit speziellen Ansprüchen zu erschließen, sowohl in der Elektronikfertigung als auch in der traditionellen Druckindustrie. Druckereien hingegen können sich über neue Marktpotenziale hinaus verstärkt differenzieren und dadurch Wettbewerbsvorteile erlangen.

WAS BEDEUTET PRINTELEKTRONIK?

Obwohl dieses Thema schon geraume Zeit diskutiert wird und auch diverse Fach-Konferenzen hervorgebracht hat, ist die Verwirrung außerhalb des Kreises der unmittelbar Forschenden sehr groß, was gedruckte Elektronik überhaupt beinhaltet.

Im eigentlichen Sinne geht es um so genannte Funktionsschichten, die mit einem Druckverfahren appliziert werden können, und dabei speziell um solche Funktionsschichten, die im weitesten Sinne elektrisch nützliche Eigenschaften haben.

Diese Schichten können elektrische Leiter, Halbleiter und Nichtleiter sein, aber auch leuchtende, farbwechselnde, opazitätswechselnde usw. Elemente.

Die verwendeten Materialien basieren überwiegend auf Kunststoff, weshalb die gedruckte Elektronik in Anlehnung an die organische Chemie auch organische Elektronik genannt wird. Davon leiten sich auch solche Namen wie zum Beispiel »Or-

ganische LED« (OLED) und »Organische Feld-Effekt-Transistoren« (OFET) ab.

Die richtige Kombination von Material, Schichtdicke, Schichtfolge und Layout ergibt dann eine Vielfalt von elektrischen Bauteilen und Funktionseinheiten, so dass es heute kaum abzusehen ist, in welche Anwendungen und Produkte diese Technik zukünftig noch einfließen wird.

WAS KANN PRODUZIERT WERDEN?

Tatsache ist jedenfalls, dass neben den elektronischen Grundelementen wie Leiterbahnen, Widerstände, Spulen und Kondensatoren, auch Dioden, OLEDs-Transistoren, Akkumulatoren und photovoltaische Schichten bereits hergestellt werden können. Während einzelne Elemente sehr gute Ergebnisse erzielen, unterliegen die komplexeren Schaltungen allerdings noch ganz erheblichen Einschränkungen bezüglich ihrer Güte.

Deshalb kann diese Herstellungsvariante die konventionelle Elektronik auf Siliziumbasis nicht ersetzen, sondern nur komplementär Anwendungen bedienen. Als Vergleich mag da die Integrationsdichte helfen, die bei gedruckter Elektronik etwa zehn Transistoren pro cm² beträgt (Tendenz steigend), während die konventionelle Halbleiterfertigung etwa 500 Mio. Transistoren pro cm² erzeugen kann.

WIE ENTWICKELT SICH DER MARKT?

Allerdings werden sich in den kommenden Jahren die Materialien in allen Teilen der gedruckten Elektronik noch erheblich weiterentwickeln.

Auch die Polymerelektronik im Sinne einer Herstellung »integrierter« Schaltungen entwickelt sich stetig weiter, wird sich aber für die klassische Druckerei nicht so schnell erschließen, da dieses Feld sehr viele Spezialkenntnisse erfordert, die zurzeit noch nicht

Gedruckte Elektronik

Polymerelektronik	Herstellung	Drucktechniken	Beispiele für Anwendungen
Polymerchips (OFET, et cetera)	Forschung, zukünftig Elektronik-industrie	Siebdruck, Flexo, Inkjet, Offset, Tiefdruck et cetera je nach Komponenten	RFID, Einfache Schaltungen
Displays, OLED	Elektronik und Druckereien	Siebdruck, Flexo, Inkjet	Anzeigen, Beleuchtungen
Spulen, Kondensatoren, Widerstände (Leiterbahnen, RFID-Antennen)	Spezial-Druckereien, Leiterplattenhersteller und Elektronik-industrie	Siebdruck, Flexo	Antennen, flexible Leiterplatten, einfache Verdrahtungen, 1-Bit-Transponder
Organische Photovoltaik	Forschung, zukünftig Elektronik-industrie	Flexo, Tiefdruck	Solarzellen
Batterien, Akkumulatoren	Elektronikindustrie	Siebdruck	Flachbatterien, aktive Transponder
Sensorstrukturen	Elektronikindustrie, zukünftig auch Spezial-Druckereien	Siebdruck, Inkjet	Verschiedenste Sensoren von Feuchte- bis Winkelsensoren
Aktoren	Forschung	Siebdruck	Noch Forschung

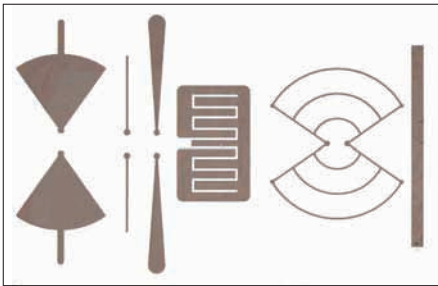


Abbildung 1: Die Länge der gedruckten Dipolantennen ist reziprok proportional zur Arbeitsfrequenz $L_A = \lambda \cdot 2 \times 0,9$ mit $\lambda = C:f$ (L_A : Antennenlänge; λ : Wellenlänge; C : Lichtgeschwindigkeit; f : Frequenz).

öffentlich verfügbar sind. Dadurch ist die Polymerelektronik zur Herstellung kompletter Schaltungen für den Maschinenbau und die Elektronikbranche interessanter als für die allgemeine Druckerei.

ERSTE ANWENDUNGEN. Dieser Erkenntnis folgend ergibt sich für die klassische Druckerei die Notwendigkeit, die Materialentwicklung genau zu beobachten, um die passenden Möglichkeiten zu erkennen. Einige Druckbetriebe haben sich auf einfache Strukturen spezialisiert. Typische Produkte sind Hintergrundbeleuchtung für Anzeigen, Antennen für so genannte Smart Labels und Sensorstrukturen für die Elektronik. Diese Anwendungen ergänzen oftmals die konventionelle Elektronik, wodurch die Druckerei als Zulieferer von Komponenten für die Elektronikindustrie fungiert. Indes werden Druckereien auf diese Weise vielleicht noch mehr Bereiche der gedruckten Elektronik für sich gewinnen, als es jetzt den Anschein haben mag.

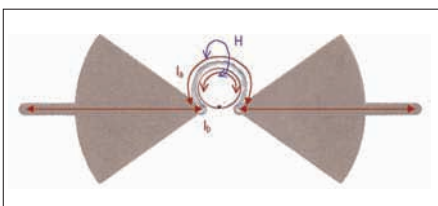


Abbildung 2: Induktiv gekoppeltes Ringmodul mit Dipolantenne; der Strom I_a induziert über sein magnetisches Feld H den Sekundärstrom I_s .

Besondere Chancen zur Weiterentwicklung bieten natürlich Kooperationen mit Forschungsinstituten und gleichgesinnten Industriepartnern. Unter dem Dach einer Forschungsinitiative des Bundes können dabei Entwicklungen, die ein Unternehmen nicht alleine schultern könnte, in einem Konsortium leichter erarbeitet werden.

FORSCHUNGSPROJEKT. Im Rahmen eines »Proinno 2«-Forschungsprojektes des

Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), hat sich die PAV Card GmbH, ein Unternehmen mit einer langen Tradition im Formulareindruck, dem Thema »Gedruckte Antennen für UHF Transponder« zugewandt.

PAV Card hat sich seit seinem Bestehen immer wieder an Forschungsprojekten beteiligt, um neue Produkte und Produktionsverfahren zu entwickeln.

Zusammen mit den Konsortialpartnern Sächsisches Institut für die Druckindustrie GmbH (SID), Fraunhofer IFAM, Polywest Kunststofftechnik GmbH und Panacol-Elosol GmbH wurde das Ziel verfolgt, die Grundlage für gedruckte leitfähige Anten-

genenschaften die Funktion maßgeblich bestimmten (Abbildung 1).

Dabei ist eine spezielle Anordnung entwickelt worden, deren Antenne induktiv mit dem Chipmodul gekoppelt ist. Von dieser Anordnung erhoffen sich die Projektpartner, in nächster Zeit eine effiziente Fertigungsmethode für kontaktlose UHF-Karten ableiten zu können.

Die Anordnung nutzt den Effekt, dass die Stromstärke in der Mitte eines Dipoles in Resonanz am höchsten ist (Abbildung 3). Dadurch kann ein kleines gut abgestimmtes Ringmodul über das von dem Dipol erzeugte magnetische Wechselfeld gespeist werden.

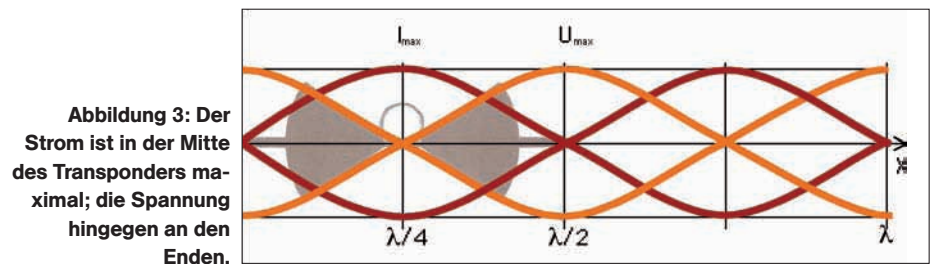


Abbildung 3: Der Strom ist in der Mitte des Transponders maximal; die Spannung hingegen an den Enden.

nenstrukturen für RFID-Etiketten auf der Basis druckbarer und strahlenhärter Leitpasten zu schaffen.

Insbesondere wurde dabei der Fokus auf Offsetdruck und Flexodruck als schnelllaufende Druckverfahren gerichtet. Demgemäß waren die Ansprüche an die Druckfarbe sehr hoch, da zum einen die Leitfähigkeit bei nur wenigen μm Farbauftrag genauso gewährleistet sein musste, wie eine effektive UV-Trocknung bei einem hohen Anteil an elektrisch leitfähigen Partikeln in der Farbe.

Im Ergebnis haben die Partner im Konsortium eine UV-Flexofarbe entwickeln können, die den Anforderungen entspricht und, zum Transponder weiterverarbeitet, eine gute Reichweite erzielte.

Die Reichweiten ergeben sich theoretisch aus der minimalen IC-Leistung P_{RF} und der Verstärkung G_{Label} nach der folgenden Formel:

$$R_{\max} = \sqrt{\frac{EIRP \cdot G_{Label} \cdot \lambda^2}{(4\pi)^2 \cdot P_{RF}}}$$

- P_{RF} : IC-Leistung
- G_{Label} : Label Verstärkung
- R_{\max} : Maximale Reichweite
- EIRP: Übertragene RF Leistung
- λ : Wellenlänge

Dieser theoretische Zusammenhang gilt nur für einen verlustfreien Aufbau mit einer Dipol-Antenne in optimaler Ausrichtung. PAV Card war für die Entwicklung der Transpondermodule und Antennengeometrien verantwortlich, deren elektrische Ei-

genschaften die Funktion maßgeblich bestimmten (Abbildung 1). Die Vorteile dieser spezifischen Geometrie liegen zum einen in der Unempfindlichkeit gegenüber Fertigungstoleranzen zum anderen ist eine elektrische Verbindung zwischen Ringmodul und Dipol nicht mehr notwendig.

Die aktuelle Variante (Abbildung 4) hat ein gedrucktes Ringmodul und 60° gekreuzte Dipole, durch die der Transponder richtungsunabhängiger wird. Die Reichweite dieses Prototyps liegt bei rund 5,5 Meter.

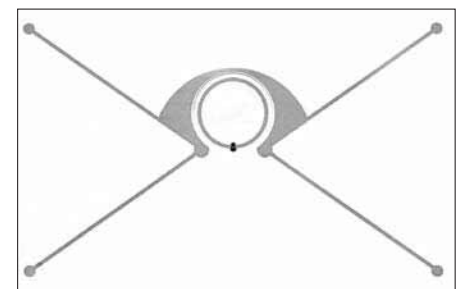


Abbildung 4: UHF-Transponder mit gedrucktem Ringmodul und Chip.

Die noch ausstehende Arbeit wird sich darauf konzentrieren, das Transponder-Layout bei gleich bleibender Reichweite auf eine für die Karte geeignete Größe anzupassen.

Dierk Fruchtenicht

Der Autor Dierk Fruchtenicht ist Leiter der Entwicklung der Firma PAV Card, Lütjensee. Der Beitrag beruht auf einem Vortrag des Autors auf dem Symposium des Sächsischen Instituts für die Druckindustrie GmbH (Leipzig) am 29. November 2007 in Frankfurt am Main.