

Interessantes Konstruktionskonzept in der Dickfilmtechnik

Überreicht durch:

MICROELECTRONIC

Dipl.-Ing. Andreas Lewicki

7931 Oberdischingen bei Ulm

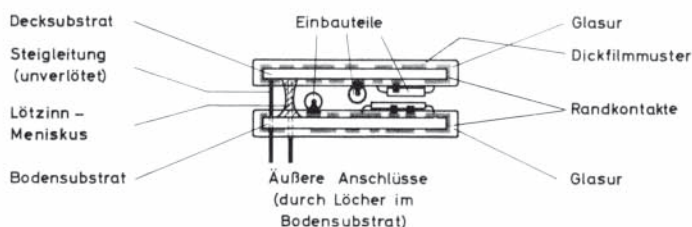
Telefon (0 73 05) 65 88

Interessantes Konstruktionskonzept in der Dickfilmtechnik

Vor genau einem Jahr schrieben wir in unserem Leitartikel „Kein Stillstand in der Elektronik“: Dickfilmschaltungen auf Keramikplättchen waren ursprünglich nichts anderes als eine Entwicklungsstufe zur integrierten Schaltung hin, bei der man Leiterbahnen und passive Bauelemente mit Hilfe von Masken aufdruckte und einbrannte und die dann mit aktiven Bauelementen ergänzt wurden. Im gleichen Maße, wie danach die Technologie integrierter Schaltungen zu brauchbaren Ergebnissen führte, verschwanden die Dickfilmschaltungen wieder mehr von der Oberfläche. Und heute, wo sich die Industrie auf dem Gebiet der integrierten Schaltungen bereits dem Zeitalter der MSI (medium-scale integration) und der LSI (large-scale integration) zuwendet, erscheint die Dickfilmtechnik wieder für viele Systeme als brauchbare Lösung der nahen Zukunft. Gründe dafür sind verbesserte Materialien und Technologien, die den Wirtschaftlichkeitsfaktor stark in den Vordergrund rücken (besonders auch bei kleinen Produktionsvolumina, die bei Dünnschichtschaltungen im allgemeinen unwirtschaftlich sind), und eine lange Liste weiterer Gesichtspunkte. Seither hat sich auf dem Dickfilmgebiet in der Tat einiges getan. So ist beispielsweise die Stabilität (Zuverlässigkeit) von Dickfilmwiderständen — ein sehr wesentlicher Konstruktionsfaktor — in

hohem Maße gestiegen. Man definiert in diesem Zusammenhang, daß ein Dickfilmwiderstand ausfällt, wenn die Widerstandsänderung ΔR unter spezifizierten Umgebungsbedingungen einen bestimmten festgelegten Wert überschreitet. Die Drieffekte, die zu einer Widerstandsänderung führen und die u. a. von Temperatur, Strom und Spannungsgradient beeinflusst werden, sind dabei wissenschaftlich noch nicht voll erforscht. Es ist aber nichtsdestotrotz gelungen, sie mit verbesserten Technologien wesentlich einzuengen. Während 1967 noch 1% Anfangstoleranz, 5% TK-Änderung und 3% ständige ΔR -Drift ein maximales Gesamt- ΔR von 9% bei Dickfilmwiderständen ergaben, sind seit 1969 Materialien und Technologien verfügbar, die mit 0,1% Anfangstoleranz, 0,5% TK-Änderung und 0,5% ständiger ΔR -Drift ein Gesamt- ΔR von nicht mehr als 1,1% ermöglichen.

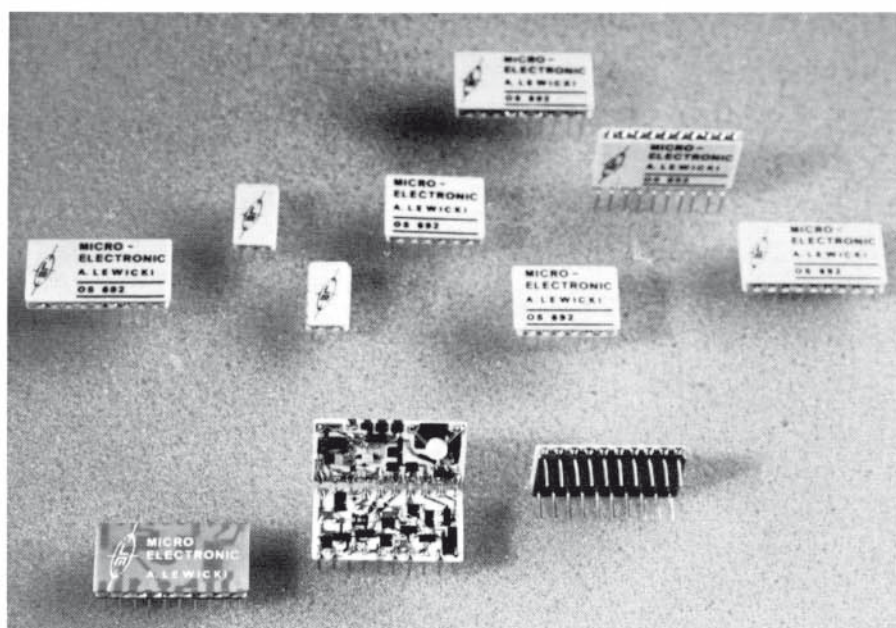
Abgesehen von der Steigerung der Zuverlässigkeit und der Verbesserung anderer Faktoren der Dickfilmtechnik wurden in den letzten Jahren und Monaten auch neue Konstruktionskonzepte entwickelt. Eines davon ist das sogenannte SPACE-PACK®, eine Aufbau- und Kapselkonstruktion für hybride Dickfilmnetzwerke, die im September von dem jungen deutschen Unternehmen Microelektronik der Öffentlichkeit vorgestellt wurden.



Was ist ein SPACE-PACK?

Als raumsparende Anordnung ist diese Dickfilmschaltung hauptsächlich für Raumfahrt und Luftfahrtanwendungen gedacht. Aber auch für Hersteller spezieller Meßgeräte, Übertragungseinrichtungen und Computer-Interfacekomponenten dürfte sie interessant werden. Andere mögliche Anwender sind Forschungsinstitute und Bedienungsteams von Kernreaktoren, die oft ihre eigenen Prüf- und Erprobungsgeräte entwickeln müssen. Ein sehr wichtiger Aspekt dabei: SPACE-PACKs können für jeden gefertigt werden, auch wenn er nur einen begrenzten Stückzahlbedarf an maßgeschneiderten Hybridschaltungen hat.

Bild 2: Die Aufnahmen zeigen im Vordergrund v. l. n. r.: Einbaufertiges SPACE-PACK im Format 13 mm x 25,4 mm. Die auf dem Deckssubstrat befindlichen Dickfilmschaltenelemente sind unter einer (hier transparenten) Schutzglasur hermetisch gekapselt. Das geöffnete SPACE-PACK läßt die Dickfilmschaltenelemente und Einbauelemente auf den Innenseiten von Boden und Deckel erkennen. Beide Substrate sind elektrisch und mechanisch durch 2 x 10 Randkontakte miteinander verbunden. Auch die Unterseite des Kapselbodens (rechts) trägt schutzglasierte Dickfilmelemente. Komplexität: 36 Dickfilmwiderstände und 18 diskrete Einbauteile = 54 Schaltelemente. Gesamtgewicht rd. 3 g, Dicke 3,8 mm



Die neue Dickfilmschaltung sieht einem kleinen Sandwich (Bild 1) sehr ähnlich. Sie besteht aus 2 Dickfilm-Keramiksubstraten, zwischen denen ein schmaler freier Raum vorhanden ist. Da auf beiden Seiten beider Substrate Schaltelemente aufgebracht werden können, erzielt man mit dieser Anordnung 4 für die Dickfilmhybridnetzwerke nutzbare Substratoberflächen. Die beiden Innenflächen werden mit Steigleitungen auf Distanz gehalten, die mit gleichbleibendem Abstand entlang der Längskanten des Bodensubstrats angebracht sind. Eine kleine Menge hochschmelzenden Lotes auf jedem dieser Distanzelemente aufgebracht, macht die Anordnung mechanisch stabil.

Bei Anwendung dieses Kapselungskonzepts, von dem Bild 2 eine Reihe ausgeführter Prototypen zeigt, ist es möglich, 80 Schaltelemente in einer Kapsel von 13 mm × 25,4 mm Oberfläche und 2,5 bis 5 mm Dicke unterzubringen. Diese Komponentendichte ist etwa viermal so hoch wie die der üblichen Hybridschaltungen gleicher Größe. Jedoch kostet ein 80-Komponenten-SPACE-PACK nur zweimal soviel wie ein normaler Hybridbaustein, der in kleinen Stückzahlen gefertigt wird.

SPACE-PACKs werden in verschiedenen Größen und mit unterschiedlich angeordneten Anschlüssen geliefert. Neben der 13 mm × 25,4 mm Standardversion werden Einheiten von $\frac{2}{3}$ und $\frac{1}{3}$ dieser Größe hergestellt. Es können aber auch Einheiten anderer Querschnitte und Abmessungen gefertigt werden, um Sonderwünsche zu erfüllen.

SPACE-PACKs werden in Dual-in-Line-Ausführungen mit zylindrischen Anschlüssen (0,5 mm \varnothing) oder in Flatpack-Form mit unternickelten, vergoldeten Kovarbändchen angeboten. Bei einer anderen Aufbauweise sind die Anschlüsse an einer Seitenkante herausgeführt, so daß die SPACE-PACKs senkrecht montiert werden können.

Abnehmbares Deckssubstrat

Etwas, das den Preis der SPACE-PACKs verhältnismäßig niedrig hält, ist die Tatsache, daß sie ohne kostspielige Keramik-, Metall- oder Glasgehäuse auskommen, wie sie üblicherweise zum Schutz anderer hochqualifizierter Hybridschaltungen benötigt werden. Während bei diesen Gehäusen notwendig sind, die gewöhnlich aus einer kleinen Wanne und einem Deckel bestehen, arbeitet man bei SPACE-PACKs statt dessen mit vorgekapselten Schaltelementen. Außerdem sind alle Dickfilmkomponenten auf den Substraten unter einer Glasurschicht hermetisch dicht eingeschmolzen. Diese Schutzart vermeidet nicht nur die speziellen Gehäuse, sondern es entfällt auch das sonst notwendige hermetische Verschließen der Wanne mit dem Deckel, ebenso wie die inerte Gasatmosphäre, die zum Versiegeln benötigt wird, und auch die nachfolgende Dichtigkeitsprüfung mit Heliumdetektoren.

Ein besonderer Vorteil ist auch die Reparierbarkeit von SPACE-PACKs. Beim Ablöten des oberen Substrats (Bild 2 unten, Mitte) mit einem Spezialgerät erhält man Zugang zu kritischen oder defekten Komponenten. Nach Austausch des Bauelements kann das obere Substrat in einfacher Weise wieder angelötet werden.

SPACE-PACKs haben höhere Zuverlässigkeit als konventionelle Hybridschaltungen, weil sie — bei einer bestimmten Schaltungskomplexität — eine geringere Anzahl externer Anschlüsse und interner Leitungskreuzungen benötigen. Die Zahl der Anschlüsse für ein 80-Schaltelement-SPACE-PACK ist zum Beispiel viermal geringer als die von vier Hybridschaltungen mit 20 Schaltelementen.

Wie die Spiegelaufnahme in Bild 3 erkennen läßt, werden die elektrischen Verbindungen zwischen Vorder- und Rückseite durch Metallisierungsbeläge hergestellt, die die Substratkanten umgreifen. Diese Randkontakte können an jeder beliebigen Stelle der Substratränder aller Substratformate ohne spezielle Werkzeugkosten angebracht werden. Damit entfallen die kostspieligen, bisher zum Durchkontaktieren notwendigen gelochten Substrate, die für jede Schaltung speziell angefertigt werden mußten, die nur bei sehr großen Stückzahlen die hohen Werkzeugkosten rechtfertigten und die damit lange Lieferzeiten zur Folge hatten.

Die Zuverlässigkeit wird weiterhin gesteigert durch den Einsatz oben erwähnter hermetischer, vorgekapselter Halbleiterelemente. Dies bedeutet, daß ein Gehäuseleck nicht zum Ausfall aller Schaltelemente der Schaltung führen kann, sondern höchstens zum Ausfall des betroffenen Halbleiterelements. Bei konventionellen Hybrid-

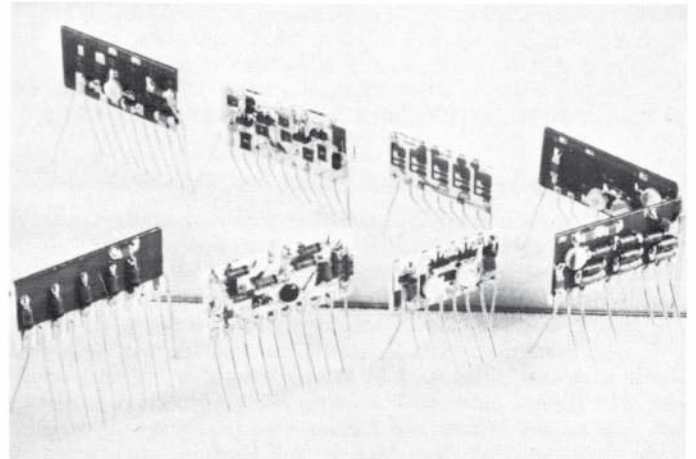


Bild 3: Ein Spiegel, hinter den 4 Moduln aufgestellt, zeigt die Rückseite der Dickfilmsubstrate. Man ersieht daraus die doppelseitige Ausnutzung des Substrats und an den Kanten die elektrischen Verbindungen zwischen Vorder- und Rückseite

schaltungen dagegen, bei denen alle nackten Halbleiterchips in einer gemeinsamen Kapsel vor der Atmosphäre geschützt werden, kann ein einziges Loch in der Kapsel einen Totalausfall der Schaltung verursachen.

Die Steigleitungen, die einen Abstand von 2,5 (4) mm haben, dienen verschiedenen Zwecken. Außer, daß sie die beiden Substrate auf Abstand halten, bieten sie Trägerelemente für kleine Lötzinnmenisken, die das SPACE-PACK zusammenhalten (Punktlöten). Zusätzlich stellen sie die elektrischen Verbindungen zwischen Boden- und Deckssubstrat her. Die Schaltelemente innerhalb einer Substratfläche sind durch das auf diese Fläche gedruckte Dickfilmleitermuster verbunden.

Bei Dual-in-Line-Packs sind die Steigleitungen Verlängerungen der äußeren Anschlußdrähte, die durch Löcher des Bodensubstrats hindurchgeführt werden. Bei anderen Versionen entfallen sogar diese Löcher, weil die Anschlüsse zwischen den Substraten herauskommen. Die Höhe der Steigleitungen wird vom dicksten Einbauteil bestimmt, das an einer der beiden Innenseiten angebracht ist.

Die dickfilmtragenden Außenseiten des SPACE-PACKs sind durch hermetisch aufgeschmolzene Glasurschichten geschützt. Glasüberzüge schützen auch die inneren Oberflächen, außer an den Stellen, wo diskrete Bauelemente oder monolithische integrierte Schaltungen mit dem Leitungsmuster verlötet sind, und die daher aus der Oberfläche herausragen.

Um Fremdkörper daran zu hindern, die Steigleitungen kurzzuschließen, kann der Raum zwischen den Substraten mit Epoxydharz oder Silikonkautschuk ausgefüllt werden.

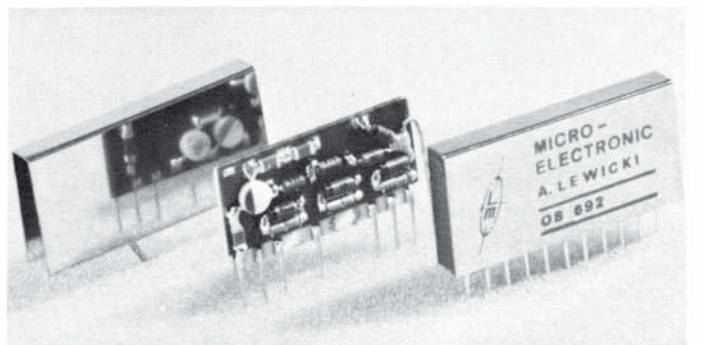


Bild 4: In dieser Aufnahme erkennt man v. l. n. r. einen SCREEN-PACK-Abschirmmantel (Cu-Blech 0,2 mm, glanzvernickelt), auf dessen glänzender Oberfläche sich die Rückseite des daneben aufgestellten, zweiseitig bedruckten und bestückten Dickfilmsubstrats mit Schutzglasur und diskreten Miniaturhalbleiterelementen spiegelt; rechts außen ein komplett vergossenes SCREEN-PACK für aufrechten Einbau

Die Einheiten arbeiten bei Temperaturen von -65 bis $+125$ °C (Lagerung bis 175 °C) und erfüllen die Feuchtetests, die in den einschlägigen MIL-Spezifikationen aufgeführt sind. Das Gewicht eines $13 \text{ mm} \times 25,4 \text{ mm}$ großen SPACE-PACKs mit 45 Komponenten und 20 äußeren Anschlüssen beträgt rund 2,5 g.

Welche Schaltungen können mit SPACE-PACKs realisiert werden?

Es können nahezu alle konventionellen Schaltungen und Geräte in zweiseitige Dickfilmschaltungen verwandelt werden, ohne daß sie elektronisch umentwickelt werden müssen, auch bei kleinsten Stückzahlen ohne Mehrkosten gegenüber den einseitigen Moduln. Ein doppelseitiger Modul kann bis zu 40 Schaltelemente enthalten und u. U. auch mehr, bei einem Substratformat von $12,7 \text{ mm} \times 25,4 \text{ mm}$ (rechts und links außen in Bild 3). Alle Dickfilmleiter und -schaltelemente können unter einer Schutzglasur hermetisch dicht gekapselt werden. Bei Einsatz von Einbauteilen (Halbleiter) in hermetischen Gehäusen sind diese Moduln voll feuchte- und vakuumfest und für Betriebstemperaturen von -65 bis $+125$ °C (Lagerung bis $+175$ °C) geeignet.

Welche Angaben sind notwendig?

Für die Prototypenentwicklung muß das Schaltbild mit Angabe von Frequenzlage, Schaltfunktion, Versorgungsspannung und Gesamtverlustleistung vorliegen. Außerdem müssen die Werte der Schalt-

elemente mit Toleranzen und maximal zulässigem TK, Verlustleistungen der Widerstände (falls über 50 mW), Spannung, Polarität und Typ der Kondensatoren (Tantal, Keramik usw.), Typen der Halbleiter und Größen der tatsächlich ausgenutzten Parameter (U_{CE} , U_{CBO} , $I_{C_{max}}$, f_T , $P_{V_{max}}$ usw.) angegeben werden.

Elektrisch und/oder magnetisch abgeschirmte SPACE-PACKs

Die nach Kundenwunsch entwickelten und gefertigten integrierten Filmhybridschaltungen können ohne Aufpreis elektrisch und/oder magnetisch geschirmt unter der Bezeichnung SCREEN-PACKs® (Bild 4) bezogen werden. Das Kapselungsverfahren erfordert nur sehr geringe Werkzeugkosten, so daß geschirmte Moduln aller Formate und Stärken auch in kleinsten Serien und Sondergrößen wirtschaftlich herstellbar sind. Bei der Verarbeitung werden die Kapselbleche metallurgisch nur gering beansprucht, so daß die hohen Permeabilitätswerte der magnetischen Abschirmbleche erhalten bleiben. Außerdem können damit auch sehr dünnwandige und deshalb leichte elektrische Abschirmungen verwirklicht werden, wie sie im üblichen Tiefziehverfahren nicht ausführbar sind. Der weite Einsatzbereich von -65 bis $+125$ °C wird bei den SCREEN-PACKs durch die Öffnungen der seitlichen und unteren Schmalkanten ermöglicht, weil damit der Abschirmmantel der Schrumpfung und Ausdehnung der Kunstharzfüllung spannungsfrei folgen kann. Die neuen Dickfilmmoduln dürften für viele Entwicklungsingenieure interessante Perspektiven eröffnen. -dt