

Fragen und Lösungen Kapitel 18

1. Welche Vor- bzw. Nachteile besitzen die Si-Standardtechnologie, die Dünnschichttechnologie und die gedruckte Elektronik im Vergleich zur den jeweils anderen Technologie? Was folgt hieraus für die potentiellen Anwendungsgebiete gedruckter Schaltungen im Vergleich zur von Si-Elektronik?

Lösung:

Si-Standardprozess:

Vorteile: Hohe Integrationsdichte, hohe Performance, hohe Zuverlässigkeit, hohe Lebensdauer, Etablierte Technologie

Nachteile: teure und teilweise giftige Ausgangsmaterialien, aufwändiger Prozess, substratgebunden, große Entwicklungs- und Lernzyklen, teurer Prozess

Dünnschichttechnik:

Vorteile: große Substratunabhängigkeit, einfacher Prozess, großflächige Anwendungen möglich, etablierte Technologie

Nachteile: relativ teures Herstellungsequipment, giftige Ausgangsmaterialien, keine flexiblen low-cost Substrate, geringe Performance, geringere Stabilität

Gedruckte Elektronik:

Vorteile: kostengünstig, substratunabhängig, große Materialauswahl, ungiftige Ausgangsmaterialien, einfacher Prozess, schneller Prozessdurchlauf, hoher Durchsatz, großflächige Elektronik möglich, flexible, flache und transparente Elektronik realisierbar

Nachteile: geringe Performance, hohe Strukturgrößen, moderate Stabilität, begrenzte Lebensdauer, unausgereifte Technologie

Anwendungsgebiete:

Standard Siliziumtechnik wird aufgrund der oben genannten Punkte immer dort Anwendung finden, wo es auf hohe Funktionalität auf kleiner Fläche ankommt. Gedruckte Elektronik ist zwar kostengünstiger, bietet aber geringe Performance auf relativ großer Fläche. Man wird sie also überall in kostengünstigen Anwendungen finden, wo die Schaltungsfläche und die elektrische Performance eine untergeordnete Rolle spielen.

2. Erläutern sie den Aufbau und die prinzipielle Funktionsweise einer Schottky-Diode. Wodurch unterscheidet sich der Kennlinienverlauf einer gedruckten Diode (geringe Ladungsträgerbeweglichkeit) von der einer Si-Diode?

Lösung:

Bei einer Schottky-Diode ist ein halbleitendes Material zwischen zwei unterschiedlichen Kontaktmaterialien eingebracht. Das eine Kontaktmaterial ermöglicht einen guten Ladungsträgeraustausch zwischen Kontakt und Halbleiter, das andere Kontaktmaterial bildet aufgrund einer Fehlanpassung der Austrittsarbeiten eine Schottky-Barriere zum Halbleiter aus. Wird eine Spannung in Flussrichtung angelegt, dann wird für die Ladungsträger die Schottky-Barriere abgebaut und der Strom steigt mit der angelegten Spannung exponentiell an. In Sperrrichtung bleibt für die Ladungsträgerinjektion von der Elektrode in den Halbleiter die Schottky-Barriere nahezu konstant und es fließt nur ein geringer Sperrstrom.

Aufgrund der geringen Ladungsträgerbeweglichkeit in gedruckten halbleitenden Materialien wird der Strom in Flussrichtung in einer gedruckten Diode durch die sich aufbauende Raumladung bei hohen Spannungen begrenzt. Man befindet sich im Regime der raumladungsbegrenzten Ströme.

3. Durch welche Kenngrößen lässt sich das elektrische Verhalten einer gedruckten Schottky-Diode beschreiben? Erklären sie kurz deren Bedeutung für das Diodenverhalten.

Lösung:

Barrierenhöhe: Ein Maß für das Gleichrichtungsvermögen der Diode

Idealitätsfaktor n : Ein Maß für die Qualität des Schottky-Kontaktes

Beweglichkeit μ : Sie bestimmt die maximalen Vorwärtsströme und das Schaltverhalten einer gedruckten Diode

Durchlass-Sperrverhältnis: Ein Maß für das Gleichrichtungsverhalten einer Dioden bei niedrigen Frequenzen

4. Gegeben ist eine Diode (Diodenfläche $A_{\text{Dio}}=1\text{mm}^2$) bestehend aus dem Halbleitermaterial P3HT. Die Ladungsträgerbeweglichkeit in diesem Material betrage $\mu = 0.003 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, die Dielektrizitätszahl ϵ_r von P3HT sei $\epsilon_r = 1.8$. Als ohmscher Rückkontakt der Diode wird eine Goldelektrode verwendet, die mit einer Halbleiterschicht der Dicke $L = 150\text{nm}$ bedeckt ist. Eine auf dem Halbleiter aufgebrachte Ti-Elektrode bildet den Schottky-Kontakt der Diode. Die Schottky-Barriere $q \cdot U_B$ zwischen P3HT und Ti liegt etwa bei 0.82 eV , der Idealitätsfaktor beträgt $n = 1.8$. Näherungsweise soll das Feld F am Schottky-Übergang (P3HT-Ti-Grenzfläche) in Sperrrichtung mit $F = (U - U_B)/L$ und die materialabhängige Richardson-Konstante als materialunabhängig mit $A^* = 120 \text{ A cm}^{-2} \text{ K}^{-2}$ angenommen werden. Dabei sei die Diode so verschaltet, dass sie bei Anlegen einer positiven Spannung in Flussrichtung betrieben wird.

Berechnen sie bei Raumtemperatur ($T=300\text{K}$) den Strom durch die Diode bei einer angelegten Spannung von $U=-3\text{V}$, $U=0.3\text{V}$ und $U=3\text{V}$.

(Boltzmannkonstante: $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$, Dielektrizitätskonstante: $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$)

Lösung:

Die Sperrsättigungsstromdichte J_0 der Diode ergibt sich nach Gleichung G19.1 zu:

$$J_0 = A^* T^2 \exp\left(-\frac{q U_B}{kT}\right) = 120 \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-2} \cdot (300 \text{ K})^2 \cdot \exp(-0.82\text{eV}/0.026\text{eV}) = 2.2 \cdot 10^{-7} \text{ A/cm}^2$$

Zunächst soll der Strom durch die in Sperrrichtung gepolte Diode bei $U=-3\text{V}$ berechnet werden. Über den Schottky-Effekt wird dieser feldabhängig (siehe Gleichung G19.2). Das elektrische Feld F am Schottky-Kontakt bei $U=-3\text{V}$ ergibt sich laut Angabe näherungsweise zu $F = |(U - U_B)/L| = |-3.82\text{V}/150\text{nm}| = 2.6 \cdot 10^7 \text{ V/m}$. Damit erhält man gemäß Gleichung G19.2:

$$J_0(F) = J_0 \cdot \exp\left(\frac{q \sqrt{\frac{qF}{4\pi \epsilon_r \epsilon_0}}}{kT}\right) = 53 \mu\text{A/cm}^2$$

Damit fließt ein Strom von $I_0(F) = J_0(F) \cdot A_{\text{Dio}} = 53 \mu\text{A/cm}^2 \cdot 0.01 \text{ cm}^2 = 530 \text{ nA}$ durch die Diode.

In Flussrichtung gilt für kleine Spannungen ($U < 0.5\text{V}$) die Diodengleichung G19.1. Hieraus ergibt sich bei $U=0.3\text{V}$ eine Stromdichte in Flussrichtung von:

$$J = J_0 \left[\exp \left(\frac{qU}{nkT} \right) - 1 \right] = 132 \mu A/cm^2$$

und damit ein Strom von $I = J \cdot A_{Dio} = 132 \mu A/cm^2 \cdot 0.01 cm^2 = 1.32 \mu A$

Bei hohen Spannungen ($U=3V$) ist der Diodenstrom raumladungsbegrenzt und es gilt Gleichung G19.3:

$$J = \frac{9}{8} \epsilon_r \epsilon_0 \mu \frac{U^2}{L^3} = 1.4 A/cm^2$$

bzw. für den Diodenstrom $I = J \cdot A_{Dio} = 1.4 A/cm^2 \cdot 0.01 cm^2 = 14 mA$

5. Welche Transistor-Geometrien sind in der gedruckten Elektronik realisierbar?

Lösung: top gate/bottom contact, top gate/top contact, bottom gate/top contact, bottom gate/bottom contact

6. Welche Kennlinien spielen bei der elektrischen Charakterisierung eines Feldeffekttransistors eine wichtige Rolle? Erklären Sie an den jeweils typischen Kennlinienverläufen die Arbeitsweise eines Feldeffekttransistors im Akkumulationsmodus.

Lösung:

Übertragungskennlinie: Hier wird der Source-Drain-Strom in Abhängigkeit von der Gate-Spannung gemessen. Die Source-Drain-Spannung bleibt während der Messung konstant. Durch das Anwachsen der Gate-Spannung sammeln sich immer mehr Ladungsträger an der Isolator-Halbleiter-Grenzfläche an, die Kanalleitfähigkeit steigt an und damit wächst der Strom zwischen Source- und Drain-Elektrode.

Ausgangskennlinie: Hier wird der Strom zwischen Source- und Drain-Elektrode in Abhängigkeit von der Source-Drain-Spannung gemessen. Die Gate-Spannung bleibt während der Messung konstant. Bei Anlegen einer kleinen S/D-Spannung steigt zunächst der S/D-Strom linear mit der angelegten Spannung an. In diesem Bereich ist die Spannungsdifferenz zwischen Gate- und Drain-Kontakt immer noch sehr hoch, d.h. es befinden sich auch am Drain-Kontakt genügend Ladungsträger an der Isolator-Halbleiter-Grenzfläche. Somit ist über den gesamten Kanal unter der Gate-Elektrode eine gute Kanalleitfähigkeit gewährleistet und der Transistor arbeitet wie ein Widerstand. Durch Anwachsen der Source-Drain-Spannung wird allerdings die Spannungsdifferenz zwischen Drain- und Gate-Elektrode immer stärker abgebaut. Dadurch nimmt auch die Zahl der Ladungsträger im Kanal an der Drain-Elektrode immer stärker ab. Die damit verbundene Erhöhung des Kanalwiderstandes im Drain-Kontaktbereich führt schließlich zu einer Abweichung vom linearen Anstiegsverhalten des Source-Drain-Stromes mit der Source-Drain-Spannung und schließlich zu einem Sättigungsverhalten des Stromes wenn die Source-Drain-Spannung den Wert der Gate-Spannung übersteigt.

7. Durch welche Kenngrößen lässt sich das elektrische Verhalten eines Feldeffekttransistors beschreiben und wie nehmen diese Kenngrößen Einfluss auf die elektrische Performance des Transistors?

Lösung:

On-Strom: Nimmt Einfluss auf die Schaltgeschwindigkeit des Transistors.

Off-Strom: Im Off-Strom spiegelt sich die Restleitfähigkeit des Halbleitermaterials wider.

On-Off-Verhältnis: Es beschreibt das Schaltverhalten eines Transistors und ist eine wichtige Kenngröße beim Schaltungsdesign.

Gate-Leckstrom (ISG): Der Gate-Leckstrom wirkt sich negativ auf die Transistorperformance aus und sollte daher so gering wie möglich sein.

Schwellspannung (U_{th}): Ist ein Korrekturterm, der Einflüsse des Halbleitermaterials (Dotierung, Qualität etc.), des Isolators (Polarisation, Grenzflächeneigenschaften) und der Elektrodenmaterialien (Austrittsarbeiten etc.) berücksichtigt.

Ladungsträgerbeweglichkeit (μ): Maß für die Geschwindigkeit mit der die Ladungsträger an der Halbleiter-Isolator-Grenzfläche transportiert werden können.

8. Gegeben sei ein gedruckter p-Typ Feldeffekttransistor mit einer Kanalweite von $W=3000\mu\text{m}$ und einer Kanallänge von $L=20\mu\text{m}$ (siehe Abbildung). Die Schichtdicke des Isolators betrage $d_{\text{ISO}}=300\text{nm}$ mit einer Dielektrizitätszahl von $\epsilon_r=4$. Elektrisch wird der Transistor durch $\beta = 3 \cdot 10^{-2} \mu\text{A/V}^2$ und einer Schwellspannung von $U_{th} = -2 \text{ V}$ beschrieben.

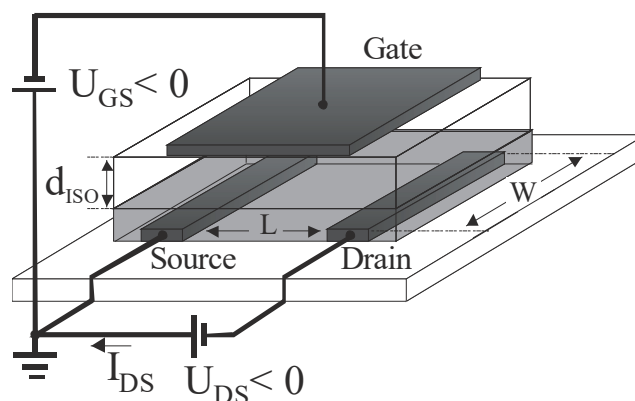


Abb. Dreidimensionale Darstellung eines „top gate – bottom contact“ Feldeffekttransistor mit Beschreibung der Kanallänge L, der Kanalweite W und der Isolatorhöhe d_{iso} sowie der Beschaltung eines p-Typ Transistor (mit freundlicher Genehmigung von R.Blache).

Welcher Drain-Strom fließt bei einer Drain-Spannung von $U_{DS} = -5\text{V}$ und einer angelegten Gate-Spannung von $U_{GS} = -20\text{V}$ durch den Transistor und welchen maximalen Drain-Strom kann der Transistor bei der angegebenen Gate-Spannung treiben? Wie hoch ist die Ladungsträgerbeweglichkeit im verwendeten Halbleitermaterial?

Lösung:

Bei $U_{DS} = -5\text{V}$ und $U_{GS} = -10\text{V}$ befindet man sich im Linearbereich der Transistorkennlinie und der Drain-Strom wird durch Gleichung G19.5. beschrieben. Damit ergibt sich für I_{DS} :

$$I_{DS} = \beta \cdot U_{DS} \cdot (U_{GS} - U_{th} - U_{DS}/2) = 3 \cdot 10^{-2} \mu\text{A/V}^2 \cdot (-5)\text{V} \cdot (-20\text{V} + 2\text{V} + 5\text{V}/2) = 2.3 \mu\text{A}$$

Der maximale Drain-Strom wird im Sättigungsbereich gemessen. Aus Gleichung G19.7 folgt:

$$I_{DS} = \beta/2 \cdot (U_{GS} - U_{th})^2 = 3 \cdot 10^{-2} \mu A/V^2 \cdot 1/2 \cdot (-20V + 2V)^2 = 4.86 \mu A$$

Die Beweglichkeit folgt aus dem Vorfaktor β aus Gleichung G19.6 mit:

$$\beta = \mu \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_{r,ISO}/d_{ISO} \cdot W/L \Rightarrow \mu = \beta/(\epsilon_0 \cdot \epsilon_{r,ISO}/d_{ISO} \cdot W/L)$$

$$\mu = 3 \cdot 10^{-2} \mu A/V^2 / (8.854 \cdot 10^{-12} F/m \cdot 4/300nm \cdot 3000\mu m/20\mu m) = 0.017 cm^2/Vs$$

9. Welche Grundvoraussetzungen muss ein Material erfüllen damit es für gedruckte Elektronik eingesetzt werden kann?

Lösung:

Materialien müssen in Lösung vorliegen, keine unerwünschte Entmischung bei Gemischen, kontrollierte Benetzungs- bzw. Entnetzungseigenschaften, untere Schicht darf nicht angelöst werden, gute Haftung der Schichten untereinander, homogene Schichtbildung/Schichtdicke, mechanisch stabil (flexibel), stabil gegenüber Umwelteinflüssen, verarbeitbar bei Temperaturen unter ca. 150°C, kontrollierbare elektrische Eigenschaften/Wechselwirkungen.

10. Was ist bei der Auswahl des Substratmaterials für gedruckte Schaltungen zu beachten? Welches Material eignet sich daher am besten für eine low-cost Volumenproduktion?

Lösung:

Kosten, elektrisches Verhalten, Temperaturbeständigkeit, chemische Beständigkeit, mechanische Eigenschaften, Oberflächenqualität, Kapselwirkung (Barriere gegenüber Sauerstoff und Wasserdampf).

Bei Betrachtung dieser Eigenschaften eignet sich Kunststofffolie am besten für eine low-cost Volumenproduktion.

11. Welche elektrische Größe zeichnet einen guten Isolator aus?

Lösung: hoher spezifischer Widerstand und eine hohe Durchbruchfeldstärke

12. Welche Materialklassen von Isolatoren gibt es und wo liegen ihre Vor- bzw. Nachteile?

Lösung:

Anorganische Dielektrika: Vorteile: teilweise hohe Dielektrizitätszahl. Nachteile: Verarbeitung im Druck relativ teuer und aufwändig, teils hohe Abscheidetemperaturen, Schichtqualitäten teilweise recht gering.

Organische Dielektrika: Vorteile: Verdruckbarkeit aus einer Lösung, geringe Prozesstemperaturen, kostengünstige Abscheidetechniken. Nachteile: chemische Wechselwirkung mit dem Untergrund, teils geringe thermische und chemische Stabilität.

Mehrkomponentensysteme: Vorteil: elektrische Performance bzw. mechanische Eigenschaften der Schicht gezielt positiv beeinflussbar. Nachteil: komplexeres System.

13. Welche Halbleitermaterialklassen finden in der gedruckten Elektronik Anwendung und wo liegen jeweils die Vor- und Nachteile bei ihrem Einsatz auf diesem Gebiet?

Lösung:

Anorganische Halbleiter (kristallin, polykristallin, amorph, Nanopartikel, Fullerene, Carbon Nanotubes): Vorteile: n/p-Typ Halbleiter verfügbar, hohe Ladungsträgerbeweglichkeiten, sehr gute Stabilität/Lebensdauer, transparente Elektronik möglich. Nachteile: schlechte Filmqualität, schlechte Löslichkeit, schlecht dispergierbar, schlechte Haftung, aufwändige Prozesse/hohe Prozesstemperaturen/Oxidation, brüchig, d.h. nur bedingt geeignet für flexible Elektronik, Prozess häufig schlecht hochskalierbar, teuer in der Verarbeitung.

Organische Halbleiter (kleine Moleküle, Oligomere, Polymere): Vorteile: gute Filmqualität, gute Löslichkeit (Polymere), gute Kompatibilität zum Druck, niedrige Prozesstemperaturen, flexible und kostengünstige Elektronik möglich. Nachteile: nur gute p-Typ Halbleiter verfügbar, geringe Ladungsträgerbeweglichkeiten, geringe Stabilität/Lebensdauer, keine ausgereiften Materialien

Halbleitende Mischsysteme: Vorteil: elektrische Performance bzw. mechanische Eigenschaften der Schicht gezielt positiv beeinflussbar. Nachteil: komplexeres System.

14. Mit welchen Materialien lassen sich in der gedruckten Elektronik leitfähige Strukturen realisieren?

Lösung:

Anorganische Leiter (Metalle, Nanopartikel, Carbon Nanotubes), organische Leiter

15. Auf welchem Effekt beruht die hohe Leitfähigkeit mancher organischer Materialien?

Lösung: geeignete Dotierung

16. Durch welche Anforderungen an die Drucktechnik unterscheidet sich die gedruckte Elektronik vom Standard-Druck?

Lösung:

Anforderungen an Drucktechniken

	Standard-Druck	gedruckte Elektronik
Ziel	visuelle Informationsübertragung	Herstellung elektronischer Schaltungen
Fokus	hohe visuelle Qualität	gute elektrische Performance
Strukturgrößen	10-100 μm	gewünscht kleiner 1 μm
Schichtdicken	μm -Bereich	nm-Bereich

17. Durch welche Größen wird das drucktechnische Verhalten einer Tinte charakterisiert? Beschreiben Sie kurz deren Bedeutung.

Lösung:

Oberflächenenergie/Oberflächenspannung: Maß für die Stärke der Bindungen in einer Flüssigkeit, sowie für die Affinität zw. einer Flüssigkeit und einer Festkörperoberfläche

Rheologie: Beschreibt die Verformung und das Fließverhalten eines Materials abhängig von z.B. Krafteinwirkung, Fließrate, Temperatur, Grad der Verformung etc.

Viskosität: Beschreibt die Kraftwirkung zwischen den Molekülen und damit die Zähigkeit bzw. innere Reibung einer Flüssigkeit.

Züigkeit: Beschreibt die Kraft für das Spalten (Übertrag der Tinte von A nach B) einer Tinte beim Druck.

Adhäsion: Beschreibt die molekulare Wechselwirkung an der Grenzfläche zweier Materialien (Haftung).

Kohäsion: Beschreibt die molekulare Wechselwirkung innerhalb eines Materials (mechanische Stabilität der Schicht).

18. Welche Drucktechniken gibt es und wodurch unterscheiden sich die digitalen von den herkömmlichen Drucktechniken?

Lösung:

Herkömmliche Drucktechniken (Hochdruck, Tiefdruck, Tampondruck, Offsetdruck, Siebdruck),

Digitale Drucktechniken (Tintenstrahldruck, Elektrographie, Thermographie, Magnetographie). Die digitalen Drucktechniken besitzen im Gegensatz zu den herkömmlichen Druckverfahren keine feste Druckform.

19. Beschreiben Sie kurz die Vorgänge beim Hochdruck, Tiefdruck, Tampondruck, Offsetdruck, Siebdruck und Tintenstrahldruck. Wo werden diese Methoden vorwiegend eingesetzt und wo liegen ihre Vor- bzw. Nachteile allgemein und insbesondere bezüglich gedruckter Elektronik?

Lösung:

Hochdruck

- 1. Die Tinte wird auf eine Rasterwalze übertragen*
 - 2. Überschüssige Tinte wird von einer Rakel abgestreift*
 - 3. Die erhabenen Stellen der Hochdruckwalze übernehmen die Tinte von der Rasterwalze*
 - 4. Die Tinte wird schließlich von der Druckwalze (Druckform) auf das Substrat übertragen*
- Vorteile: Rolle-zu-Rolle Anwendung möglich, auch niederviskose Polymerlösungen verdruckbar. Nachteile: keine dicken Schichten möglich, gerade beim Flexodruck geringe Walzenstandzeiten.*

Tiefdruck:

- 1. Die Näpfchen werden im Tintenreservoir mit Tinte gefüllt.*
 - 2. Überschüssige Tinte außerhalb der Näpfchen wird mit der Rakel abgestreift.*
 - 3. Die Tinte wird durch Andruck mit einer Gegendruckwalze (Presseur) aus den Näpfchen auf den Bedruckstoff übertragen*
 - 4. Das bedruckte Substrat wird getrocknet.*
- Vorteile: hohe Druckqualität, Rolle-zu-Rolle-Druck kompatibel, Verwendung niederviskoser Tinten möglich. Nachteile: hohen Kosten für Rasterwalzen, die schlechte Kantenschärfe, erhebliche Explosionsgefahr, dickere Schichten ($> 1\mu\text{m}$) schwierig.*

Tampondruck:

- 1. Die Farbe wird auf die Druckform (Klischee) aufgebracht.*
- 2. Die Farbe wird mit Hilfe einer Rakel in die Vertiefungen der Druckform (Klischee) gedrückt.*
- 3. Der Tampon aus Silikon wird auf das Klischee gedrückt*
- 4. Beim Abheben wird die Tinte vom Klischee an den Tampon abgegeben*
- 5. Durch Andrücken des Tampons auf den Bedruckstoff wird die Tinte übertragen.*

Vorteile: Bedrucken gekrümmter Flächen möglich, hohe Registergenauigkeit. Gute Auflösung. Nachteile: relativ langsam, limitiert auf das Bedrucken kleiner Flächen.

Flachdruck/Offsetdruck

1. Die auf dem Plattenzylinder aufgespannte Druckplatte (meist aus Aluminium) nimmt an ihren nicht druckenden Stellen Wasser an, das von den Walzen des Feuchtwerks aufgetragen wird.

2. Danach nimmt der Plattenzylinder an den druckenden Stellen fetthaltige Druckfarbe an, die vom Farbwerk geliefert wird. Die Farbe wird von den wasserhaltigen Stellen der Platte abgestoßen.

3. Die Platte überträgt das seitenrichtige Druckbild seitenverkehrt auf das Gummituch, das auf dem Gummizylinder aufgespannt ist.

4. Das Gummituch überträgt das nun seitenverkehrte Bild wieder seitenrichtig auf den zwischen Druckzylinder und Gummizylinder durchlaufenden Bedruckstoff (z.B. Papier).

Vorteile: Hohe Druckgeschwindigkeiten, relativ niedrige Druckplattenkosten. Auch Auflösungen kleiner 10µm möglich. Nachteil: Quellen des Bedruckstoffes und daher mit Dimensionsänderungen möglich, niederviskosen Polymerlösungen schwer zu verdrucken.

Siebdruck/Durchdruck:

1. Die Tinte wird auf das Sieb aufgebracht. Dabei befindet sich das Sieb nicht in Kontakt mit dem Bedruckstoff.

2. Mit einer Rakel wird lokal das Sieb an den Bedruckstoff und gleichzeitig die Tinte durch die Öffnungen im Gewebe gedrückt.

3. Nach der Rakel hebt sich das Sieb durch die Siebspannung wieder vom Bedruckstoff ab, während die Tinte am Bedruckstoff haften bleibt.

Vorteile: recht einfache aber sehr flexible Druckmethode, großflächig anwendbar, Herstellung dicker Schichten. Nachteil: geringe Auflösung

Tintenstrahldruck

Druckvorgang beim kontinuierlichen Tintenstrahldruck:

1. Tinte wird kontinuierlich aus einer Düse abgegeben

2. Elektrostatisches Ablenken des Strahles beim Druck

3. Unverbrauchte Tinte wird zurückgeführt

Druckvorgang bei der „Drop on Demand“-Technik:

1. Tinte wird nur bei Bedarf durch kurzzeitiges Erhitzen („bubble jet“) oder piezo-gesteuert aus der Düse abgegeben.

Vorteile: flexibles Druckverfahren, ohne feste Druckform. Nachteile: Pixelierung und damit ein schlechtes Druckbild, relativ langsames Druckverfahren