



Leseprobe

Räumliche elektronische Baugruppen (3D-MID)

Werkstoffe, Herstellung, Montage und Anwendungen für spritzgegossene
Schaltungsträger

Herausgegeben von Jörg Franke

ISBN (Buch): 978-3-446-43441-7

ISBN (E-Book): 978-3-446-43778-4

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43441-7>

sowie im Buchhandel.

1

Mechatronische Integrationspotenziale durch MID

C. Goth, T. Kuhn

Die Anforderungen an elektronische Baugruppen hinsichtlich Ihrer Funktionalität, Integrationsdichte, Zuverlässigkeit und Kosten sind entsprechend den unterschiedlichen Anwendungsgebieten enorm gestiegen, wodurch der Bedarf an mechatronischen Lösungskonzepten forciert wird. Insbesondere spritzgegossene Schaltungsträger, engl. Molded Interconnect Devices (MID), ermöglichen durch die hohe Gestaltungsfreiheit die Realisierung hochintegrierter Systeme und damit ein enormes Rationalisierungspotenzial im Hinblick auf den Produktionsprozess. In die wesentlichen technologischen Grundlagen, mögliche Anwendungsfelder und aktuelle Technologieentwicklungen wird in diesem Kapitel eingeführt.

■ 1.1 Technologische Grundlagen

1.1.1 Definition und Grundprinzip

MID ist die Abkürzung für *Molded Interconnect Devices* und wird im Deutschen auch als spritzgegossene Schaltungsträger bezeichnet. Durch die beliebige Gestaltungsfreiheit des Spritzgießprozesses und die strukturierte Metallisierung können in MID-Teile direkt mechanische und elektrische, aber auch andere, wie z. B. optische, fluidische und thermische Funktionalitäten integriert werden. Für die Herstellung des Grundkörpers können dabei wie für das Aufbringen der leitfähigen Strukturen unterschiedlichste Verfahren zum Einsatz kommen. Das Grundprinzip veranschaulicht Bild 1.1.

Eine Erweiterung des Begriffs MID zu *Mechatronic Integrated Devices* berücksichtigt, dass dreidimensionale Formteile mit integrierter Leiterstruktur nicht zwingend spritzgegossen und aus Kunststoff sein müssen, sondern auch aus anderen Materialien wie z. B. Keramik hergestellt werden können [50]. Solche Mechatronic Integrated Devices werden immer bedeutsamer, da durch die neuen Substratmaterialien auch neue Strukturierungsverfahren eingesetzt werden können, die

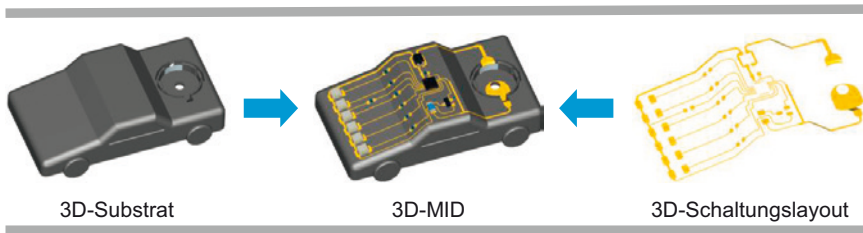


BILD 1.1 Grundprinzip der MID-Technologie

den Zugang zu weiteren oder weiterreichenden Funktionalitäten und damit Anwendungsbereichen möglich machen.

Allerdings ist für das Verständnis von MID entscheidend, dass neben einer räumlichen Integration auch eine stoffliche Verbindung zwischen den Komponenten zur Erfüllung der Funktionsvielfalt erfasst wird. Mechatronische Systeme entstehen dagegen häufig auch durch die Kombination von Einzelkomponenten, die mittels konventionellen Aufbautechnologien hergestellt werden und damit sind diese Art funktionsintegrierter Baugruppen aus modularen Einzelkomponenten aufgebaut. Der häufig verwendete Begriff dreidimensionale Leiterplatte trifft nicht die Stärken der Technologie MID, die sich erst durch das Zusammenspiel verschiedener Funktionen aus unterschiedlichen Disziplinen und nicht der isolierten Erweiterung eines Gebietes ergeben. Eine Abgrenzung zu verwandten Technologiefeldern erfolgt in Kapitel 1.1.6. [59], [113], [129]

1.1.2 Geometrische Klassifizierung

Zur exakten geometrischen Klassifizierung spritzgegossener Schaltungsträger ist eine eindeutige Definition der verschiedenen räumlichen Ausprägungen sinnvoll. In [51] wurde eine bis heute verwendete geometrische Klassifizierung der möglichen Baugruppen eingeführt, die in Bild 1.2 mit aktuellen Beispielen aus der MID-Technik veranschaulicht wird. Es werden dabei die Anordnung und die Form der strukturierten und bestückten Prozessflächen betrachtet. Daraus können die Anforderungen an den Fertigungsprozess abgeleitet werden. Eine Zuordnung der Schaltungsträger zu den einzelnen Klassen muss in Abhängigkeit des betrachteten Prozessschrittes erfolgen. Für die Montage elektronischer Bauelemente ist die Verteilung der Bauelemente auf den Prozessflächen entscheidend, für die Funktionalisierung mit leitfähigen Strukturen dagegen die Applizierung des Leiterbildes. Es existieren räumliche Baugruppen in den Kategorien $2\frac{1}{2}D$, $n \times 2D$ und $3D$.

Konventionelle Leiterplatten, für die Standardbestückungsautomaten verwendet werden, sind reine Flachbaugruppen in $2D$ (Klasse 0) mit rein planaren









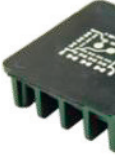





2D	2½D			n x 2D	3D	
0	1A	1B	1C	2	3A	3B
Planare Prozessfläche	Planare Prozessfläche 3D-Elemente auf der gegenüberliegenden Seite	Planare Prozessfläche 3D-Elemente auf der Prozessseite	Mehrere planparallele Prozessflächen	Mehrere planparallele Prozessflächen im Winkel	Regelflächen (z. B. Zylinderflächen)	Freiformflächen
						
						

BILD 1.2 Geometrische Klassifizierung räumlicher Schaltungsträger [51]

[Bildquellen: FAPS, TRW Automotive Safety Systems, HARTING Mitronics, Kromberg & Schubert]

Prozessflächen. Die Dimension 2½D weist dagegen zusätzlich zu den ebenen oder planparallelen Prozessflächen auch geometrische Elemente in z-Richtung auf. Innerhalb dieser Klasse können noch detailliertere Unterscheidungen vorgenommen werden. So ist die Klasse 1A durch ebene Prozessflächen mit zusätzlichen räumlichen Elementen (z. B. Kühlrippen) auf der gegenüberliegenden Seite gekennzeichnet. Die Klasse 1B hat 3D-Elemente (z. B. Verbindungselemente) auf der Prozessfläche, die Klasse 1C mehrere planparallele Prozessflächen. Schaltungsträger der Dimension $n \times 2D$ der Klasse 2 bestehen aus mehreren Prozessflächen, die zueinander im Winkel angeordnet sind. Applikationen in 3D werden nach Regelflächen (Klasse 3A) oder Freiformflächen (Klasse 3B) unterschieden. [51]

1.1.3 Potenziale der 3D-MID-Technologie

Die Potenziale der MID-Technologie entstehen durch die geometrische Gestaltungsfreiheit in Kombination mit der Möglichkeit zur selektiven Strukturierung und

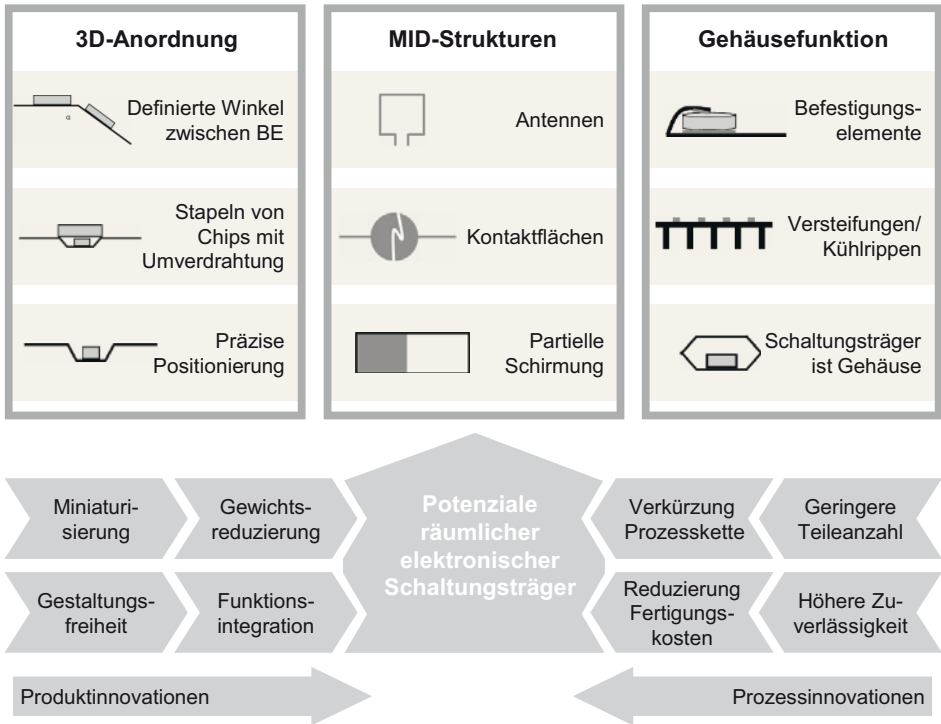


BILD 1.3 Potenziale räumlicher elektronischer Schaltungsträger

Metallisierung. Die 3D-Anordnung ermöglicht definierte Winkel zwischen Bauelementen, das Stapeln und präzise Positionieren von Chips sowie die Erzeugung von Kavitäten. Die Flexibilität des MID-Layouts erlaubt somit die integrierte Darstellung von Kontaktflächen zur Realisierung von Schaltern oder Sensoren sowie passive elektrische Funktionen (z. B. Kapazitäten, Induktivitäten oder Widerstände) und Antennen zum Senden oder Empfangen elektromagnetischer Wellen. Durch eine partiell vollflächige Metallisierung können Abschirmungen zum Schutz vor elektromagnetischer Ein- und Ausstrahlung sowie Kühlflächen zur Abführung elektrischer Verlustleistung abgebildet werden. Durch eine entsprechende geometrische Auslegung lassen sich z. B. Befestigungselemente, Versteifungen und Kühlrippen direkt ins Gehäuse integrieren (Bild 1.3).

Durch den Einsatz der Technologie MID, verbunden mit einer fertigungsoptimalen und funktionsorientierten Produktentwicklung, kann so ein enormes Rationalisierungspotenzial erschlossen werden und sowohl der Produktaufbau als auch der Fertigungsprozess optimiert werden. Produktinnovationen ergeben sich dabei insbesondere durch eine entsprechende Miniaturisierung, Gewichtsreduzierung und die bereits genannte Funktionsintegration. Diese wiederum wird vor allem durch die nahezu unbegrenzte 3D-Gestaltungsfreiheit ermöglicht.

Durch eine Verkürzung der Prozesskette, eine geringere Teileanzahl, eine Reduzierung der Fertigungskosten und eine höhere Ausbeute kann der Fertigungsprozess optimiert werden. Ein großer Vorteil ist hierbei die Reduzierung der Schnittstellen durch die Systemintegration, wodurch die Herstellung vereinfacht und gleichzeitig die Zuverlässigkeit gesteigert werden kann. Eine höhere Ausbeute kann durch das Vorsehen von Montagehilfen gemäß Poka Yoke erreicht werden, insbesondere bei der Anbindung des MID an die Peripherie, aber auch durch die reduzierte Teileanzahl.

Der Aspekt der Umweltverträglichkeit ist ein zusätzlicher Vorteil. MID werden meist aus rezyklierbaren Thermoplasten hergestellt und sind unkritisch bei der Entsorgung, zudem werden der Materialverbrauch und die Werkstoffvielfalt reduziert. [51]

Die Summe der Vorteile steigert damit auf der einen Seite die Wettbewerbsfähigkeit der Produzenten elektronischer bzw. mechatronischer Systeme. Auf der anderen Seite erhöhen sich dadurch aber auch der Kundennutzen bzw. die Möglichkeiten der Anwender und Systemhersteller zur Optimierung des Gesamtsystems.

1.1.4 MID-Referenzprozess

Zur Herstellung der Schaltungsträger existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren, die anhand der genannten Kriterien auszuwählen sind. Zu den wichtigsten Verfahren gehören das Zweikomponentenspritzgießen, das Laserstrukturieren (additiv und subtraktiv), das Heißprägen und das Folienhinterspritzen. Darüber hinaus wächst die Bedeutung der Drucktechnologien und Plasmaverfahren. Das Maskenverfahren und die Primertechnologie sind dagegen Verfahren, deren Bedeutung im Umfeld MID untergeordnet zu betrachten ist, ebenso die physikalischen Verfahren im Bereich der Metallisierung.

Alle Verfahren orientieren sich dabei am übergeordneten Referenzprozess MID (Bild 1.4). Dieser umfasst drei Prozessstufen zur Herstellung des unbestückten MID-Teils sowie eine weitere Prozessstufe zur Komplettierung der MID-Baugruppe durch die verschiedenen Verbindungstechniken [58]. Für MID sind dabei vor allem das Löten, das Leitleben, das Drahtbonden und die Einpresstechnik relevant. Die verschiedenen Herstellverfahren für das MID-Teil werden in Kapitel 3 beschrieben, die Verbindungstechniken in Kapitel 5 fokussiert. Ähnliche Referenzprozesse für die Technologie MID werden beispielsweise auch in [51], [58], [63] vorgestellt. Das vorliegende Buch als Standardwerk zur MID-Technik verfolgt das Ziel, die möglichen Prozessketten umfassend abzudecken, wobei die für die MID-Technologie relevanten Herstellungsverfahren detaillierter betrachtet werden.

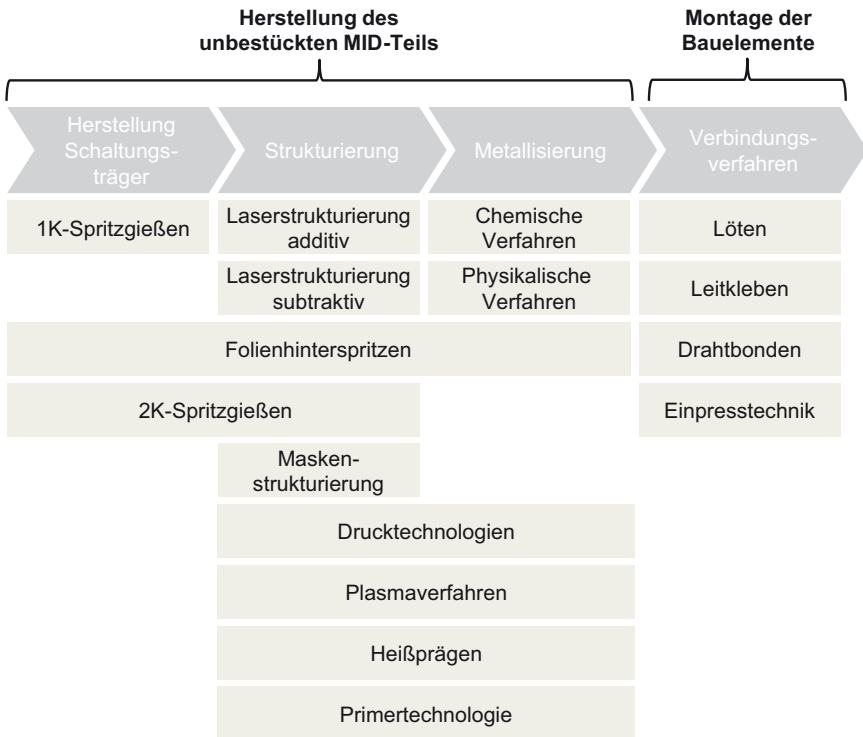


BILD 1.4 Referenzprozess MID [51], [58], [63]

1.1.5 Einflussfaktoren auf die Technologieauswahl

Die Entscheidung für eine bestimmte Technologie oder ein Material findet im Spannungsfeld zwischen den Anforderungen des Marktes an ein Produkt und der Leistungsfähigkeit verschiedener Ausführungsmöglichkeiten statt. Die besondere Schwierigkeit zur optimalen Nutzung der technologischen, ökonomischen und ökologischen Potenziale der MID-Technologie liegt in einem integrierten Produkt-, Gestaltungs- und damit auch Denkansatz. Die nötigen Entscheidungsprozesse sind oftmals von höherer Komplexität als bei herkömmlichen Technologien und stellen an den einzelnen Mitarbeiter wie auch die Unternehmensorganisation relativ hohe Anforderungen. Um zu der idealen Auslegung eines MID zu kommen, ist die Berücksichtigung einer Vielzahl an Einflussfaktoren wichtig. [135]

Die Herausforderungen für die Fertigung optimaler MID-Baugruppen sind die gleichzeitige Berücksichtigung der technischen Anforderungen (Stromtragfähigkeit, chemische und thermische Beständigkeit), die an das jeweilige Produkt gestellt werden sowie die Möglichkeiten der MID-Herstellungsprozesse und der eingesetzten Materialien (Bild 1.5). Es existieren Designrichtlinien und Datenblätter für die zum

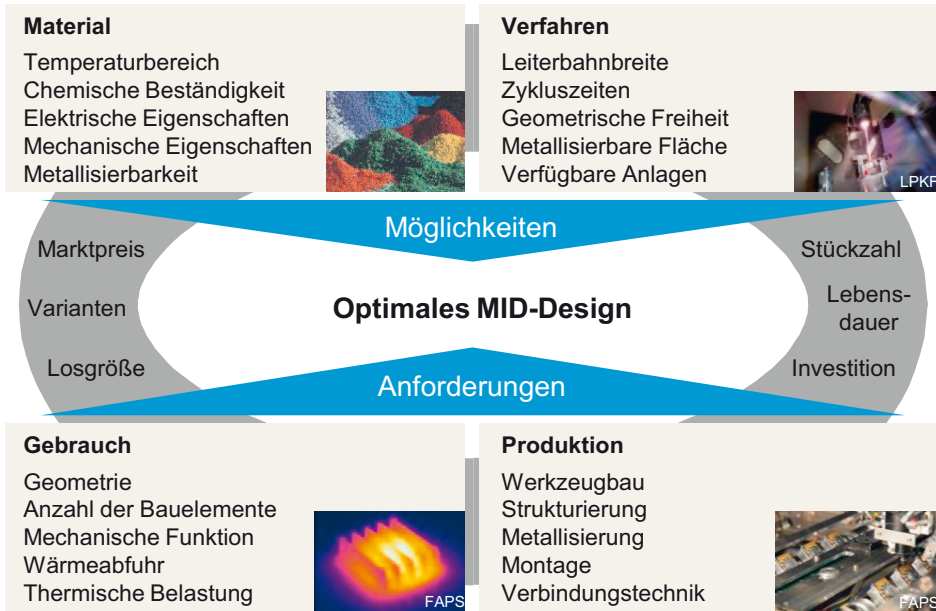


BILD 1.5 Entscheidungsfindung für MID im Kontext der Möglichkeiten und Anforderungen [129]

Teil spezifisch entwickelten MID-Materialien. Hinzu kommt die Berücksichtigung der wirtschaftlichen Perspektive, da in vielen Fällen die Kosten und damit der Preis für den Erfolg der jeweiligen Innovation entscheidend sind.

Für die Realisierung einer elektronischen Baugruppe auf Basis spritzgegossener Schaltungsträger sind die Materialauswahl und ein anforderungsgerechtes Strukturierungsverfahren entscheidend. Prinzipiell muss der Substratwerkstoff den Einsatzbedingungen und der eingesetzten Verbindungstechnologie gerecht werden. Ein wichtiger Faktor ist dabei eine haftfeste Metallisierung, da diese einen großen Einfluss auf die Langzeitzuverlässigkeit der Baugruppe hat.

1.1.6 Abgrenzung zu verwandten Technologiefeldern

Eine Differenzierung der Technologie MID gegenüber Stanzgitter-, Leiterplatten- und Folientechnik kann aufgrund der spezifischen Potenziale, die in Kapitel 1.1.3 beschrieben werden und die von keiner der anderen Technologien in der Gesamtheit abgebildet werden, klar erfolgen (Bild 1.6).

Außerdem existieren bei den konventionellen Aufbautechnologien technische Einschränkungen, die mit MID umgangen werden können, beispielsweise hinsichtlich der Miniaturisierung. In Kapitel 9 werden daher Fallstudien aktueller