

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 51 (1973)

Heft: 2

Artikel: Hybridschaltungen in Dünnschichttechnik

Autor: Herren, Hanspeter

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875278>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 27.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zusammenfassung. Nach einer kurzen Beschreibung der verschiedenen Arten von integrierten Schaltungen wird auf die Prozesse zur Herstellung von hybriden integrierten Dünnschichtschaltungen eingegangen.

Circuits hybrides en technique des couches minces

Résumé. Après une courte description des différents genres de circuits intégrés, l'auteur examine les procédés de fabrication des circuits hybrides à couches minces.

Circuiti ibridi eseguiti nella tecnica a strati sottili

Riassunto. Dopo una breve descrizione dei diversi generi di circuiti integrati, si descrivono in modo più particolare i processi di fabbricazione di circuiti integrati ibridi nella tecnica a strati sottili.

1. Vergleichende Übersicht der verschiedenen integrierten Schaltungen

1.1 Monolithische integrierte Schaltungen

Diese Schaltungen in Bipolar- und Unipolar-Technik sind in den Artikeln «Schaltungsprinzipien für lineare und Mikrowatt-Schaltungen»¹ und «Monolithische integrierte MOS-Schaltungen»² in diesem Heft beschrieben. Die passiven und aktiven Elemente werden in oder auf der Oberfläche des Halbleiterkristalles hergestellt, wobei die einzelnen Schaltungselemente mit aufgedampften Leiterbahnen verbunden werden, wie es Figur 1 zeigt.

1.2 Hybride integrierte Dünnschichtschaltungen

Die passiven Schaltungselemente und das Verbindungsleiternetzwerk führt man mit dünnen Schichten aus und setzt die aktiven Bauteile in die Schaltung ein, deshalb hybride (gemischte) Technik nach Figur 2.

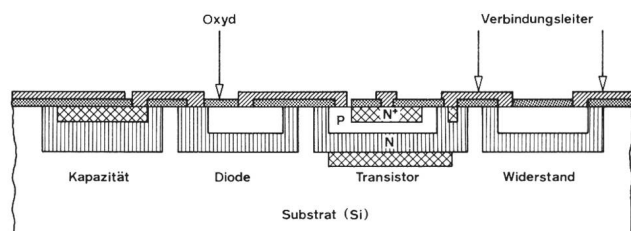


Fig. 1

Monolithische integrierte Schaltung

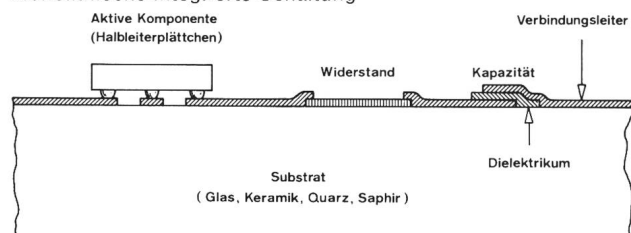


Fig. 2

Hybride integrierte Dünnschichtschaltung

1.3 Integrierte Dünnschichtschaltungen

Alle aktiven und passiven Schaltungskomponenten sowie das Verbindungsleiternetzwerk erzeugt man mit Hilfe der Dünnschichttechnik auf dem Trägermaterial (Substrat) (Fig. 3).

¹ S. 53...60 in dieser Nummer

² S. 61...67 in dieser Nummer

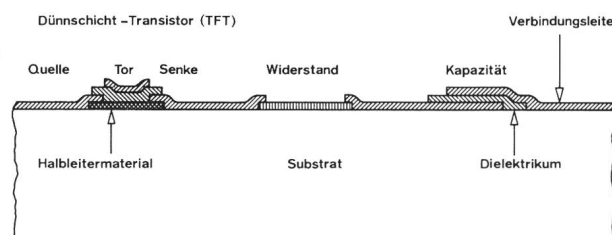


Fig. 3

Integrierte Dünnschichtschaltung

2. Definition der dünnen Schichten

Von dünnen Schichten spricht man, wenn ihre Dicke $\leq 5 \mu\text{m}$ beträgt. Bei Widerstandsschichten kann die Schichtdicke sogar nur noch einige $10 \text{ \AA}$ betragen ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$; $10^4 \text{ \AA} = 1 \mu\text{m}$).

3. Dünnschichtschaltungen

Für die Schaltungsherstellung mit Hilfe der Dünnschichttechnik sprechen:

- Erhöhung der Packungsdichte der Bauelemente verkleinert die Abmessungen der Schaltungsmoduln.
- Die Schaltungen sind bei richtiger Auswahl der Materialien qualitativ hochwertig und unempfindlich gegen Umgebungseinflüsse.
- Es können Leiter mit bestimmter Wellenimpedanz auf dem Trägermaterial hergestellt werden (Streifenleitertechnik, Fig. 4). Die Wellenimpedanz bestimmen die Leiterdicke d , die Leiterbreite b , die Dicke des Substrates D und die relative Dielektrizitätskonstante ϵ_r . Dies ermöglicht miniaturisierte Mikrowellenschaltungen herzustellen. Ohne Dünnschichttechnik gäbe es keine Miniatur-Mikrowellenschaltungen, weil die Dünnschichttechnik reproduzierbar

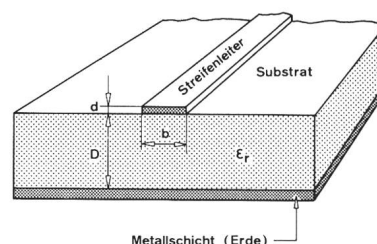


Fig. 4

Streifenleitung

präzisere Streifenleiterabmessungen zulässt, als dies mit der Dickschichttechnik der Fall ist. Unter anderem sind diese Abmessungen verantwortlich, wie genau die gewünschte Wellenimpedanz des Streifenleiters eingehalten wird.

- Der direkte Zugriff zu den aktiven Halbleiterplättchen (chips) wird ermöglicht, indem man sie unmittelbar in die Schaltung einsetzt. Man muss deshalb keine Rücksicht auf vorhandene Gehäuseformen und deren Vor- und Nachteile nehmen.

Die Dünnschichttechnik ist ein Werkzeug, das sehr vielseitig zur Herstellung von integrierten Schaltungsmodulen (Niederfrequenz- bis Mikrowellentechnik) eingesetzt werden kann. Im übrigen gelten die gleichen Vorteile, wie sie im Artikel «Hybridschaltungen in Dickfilmtechnik»³ in dieser Nummer aufgezählt werden.

3.1 Trägermaterialien

Aus der *Tabelle 1* ist ersichtlich, dass man durch geeignete Auswahl der Trägermaterialien die Abmessungen (verschiedene ϵ_r -Werte) und die zulässige Verlustleistung (verschiedene k -Werte) der herzustellenden Schaltung festlegen kann (k = Wärmeleitwert).

3.2 Widerstände

Widerstandsbereich	10 Ω ...100 k Ω
Absolute Toleranzen	$\pm 5\%$
Relative Toleranzen	$\pm 2\%$
Temperaturkoeffizient	100 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ = $0,1^{\circ}/_{\infty}/^{\circ}\text{C}$
Relativer TK	20 ppm/ $^{\circ}\text{C}$
$P_{\text{zul.}}$ ($T_a = 25^{\circ}\text{C}$)	1...2 W/cm ²
Widerstandsbahnbreiten	
– auf Glasträger	$\geq 20 \mu\text{m}$
– auf Keramikträger	$\geq 50 \mu\text{m}$
Widerstand zwischen zwei getrennten Punkten auf einem Glasträger mit 50 μm Abstand und 50% relativer Luftfeuchtigkeit	$\sim 10 \text{ G}\Omega$

Man kann von diesen Richtwerten abweichen. Dies bedingt aber einen entsprechenden Mehraufwand bei der

Tabelle 1. Trägermaterialien für Dünnschichtschaltungen

Material	Messfrequenz (GHz)	ϵ_r	$\text{tg } \delta$	k ($\frac{\text{cal}}{\text{cm}^{\circ}\text{C s}}$)
Glas, Corning 7059	0,001	5,8	0,0011	0,002
Keramik, 99,5% Al_2O_3	10	9,7	0,0001	0,075
Keramik, 99,5% BeO	10	6,4	0,0003	0,43
Geschmolzener Quarz	10	3,78	0,0001	0,014
Saphir	10	~ 10	0,0001	0,09

³ S. 68...73 in dieser Nummer

Schaltungsherstellung, das heisst der fertige Schaltungsmodul wird teurer.

Zur Illustration seien die Abmessungen eines Widerstandes angegeben: es soll ein Widerstand von 10 k Ω mit einer Schicht mit 200 $\Omega/\square$ Flächenwiderstand auf einem Glasträger für 2,5 beziehungsweise 10 mW Verlustleistung hergestellt werden. Dieser Widerstand hat folgende Abmessungen:

50 $\mu\text{m} \times 2,5 \text{ mm}$	für 2,5 mW Verlustleistung und
100 $\mu\text{m} \times 5 \text{ mm}$	für 10 mW Verlustleistung

3.3 Kapazitäten

3.3.1 In die Schaltung einsetzbare Plättchen

- Keramik-Kondensatoren $\sim 1 \text{ pF} \dots 500 \text{ nF}$
- Elektrolyt-Kondensatoren $\sim 10 \text{ nF} \dots 5 \mu\text{F}$

3.3.2 Aufgedampfte Kapazitäten

Mit dieser Kapazitätsart erreicht man $\sim 1,5 \text{ nF/mm}^2$ bei einer Spannungsfestigkeit von 100 V.

4. Möglichkeiten zur Herstellung von hybriden Dünnschichtschaltungen

4.1 Schichtabtragende Methode

Man geht von einem über die ganze Oberfläche beschichteten Träger (Substrat) aus und entfernt die einzelnen Schichten mit Hilfe der Photolithographie dort, wo man sie nicht benötigt (Fig. 5). Mit dieser Methode können nur

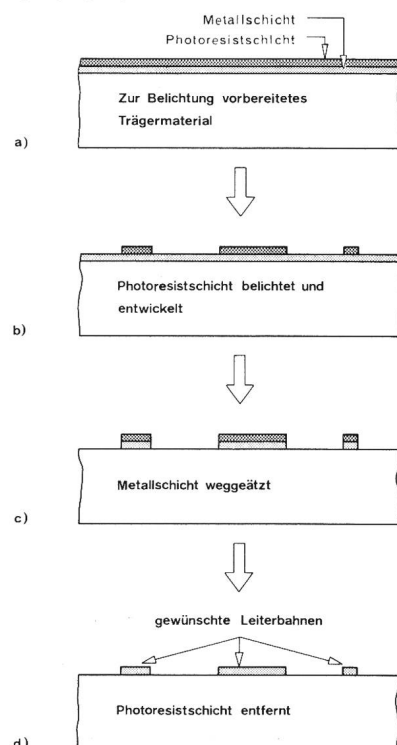


Fig. 5 Schichtabtragende Methode

Leiterbahnen und Widerstände hergestellt werden. Alle andern Bauelemente muss man einsetzen.

4.2 Schichtauftragende Methode

Ausgangsmaterial ist in diesem Fall ein unbeschichteter Träger. Die Leiterbahnen, Widerstände und Kondensatoren werden mit Aufdampf- oder Aufsprühtechniken durch Masken erzeugt. Nach dem Entfernen der Maske entsteht das gewünschte Element (Fig. 6).

4.3 Kombination beider Methoden

Dies erlaubt die Herstellung von integrierten Dünnschichtschaltungen nach Figur 3, das heisst alle zur Schaltung gehörenden Bauelemente sind integriert. Man kann von einem beschichteten oder unbeschichteten Träger ausgehen. Anschliessend lösen sich Photolithographie und Aufdampfprozesse ab, bis die fertige Schaltung entstanden ist.

5. Herstellprozess eines hybriden integrierten Verstärkers

Es sollen die Phasen beschrieben werden, die zum Herstellen einer hybriden integrierten Dünnschichtschaltung mit der schichtabtragenden Methode erforderlich sind. Nach der integrationsgerechten Entwicklung des Verstärkers

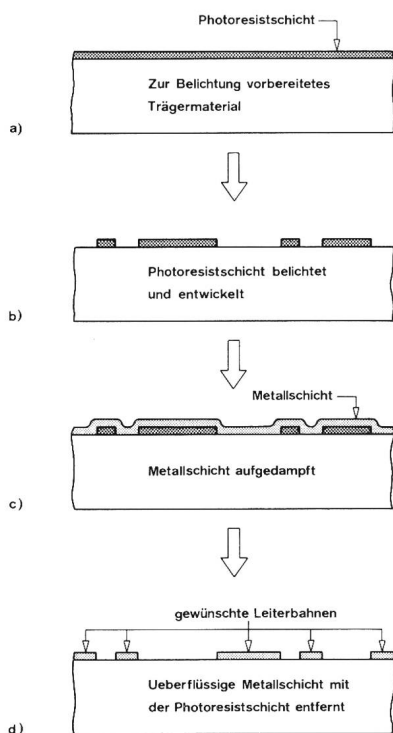


Fig. 6
Schichtauftragende Methode

nach Figur 7 (es gelten sinngemäss die gleichen Richtlinien, wie sie im ersten Kapitel des Artikels «Hybridschaltungen in Dickfilmtechnik»⁴ beschrieben sind) zeichnet man eine Mustervorlage. Nach dieser schneidet man auf einem Koordinatographen die Maskenvorlage in einem vergrösserten Massstab heraus, und zwar für jede erforderliche Belichtung eine. Anschliessend verkleinert man diese mit einer Präzisionskamera auf die Grösse der herzustellenden Moduln. So entstehen die Masken für die Leiterbahnen (Fig. 8) und die Widerstände (Fig. 9). Diese Vorgänge müssen möglichst präzis ausgeführt werden, da die Toleranzen der

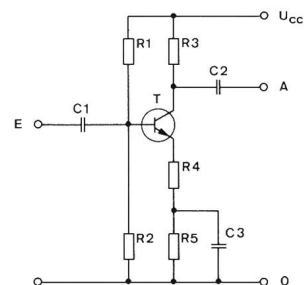


Fig. 7
Verstärkerstufe

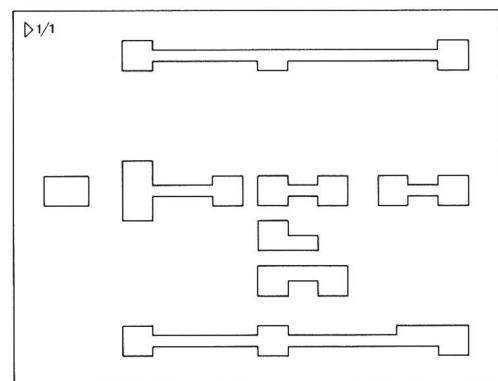


Fig. 8
Maske für die Leiterbahnen

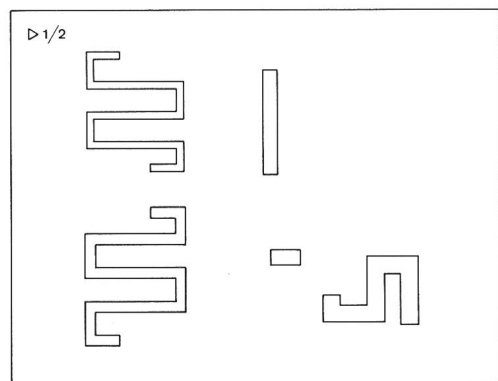


Fig. 9
Maske für die Widerstände

⁴ S. 68...73 in dieser Nummer

hergestellten Bauelemente unter anderem von der Masshaltigkeit der Masken abhängen. Als Ausgangsmaterial für den Verstärker verwendet man ein geeignetes Trägermaterial, das über die ganze Oberfläche mit einer dünnen Widerstands- und einer gut leitenden Schicht bedampft ist. Auf diese Schichten bringt man eine lichtempfindliche Schicht (Photoresist) auf. Jetzt wird durch die erste Maske (Leiterbahnen) belichtet. Nach dem Entwickeln und Trocknen des Photoresists ätzt man die leitende (oberste) Schicht bis zur Widerstandsschicht weg. Das Verbindungsleiter-

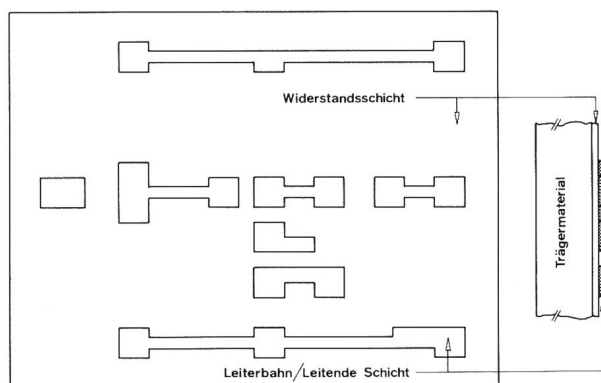


Fig. 10
Dünnschichtschaltung nach der ersten Ätzung

netzwerk nach *Figur 10* ist entstanden. Man entfernt den übriggebliebenen Photoresist und bringt eine neue Photoresistschicht wieder über die ganze Oberfläche auf. Die Belichtung durch die zweite Maske (Widerstände) erfolgt. Anschliessend wird wieder entwickelt, getrocknet und die Widerstandsschicht bis auf das Trägermaterial weggeätzt; die gewünschte passive Schaltung nach *Figur 11* ist entstanden. Im nächsten Arbeitgang setzt man die Kondensator- und das aktive Halbleiterplättchen (Transistor) ein. Dazu werden mehrere Methoden angewandt:

- Befestigen der Plättchen mit Epoxydharz (wird vor allem bei grösseren Plättchen verwendet) oder durch Auflöten oder Auflegieren. Nachher kontaktiert man die Plättchen

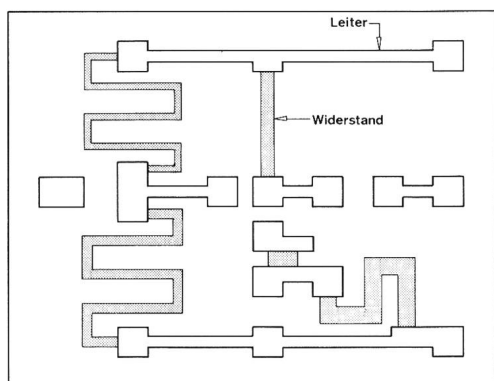


Fig. 11
Passive Dünnschichtschaltung

mit Drähtchen aus Aluminium oder Gold (Durchmesser normalerweise $25,4 \mu\text{m}$) mit Ultraschall- oder Thermo-kompressionstechniken (*Fig. 12*). Dies sind konventionelle Methoden, die bei der Montage von Halbleiterplättchen in Gehäuse für diskrete Bauteile schon lange angewendet wurden. Für den Hersteller von hybriden integrierten Dünnschichtschaltungen hat diese Montageart den Vorteil, dass er die Halbleiterplättchen gerade so weiterverarbeiten kann, wie sie beim Halbleiterhersteller anfallen.

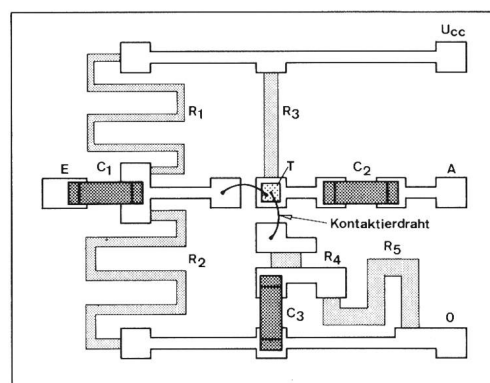


Fig. 12
Fertige Verstärkerstufe

- Beam-lead- und flip-chip-Verfahren (*Fig. 13 und 14*). Bei diesen Verfahren werden die Halbleiterplättchen in einem Arbeitgang in die Schaltung eingesetzt und kontaktiert. Für diesen Vorgang setzt man ebenfalls Thermokompressions- und Ultraschallschweissgeräte ein. Bei der Bereitstellung dieser Plättchen müssen die Halbleiterhersteller zusätzliche Arbeitgänge ausführen (deshalb sind nicht alle Halbleiterchips, die fabriziert werden, erhältlich, das heisst man ist bei der Schaltungsherstellung weniger flexibel).

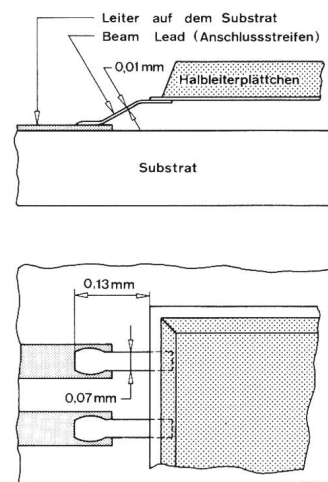


Fig. 13
Beam-lead-Verfahren

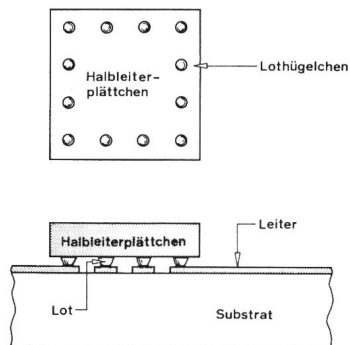


Fig. 14
Flip-chip-Verfahren

- Die beam-lead-Plättchen müssen mit den Anschlussstreifen (beam-leads) versehen werden (Fig. 13).
- Für die flip-chip-Technik muss Lot auf die Kontaktpfade aufgebracht werden (Fig. 14).
- Einsetzen von vormontierten Halbleiterplättchen in LID-Haltern nach Fig. 15 in Mikrowellschaltungen. (LID = lead inverted device).
- Einlöten von gekapselten Bauelementen in SOT-Gehäusen nach Fig. 16.

Schliesslich müssen die fertigen Dünnschichtschaltungen in ein Gehäuse montiert und mit den äussern Anschlüssen verbunden werden.

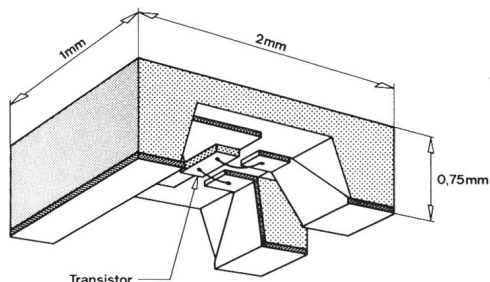


Fig. 15
LID-Gehäuse (lead inverted device)

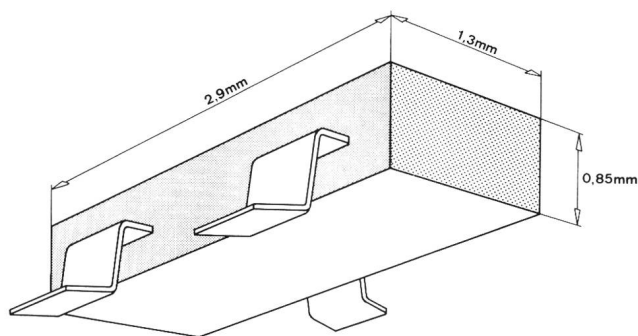


Fig. 16
SOT-Gehäuseform für Hybridschaltungen

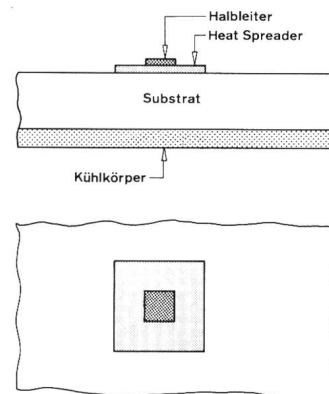


Fig. 17
Heat spreader

6. Dünnschichtschaltungen für höhere Verlustleistungen

Man könnte annehmen, dass die Dünnschichttechnik für Schaltungen, wie Leistungsverstärker, Regulatoren, die grosse Verlustleistungen aufnehmen müssen, nicht geeignet sei. Diese Annahme stimmt nicht, wenn man geeignete Materialien oder Techniken bei der Konstruktion der Schaltungsmoduln anwendet. Man darf sogar sagen, dass in vielen Fällen die Herstellungskosten geringer sind als bei konventionellen Schaltungen. Der Schlüssel zu höheren zulässigen Verlustleistungen ist ein kleiner thermischer Widerstand zwischen dem heizenden Element und dem Kühlkörper. Einen solchen kann man entweder mit einem thermisch gutleitenden Plättchen (heat spreader), das die heizende Fläche vergrössert und dadurch den Querschnitt des thermischen Pfades nach aussen vergrössert (Fig. 17), oder mit einem thermisch gut leitenden Substrat, wie Berylliumoxyd, erzielen. Die mit diesen Techniken erreichbaren thermischen Widerstände werden für ein Transistorplättchen mit den Abmessungen $6 \times 6 \text{ mm}^2$ dargestellt:

Aluminiumoxyd-Substrat (Al_2O_3)	2,4 °C/W
Mit heat spreader $11 \times 11 \text{ mm}^2$	1 °C/W
Berylliumoxyd-Substrat (BeO)	0,6 °C/W

Im Vergleich dazu hat ein diskreter Leistungstransistor einen typischen thermischen Innenwiderstand von 1 °C/W .