Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

Band: 41 (1968)

Heft: 12

Artikel: Die Dickfilmtechnik findet Eingang in die Rundfunkindustrie

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-562848

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

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

Die Dickfilmtechnik findet Eingang in die Rundfunkindustrie

Durch die Aufnahme eines NF-Verstärkers-Moduls in den «Banjo Automatic 101» AM/FM-Empfänger hat AEG-Telefunken einen wesentlichen Schritt zur Einführung der Dickfilm-Mikrotechnik in die Rundfunkindustrie unternommen. Dieses volltransistorisierte Koffergerät ist seit dem Herbst 1967 in Produktion.

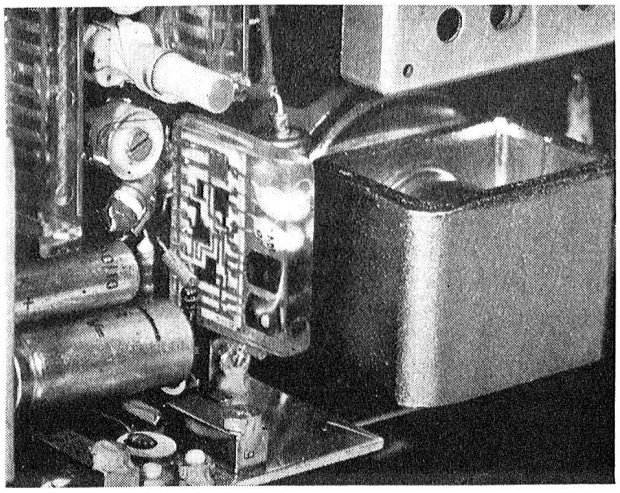

Fig. 1
Der O2F-Vorverstärker-Dickfilmmodul stammt aus dem Telefunken «Banjo Automatic 101» Kofferempfänger. Die Dickfilmpräparate werden vom «Electrochemicals Departement» der Firma Du Pont geliefert.

Mit dem gleichen Dickfilm-Modul ist auch der vor einigen Monaten vorgestellte «Atlanta 101» Hochleistungskofferempfänger (6 Wellenbereiche) ausgestattet. Die Du Pont de Nemours ist Hersteller der für die Dickfilmtechnik benötigten Präparate. Die Serienproduktion der beiden Empfänger erfolgt in einer der AEG-Telefunken-Fabriken, in der in einer speziell ausgerüsteten Produktionsstätte Dickfilm-Mikroschaltungen gedruckt und nach Einsetzen der diskreten Elemente durch Einkapseln fertige Moduln hergestellt werden.
Das Modul-Konzept findet seine Bestätigung im «Banjo», dessen Hoch- und Zwischenfrequenzteil in nur zwei Bausteinen ausgelegt ist, wobei der FM-Tuner die eine und der AM/FM-Zwischenfrequenzverstärker mit Ratio-Filter und AM-Demodulator die zweite Einheit bildet. Um die durch die Dickfilm-Mikrotechnik gebotenen Möglichkeiten voll auszunutzen, wurde von der entwicklungstechnischen Seite überprüft, inwieweit sich auch der NF-Verstärker als Modul auslegen lässt. Das Ergebnis der Überlegungen war der O2F-Vorverstärker-Modul.
Der O2F arbeitet zweistufig und steuert die dem «Banjo» zugehörige 1 Watt npn/pnp Endstufe direkt an. Die Einstellung des Treiberstromes mittels eines von aussen zugänglichen Potentiometers macht es möglich, mit demselben Verstärker-Modul auch die 4-Watt-Endstufe des «Atlanta» auszusteuern. Die Dimensionierung der Schaltung wurde unter Verwendung herkömmlicher Bauelemente zunächst im Brettaufbau im Entwicklungslabor festgelegt und die fertige Schaltung anschliessend auf Dickfilmgrösse (Aluminiumoxid-Substratplättchen 12,5×25 mm) umgestaltet. Der Abstand zwischen den Einzelelementen auf diesem Substrat ist jeweils gross genug, um unerwünschte Verkopplungen innerhalb der Schaltung zu vermeiden.
Leiter- und Widerstandszüge wurden unter Verwendung von — dem Layout entsprechenden — Siebschablonen auf die Substrate aufgedruckt, zwischengetrocknet und anschliessend bei etwa 700 °C eingebrannt. Durch den Brennvorgang wird den aufgedruckten Bahnen ausgezeichnete Substrathaftung verliehen; ausserdem erfolgt eine innige Kontaktierung der Leiter-/Widerstandsverbindungen. Bei Leiterkreuzungen wird zur Isolierung gegeneinander ein spezielles Isolierpräparat («crossover») aufgebracht.
Die beiden Transistoren und ein Elektrolytkondensator sind als diskrete Elemente angelötet. Vor dem Vergiessen in Epoxyharz wird der Modul visuell und elektrisch geprüft. Zum Abgleichen können die Dickfilmwiderstände vor dem Vergiessen — falls notwendig — durch Mikrosandstrahlen auf höhere Werte getrimmt werden.
Die verwendeten Dickfilmpräparate, wie Leitermasse 8151 (Pd/Ag), Widerstandsmassen der Sierie 7800 und das Leiterkreuzisolierpräparat 8190 stammen aus der Produktion von Du Pont.
Ein wesentlicher Vorteil der Dickfilmtechnik liegt darin, dass während der Produktion notwendig werdende Schaltungsmodifizierungen in kürzester Zeit und ohne nennenswerten Aufwand vorgenommen werden können.
Diese Flexibilität bei «Layout»- und Einzelveränderungen ist besonders für die Unterhaltungsindustrie von Interesse, zumal weder integrierte Halbleiterschaltkreise noch herkömmliche Druckplatten diesen Vorteil bieten. Die auf die Massenfertigung von Rundfunk- und Fernsehgeräten besonders störend wirkenden, bekanntermassen langen Lieferzeiten für Bauelemente entfallen bei der Dickfilmschaltungsherstellung, da man gewissermassen in eigener Regie Komponenten fertigt, die durch Abgleichen oder — falls notwendig— durch Änderung der Siebmaske auf jeden beliebigen Wert eingestellt werden können.

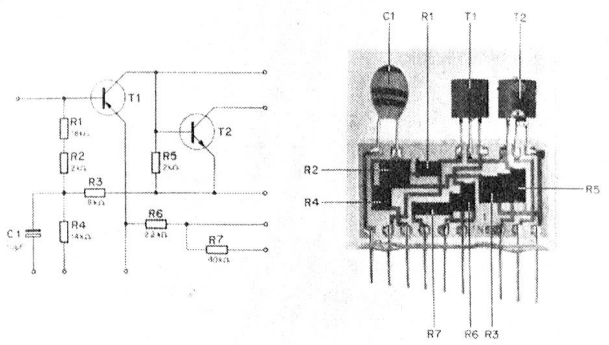

Fig. 2
Das Schaltbild und die Bauelementeauslegung des neuesten O2F — NF-Vorverstärkermoduls zeigen, wie Widerstände, Leiter, Kondensatoren und Isolierungen angeordnet sind. Der 10 µF Elektrolytkondensator C1 ist, ebenso wie die beiden Transistoren, als diskretes Element aufgelötet. Der fertige Modul ist in «Araldite» (Epoxyharz) eingegossen.

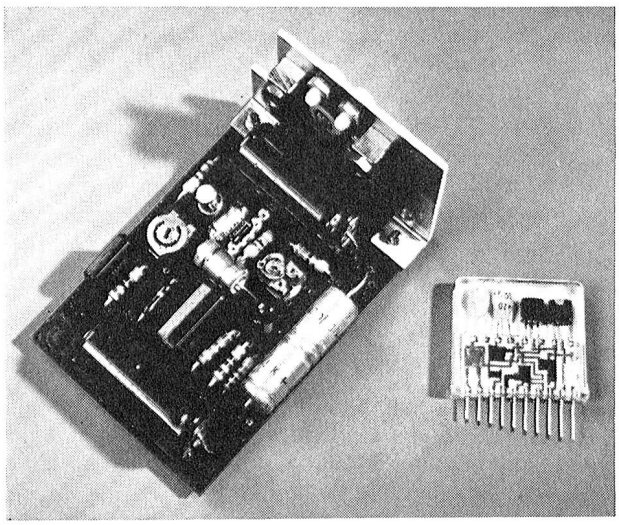

Fig. 3
Grössenvergleich zwischen einem in herkömmlicher Weise gefertigten NF-Vorverstärkerbaustein und dem O2F Dickfilm Modul. Der O2F (rechts) übernimmt die Funktionen der zwischen den drei grossen Elektrolytkondensatoren liegenden Komponenten des konventionellen Schaltkreises.

Zuverlässigkeit ist ein weiterer Gesichtspunkt, der von Telefunken berichtet wird. Nicht ein einziger Modul musste während der ersten sechs Monate nach Vorstellung der Empfänger ausgewechselt werden. Die bis heute festgestellten Ausfälle sind unerheblich (ein Bruchteil eines Prozentes) und statistisch kaum registrierbar.
Die Ausweitung der Dickfilmmodul-Einsatzbereiche führt zur Rationalisierung sowohl in der Entwicklung als auch in der Produktion. Das Vertrauen der deutschen Hersteller in das Moduln-Prinzip ist durch die Bestückung von bereits zwei verschiedenen Empfängern mit dem O2F besonders deutlich geworden. Zur weiteren Entwicklungskostensenkung können eine Vielzahl ähnlicher Moduln ebenso in grossem Umfang in Radio-, Fernseh- und Tonbandgeräte eingebaut werden. Da die Investitionskosten für die Konstruktions- und Fertigungseinrichtungen vergleichsweise niedrig liegen, können Dickfilmschaltungen wirtschaftlicher als konventionelle Schaltkreise hergestellt werden, die zusätzlich durch lohnintensive Bestückungskosten belastet sind.
Bei weitgehender Modularisierung von Radio- und Fernsehempfängern besteht in verstärktem Masse die Möglichkeit, selbst ungelerntes und ungeübtes Personal mit der Fertigung von Dickfilmschaltungen zu beschäftigen. In Anbetracht dessen liegt der Gedanke nahe, eine Lizenzfertigung in Entwicklungsländern aufzuziehen und somit am Aufbau der dortigen elektronischen Industrie mitzuwirken.
Um die sich bietenden Möglichkeiten und die Verwendungsfähigkeit von Dickfilmschaltungen aufzuzeigen, hat Telefunken verschiedenartige Schaltungen für unterschiedliche Anwendungen (Radio, Fernseh, Tonbandgeräte und Plattenspieler) ausgelegt. Zwei Dickfilmnetzwerke mit je vier Widerständen in einer kapazitätsdiodengeregelten FM-Abstimmeinheit von Telefunken machen eine erhebliche Raumeinsparung möglich. Mit der Aufnahme weiterer Dickfilmschaltungen in das Produktionsprogramm 1969 wird gerechnet.

Allgemeine Informationen über Dickfilmmikroschaltungs-Technologie

Als erstmalig Ende der 50er Jahre in den USA die Möglichkeiten der elektronischen Mikroschaltkreise aufgezeigt wurden, wies man zunächst nachdrücklich auf die im Anwachsen begriffene integrierte Halbleiterschaltung hin. Aus der Notwendigkeit, möglichst raumsparende und zuverlässige Schaltungen für elektronische Datenverarbeitungsmaschinen und Steuereinrichtungen für das Raumfahrtprogramm der NASA zu erstellen, entstand die zahlreiche Neuerungen beinhaltende integrierte Schaltung.
Obwohl sich nach dem Halbleiterprinzip komplette Digitalschaltungen herstellen lassen, die als «Ein/Aus»-Glieder für Computer Verwendung finden, ist es einleuchtend, dass auf Grund der ausserordentlich kleinen Toleranzen, der geringen Belastbarkeit und der eine «vollintegrierte» Schaltung stets anhaftenden parasitären Kapazitäten, derartige Schaltkreise für andere Zweige der elektronischen Industrie — besonders auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik — weniger gut geeignet sind.
Hinzu kommt, dass bestimmte Elemente — wie zum Beispiel Induktivitäten — nicht eingebaut werden können; ebenso ist es unzweckmässig, in ein Silizium-Halbleiterchip hohe Widerstände und Kapazitäten einzubringen — und das in einer Zeit, in der der Trend zur Volltransistorisierung ständig wächst und Kapazitäten in mindestens einer Grössenordnung höher benötigt werden.
Für lineare Anwendungen brachte die integrierte Schaltung gegenüber den konventionellen Techniken keinen Fortschritt. Als Alternativlösung lag die Dünnfilmtechnik nahe, bei der «passive» (nicht verstärkende) Elemente durch Aufdampfen oder Kathodenzerstäubung von Leit-, Widerstands- und dielektrische Substanzen auf keramische Substrate aufgebracht werden. Aktive Elemente und sehr grosse Elektrolytkondensatoren werden anschliessend als diskrete Komponenten angelötet.
Als Nachteile der Dünnfilmschaltung im Konsumsektor gelten der hohe Investitionsaufwand für Vakuumanlagen, kostspielige Layout-Änderungen und die relativ komplizierte Fertigungsmethodik.
Beim Dickfilmverfahren werden Widerstände, Kondensatoren, Leiter und Isoliermaterial in Form spezieller Präparate durch Siebmasken auf Aluminiumoxidkeramik-Substrate gedruckt und anschliessend bei Temperaturen zwischen 760 °C und 1000 °C eingebrannt, wobei die Präparate mit der Keramik eine feste Sinterverbindung eingehen. Die Herstellung eines Widerstandsnetzwerkes besteht darin, dass zunächst die Leiterzüge aufgebracht und gebrannt, und im Anschluss daran die Widerstandsbahnen ebenfalls gedruckt und eingebrannt werden. Zum Abgleich bis auf sehr kleine Toleranzen der geforderten Werte wird durch Mikro-Sandstrahlen ein Teil der Schicht abgetragen. Kondensatoren entstehen durch Aufdrukken einer Schicht auf dielektrischem Material auf die eingebrannte Grundelektrode; dem nachfolgenden Trocken- und Brennnvorgang schliessen sich Druck und Brand der Deckelelektrode an. Zur Isolierung zweier oder mehrerer sich kreuzender Leiterzüge gegeneinander ist die Verwendung eines speziellen keramischen Isolierpräparates vorzusehen. Im letzten Arbeitsgang — nach Anbringen der Anschlussdrähte —

kann die nunmehr fertige Schaltung zum Schutz gegen Feuchtigkeit und Staub und zur einfacheren Handhabung entweder glasiert oder in Epoxyharz vergossen werden.
Die sich bei der Umstellung auf eine Dickfilmfertigung ergebenden Vorteile sind zahlreich: Der Investitionsaufwand für die Anschaffung der wenig umfangreichen Fertigungseinrichtung ist vergleichsweise gering. Zur Grundausrüstung gehören — neben einer Vorrichtung für die Substratvorbehandlung (Reinigung) — eine Siebdruckmaschine, ein Brennofen und falls notwendig Vorrichtungen zum Abgleichen (Mikrosandstrahlgebläse) und Einkapseln.
Da die Produktion weitgehend automatisiert werden kann, sind Dickfilmschaltungen wenig lohnintensiv, und die Fertigung ist von der Qualifikation der Arbeitskräfte im grossen und ganzen unabhängig. Nicht zuletzt aus Gründen der ausserordentlich hohen Ausstosskapazität einer Fertigungsstrasse ist die Dickfilmschaltung für die Massenprodukion der Rundfunkindusrie geradezu prädestiniert.
Dem Entwicklungsingenieur gestattet die Dickfilmschaltung eine Umstellung auf wirkliche «Modularisierung» ohne Gefahr zu laufen, dass nicht während der Entwicklung jederzeit Änderungen der Schaltpläne vergenommen werden können. Modifizierungen der Schaltungsparameter sind wie bei konventionellen Druckplatten durchführbar. In Verbindung mit der Möglichkeit, an jedem Punkt der Schaltung ohne nennenswerten Aufwand Messungen durchführen zu können, lassen besonders diese beiden Punkte Vorteile der Dickfilmschaltung gegenüber der integrierten Halbleiterschaltungen erkennen. Durch Einsetzen diskreter aktiver oder extrem grosser passiver Elemente entsteht ein Hybrid-Mikroschaltkreis.
Selbst Induktivitäten, der Schrecken der Mikroelektronik, lassen sich durch Drucken von gestreckten oder spiralförmigen Bahnen in kleinen Werten herstellen oder als diskrete Elemente — für niedrige Frequenzen — einsetzen.
Die Flexibilität der Dickfilmtechnik macht sich ebenfalls in der Fertigung bemerkbar, bei der durch Mikrosandstrahlen oder durch Modifizierung der Siebmaske leicht jede beliebige Werteänderung vorgenommen werden kann.
Bei Reparaturen ist der Wert der Mikro-Moduln besonders augenscheinlich. Obwohl im ersten Augenblick das Auswechseln eines ganzen ausgefallenen Bausteines als teurer gegenüber dem Ersetzen eines einzelnen defekten Bauelementes erscheinen könnte, ist als wesentlicher Wirtschaftlichkeitsfaktor die eingesparte Arbeitszeit und nicht die Materialmehrkosten eines Moduls einzukalkulieren.
Das Auffinden eines ausgefallenen Moduls ist relativ einfach, verglichen mit der Störungssuche bei Schaltungen aus diskreten Einzelelementen. Die durch Suchen, Nachmessen, Austausch mutmasslicher Störquellen (besonders bei Leiterplatten-Schaltkreisen) aufgewendete Zeit wiegt in den meisten Fällen durch den Ersatz eines Moduls anfallenden Kosten auf.
Du Pont stellt z. Z. neben zahlreichen Widerstands- und Leitpräparaten siebdruckbare Dielektrika, Leiterkreuzisoliermassen sowie Glasuren zum Einkapseln her. Mit der Herstellung von Schaltkreisen, über eine Laborfertigung für Versuchszwecke hinaus, befasst sich Du Pont nicht; im Lieferprogramm sind lediglich die oben beschriebenen Präparate enthalten.
Die Widerstandspräparate liefern Flächenwiderstände zwischen < 1 und 100.000 Ω / Quadrat mit TK-Werten < 300 ppm / °C, wobei jeder Zwischenwert durch Mischung zweier im jeweiligen Nachbarbereich liegender Widerstandmassen erhalten werden kann. Die Leitpräparate sind, je nach Art des enthaltenden Grundmetalls in 4 Gruppen eingeteilt:
Platin/Gold, Palladium/Gold, Gold und Palladium/Silber. Eine Neuentwicklung stellt eine Serie von Leitpräparaten dar, die sich durch besonders grosse Substrathaftung auszeichnen.
Zur Isolierung von kreuzenden Leiterzügen gegeneinander werden Leiterkreuzisolierpasten («crossover») verwendet. Diese ebenfalls von Du Pont hergestellten Isolierpräparate (Isolationswiderstand 10^{13} Ω) besitzen nach dem Einbrennen eine Dielektrizitätskonstante von 6—9 und einen Verlustfaktor < 2 % (10 kHz).
Von den beiden zur Verfügung stehenden Dielektrika ist eines auf Titanatbasis mit hohen Dielektrizitätskonstanten zwischen 400 und 800 (Abblockkondensatoren) aufgebaut; das zweite — auf Glasbasis — mit einer Dielektrizitätkonstante von 12 (Güte 500—1 MHz) eignet sich besonders zur Herstellung von Abstimmkondensatoren. Beide Dielektrika sind mit sämtlichen als Elektrodenmaterial empfohlenen Leitpräparaten verträglich.
Zum Schutz der Filme gegen äussere Einflüsse hat Du Pont eine Einkapselpaste entwickelt, mit der entweder ein Teil oder das ganze Substrat bedruckt werden kann. Zusätzlich besteht noch die Möglichkeit, den Modul in Epoxyharz einzugiessen.

«Krieg im Äther»

Die nächsten Vorlesungen an der ETH, zu welchen Mitglieder des EVU und Leser des «Pionier» freundlich eingeladen sind, finden wie folgt statt:

Zeit: jeweils von 17.15 bis 18.30 Uhr.

Ort: Eidg. Technische Hochschule, Zürich, Physikgebäude 22 C.

18. Dezember 1968

Einige Probleme moderner Nachrichtensatelliten
(Dr. W. Guggenbühl, Contraves AG, Zürich)

8. Januar 1969

Spezielle Probleme bei der Entwicklung programmgesteuerter, elektronischer Telezentralen
(Dipl.-Ing. J. von Ballmoos, Hasler AG, Bern)

5. Februar 1969

Infrarot- und Ortungstechnik zur Vermessung von Lenkwaffen
(Dr. P. Aemmer, Albiswerk Zürich AG)

19. Februar 1969

Podium-Konferenz
(Dipl.-Ing. H. Steinmann, Abt. für Uebermittlungstruppen, Bern)