Fotolackfreier, semi-additiver Herstellungsprozess für Flex-(Folien)-Leiterbahnen

Kategorien	Copyright?	Bezugsjahr:	Geographischer Bezug:
▪ Mikroelektronik Produktion ▪ CO_2-Bilanz eines Fertigungsprozesses	Ja	2023	Deutschland

Technologiebeschreibung:

Das Verfahren wurde als Technologie für die ressourceneffiziente Herstellung feiner Leiterbahnen auf großflächigen flexiblen Polymersubstraten entwickelt und ist mit einem Rolle-zu-Rolle-Fertigungsformat kompatibel. Die Idee besteht darin, den üblich verwendeten Fotolack durch eine selbstpassivierte Aluminiumschicht zu ersetzen, die auf die Kupferkeimschicht aufgebracht wird. Da auf den Lithografieprozess verzichtet werden kann, entfällt die Notwendigkeit für Lithografiechemikalien wie Fotolack, lösungsmittelbasierte Entwickler und Entferner, die typischerweise eine hohe Umweltbelastung darstellen. Durch den Verzicht auf die Fototechnologie bietet das vorgestellte Verfahren den Vorteil, dass es besonders gut für flexible strukturelle Anforderungen geeignet ist, wie beispielsweise für die Prototypenfertigung oder die Herstellung kleiner Stückzahlen.
Im Verfahren wird zunächst ein vollflächiger Metallschichtstapel, bestehend aus einer Chrom-Haftschicht, einer Kupferkeimschicht und einer Aluminiummaskenschicht, mittels Sputterverfahren auf einer Polymerfolie aufgebracht. In einem nachfolgenden Prozessschritt wird die Kupferschicht selektiv galvanisch verstärkt. Die Leiterbahnen werden durch selektives Abtragen der Aluminiumschicht mittels Ultrakurzpulslaser definiert. Bei sorgfältiger Anpassung der Laserenergie kann das Aluminium vollständig entfernt werden, ohne die darunter liegende Kupferschicht zu beschädigen. Im anschließenden Beschichtungsprozess werden nur die aluminiumbedeckten Bereiche von der Kupferabscheidung geschützt; in den Bereichen, in denen das Aluminium entfernt wurde, wird die Kupferkeimschicht verstärkt. Schließlich werden sowohl die Aluminiumschicht als auch die Kupferkeimschicht durch nasschemisches Ätzen entfernt. Die verstärkten Bereiche verbleiben und bilden die Leiterbahnen.
Typische Werte für die endgültige Kupferdicke sind 3 µm und für die Space-Line-Auflösung 50 µm.

Bezugsgröße:

Die bewertete funktionelle Einheit war ein Prozessdurchlauf des Herstellungsprozesses, der zu einer vollständig entwickelten Filmrolle für jeden der Prozesse führte. Eine Folienrolle ist 30 m lang und 215 mm breit, was einer Fläche von 6,45 m² entspricht. Die Ergebnisse werden für einen Prozessdurchlauf angegeben.

Copyright:

Fraunhofer EMFT - Dieser Datensatz ist im öffentlich geförderten Projekt Green ICT @ FMD entstanden und ist zu 100% vom BMBF gefördert. mehr Informationen

Systemgrenzen:

Cradle-to-gate

Datenqualität, -herkunft:

Die Prozessdaten wurden am Fraunhofer EMFT im Rahmen einer Forschungsumgebung erhoben. Die Daten beziehen sich ausschließlich auf die Prozessdaten; andere Aspekte der Fertigungsumgebung, wie z.B. die Raumbelüftung, wurden nicht berücksichtigt.
Hintergrunddaten wurden mit Sphera LCA for Experts und ecoinvent v3.9 modelliert. Für den Energieverbrauch wurde ein deutscher Energiemix verwendet.
Das für den Prozess eingesetzte Substrat ist eine Polyimidfolie. Da keine spezifischen Literatur- oder Modellierungsdaten für Polyimidfolie verfügbar waren, wurde stattdessen PET-Folie verwendet, da diese ebenfalls am Fraunhofer EMFT für vergleichbare Anwendungen genutzt wird. Der Argonbedarf für das Sputtern wurde basierend auf internen Berechnungen abgeschätzt.
Die Galvanikbäder werden nach einer festgelegten Zeit gewechselt, nicht nach dem Durchsatz oder der Anzahl der Durchläufe. Daher wurde der Durchsatz auf Grundlage der Anzahl der Arbeitstage im Jahr geschätzt (230

Arbeitstage, ein Durchlauf dauert etwa drei Arbeitstage). Es wurde von 75 Durchläufen pro Jahr und somit auch pro Bad ausgegangen. Die Menge der benötigten Chemikalien wurde entsprechend berechnet.
Strom- und Materialverbrauch während der einzelnen Prozessschritte wurden intern erfasst. Beim Ätzprozess wurde angenommen, dass ein Becken mit Ätzchemikalien für sechs Prozessläufe ausreicht, bevor es ausgetauscht wird. Die chemische Belastung wurde entsprechend verteilt. 0,33 kg Kaliumhexacyanoferrat(III), das ebenfalls für den Ätzprozess benötigt wird, wurden vernachlässigt, da keine Modellierungsdaten vorlagen.
Bei den Outputs wurde angenommen, dass die Metalle entsprechend ihrer Materialart recycelt werden. Für die Chemikalien wurde angenommen, dass Filtermechanismen feste Abfälle, die als gefährlich gelten, und Abwasser erzeugen. Der Transport von Abfällen wurde nicht berücksichtigt. Abwässer aus der Reinigung der Chemikalienbecken wurden berücksichtigt. Folienabfälle werden als Gewerbeabfälle behandelt. Die Entsorgung von Argon wurde nicht berücksichtigt.

Datenübersicht:

Einsparpotential

	Menge	Einheit	Menge	Einheit
Global Warming Potential	57,9	kg CO_2e/Rolle	9,0	kg CO_2e/m^2

Sachbilanz

Inputs	Menge	Einheit	Menge	Einheit
1 – Sputtering (Copper/Aluminium)				
PET sheet	6,45	m²/Rolle	1,00	m²
Copper	0,21	kg/Rolle	0,033	kg/m²
Aluminium	0,022	kg/Rolle	0,0034	kg/m²
Chromium	0,00572	kg/Rolle	0,00089	kg/m²
Electricity	38,22	kWh/Rolle	5,93	kWh/m²
Argon	15,10	L/Rolle	2,34	L/m²
2 – Laser patterning				
Prepared foil	1	Rolle	1,00	m²
Electricity	11,78	kWh/Rolle	1,83	kWh/m²
3 – Electroplating				
Patterned foil	1	Rolle	1,00	m²
Copper sulfate	0,0804	kg/Rolle	0,012	kg/m²
Copper anode	0,038	kg/Rolle	0,006	kg/m²
Water (deionised; desalted)	15	L/Rolle	2,33	L/m²
Electricity	4589	kWh/Rolle	711,47	kwh/m²
4 – Etching (Aluminium/Copper/Chromium)				
Plated foil	1	Rolle	1,00	m²
Sodium hydroxide	0,34	kg/Rolle	0,05	kg/m²
Sodium persulfate	1,67	kg/Rolle	0,26	kg/m²
Water (deionised; desalted)	38,67	L/Rolle	6,00	L/m²
Electricity	6,1	kWh/Rolle	0,95	kWh/m²

Outputs	Menge	Einheit	Menge	Einheit
1 – Sputtering (Copper/Aluminium)				
Prepared foil	1	Rolle	1,00	m²
Copper waste	0,197	kg/Rolle	0,03	kg/m²
Copper- and aluminium-clad foil (waste)	3,36	m²/Rolle	0,52	m²/m²
Aluminium waste	0,02	kg/Rolle	0,003	kg/m²
Chromium waste	0,00526	kg/Rolle	0,0008	kg/m²
2 – Laser patterning				
Patterned foil	1	Rolle	1,00	m²
3 – Electroplating				
Plated foil	1	Rolle	1,00	m²
Hazardous waste	0,0804	kg/Rolle	0,012	kg/m²
Waste water	15	L/Rolle	2,44	L/m²
Waste water for cleaning	13,33	L/Rolle	2,07	L/m²
4 – Etching (Aluminium/Copper/Chromium)				
Finshed foil	1	Rolle	1,00	m²
Hazardous waste	2,01	kg/Rolle	0,31	kg/m²
Waste water from process	38,67	L/Rolle	6,00	L/m²
Waste water for cleaning	39,99	L/Rolle	6,20	L/m²