

YAMAICHI MAGAZINE & PAPERS



Y-FLEX

Die Zukunft bei schnellen
Datenübertragungen

0|4
2|1



YAMAICHI
ELECTRONICS



Y-FLEX



die Zukunft bei schnellen Datenübertragungen

Herkömmliche Technologien wie FFC/FPC- (Flexible Flat Cable / Flexible Printed Circuit) oder Mikro-Koaxialkabel stoßen, bei höchsten Anforderungen an die Zuverlässigkeit und gleichzeitig stetig ansteigenden Datenübertragungsraten zwischen intern verbauten Leiterplatten, an ihre Grenzen. Die Y-FLEX-Technologie bietet einen innovativen und dennoch altbewährten Ansatz, der die Vorteile der klassischen Methoden vereint, jedoch den Anforderungen technisch anspruchsvoller Produkte besser gerecht und somit zukünftig immer häufiger zum Einsatz kommen wird.

Bereits im Jahr 1997 etablierte die Firma Yamaichi Electronics die ersten Y-FLEX Leitungen auf dem Markt. Das Produkt war vor knapp 25 Jahren seiner Zeit weit voraus und wurde vom Markt daher nur sehr zögerlich angenommen. Dennoch glaubte der Hersteller von Steckverbindern, Testsockeln und Flachkabeln an die Technologie und entwickelte diese bis heute kontinuierlich weiter. Diese Zuversicht zahlt sich nun aus.

Die Y-FLEX-Leitung ist eine spezielle High-Speed-FPC, die besonders für hohe Datenübertragungsraten ideal geeignet ist. Dies wird durch verschiedene Merkmale wie LCP (Liquid Crystal Polymer) als Grundmaterial, die Kontaktierung verschiedener Schichten mit sogenannten Silberbumps und dem speziellen, zu 100% reproduzierbaren Produktionsprozess realisiert.



Abb.1 HF507 Serie in 90° Ausführung

Um besonders hohe Übertragungsgeschwindigkeiten zu erreichen, ist eine spezifische Abstimmung mit dem verwendeten FFC/FPC-Steckverbinder essentiell. Grundsätzlich kann das Steckgesicht der Y-FLEX auf jeden üblichen ZIF/Non-ZIF/LIF-Steckverbinder angepasst werden. Um jedoch die optimale Performance zu erreichen, sind die eigens dafür entwickelten High-Speed ZIF/Non-ZIF-Steckverbinder, wie beispielsweise die der HF507 Serie (Siehe Abb.1) von Yamaichi, am besten geeignet.



Der Autor:

Markus Pichler (BEng)

Regional Sales Manager
mit mehr als 10 Jahren Entwicklungserfahrung u.a.
im Bereich FFC/FPC-Leitungen und Steckverbinder bei Yamaichi Electronics

Für die hohe Zuverlässigkeit und die bemerkenswerten Datenübertragungseigenschaften der Y-FLEX nimmt der nachfolgend beschriebene Fertigungsprozess eine entscheidende Rolle ein:

In Schritt 1 (siehe Abb.2a) wird die Silberpaste in Form eines pyramidenähnlichen Kegels (Silberbump) auf eine Kupferfolie aufgebracht. Danach wird eine Folie des LCP-Isolationsmaterials sowie eine weitere Kupferlage unter Vakuum und Wärme verpresst (siehe Abb.2b). Diese beiden Schritte nehmen eine Schlüsselstellung im Produktionsprozess ein. Eine bestimmte Höhe der Silberpaste einerseits, sowie definierte Presskonditionen andererseits sind erforderlich, um die optimale Kontaktierung und die notwendige mechanische Festigkeit zu den verschiedenen Kupferlagen zu erzielen.

In den Schritten 3-5 (siehe Abb. 2c) wird die Y-FLEX durch Aufbringen und Entwickeln eines Fotolacks für die anschließende Präzisionsätzung vorbereitet. Dabei wird das nicht benötigte Kupfer hochpräzise entfernt und bietet somit größtmögliche Genauigkeit bei maximaler Gestaltungsfreiheit der Leiterbahnen. Das Reinigen und Aufbringen einer Schutzlage in den Schritten 6-8 (siehe Abb. 2c) verleiht der Y-FLEX Stabilität und einen Isolationsschutz.

Y-FLEX Fertigungsprozess

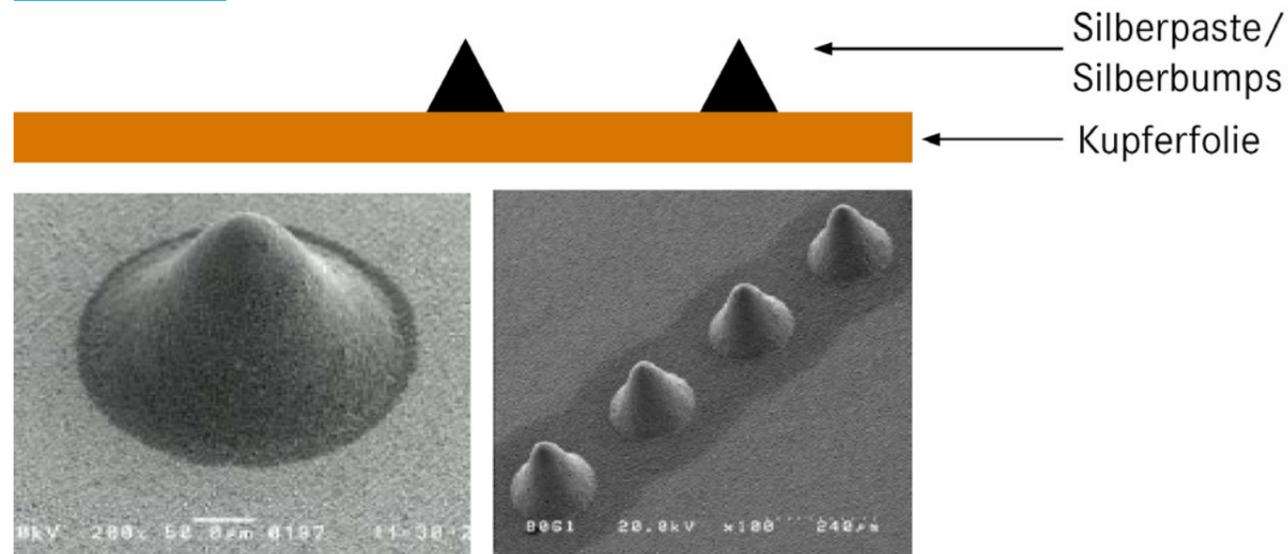


Abb.2a: Schritt 1: Aufbringen der Silberpaste auf die Kupferfolie (100- und 200-fache Vergrößerung)

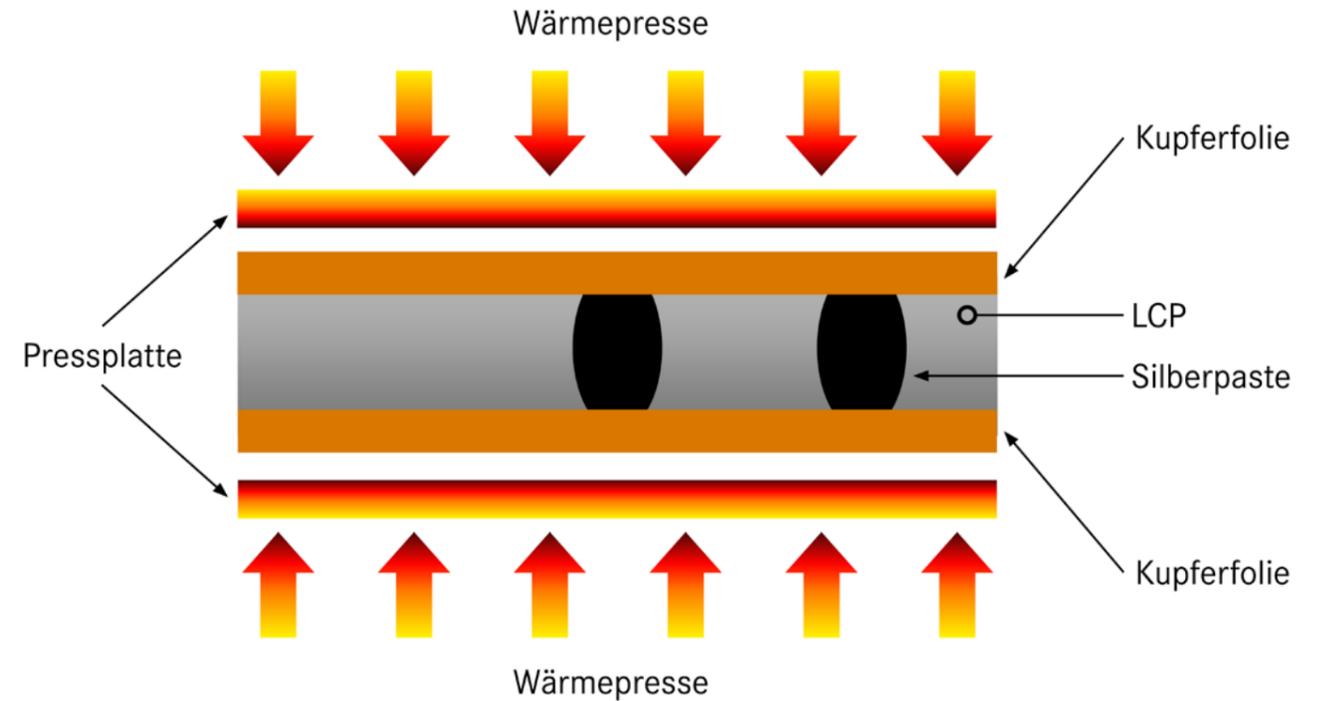
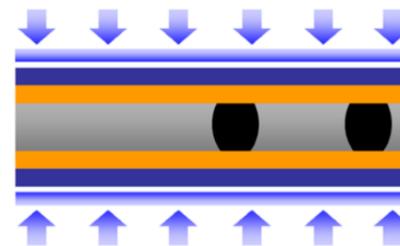
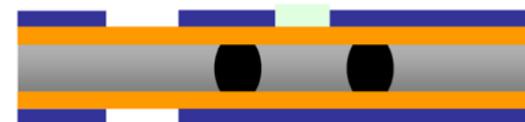


Abb.2b: Schritt 2: Wärmeverpressung der verschiedenen Lagen

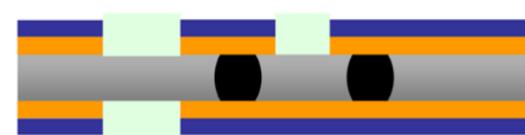
3 Photolack aufbringen



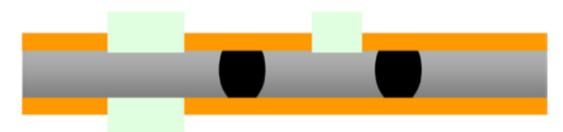
4 Entwickeln



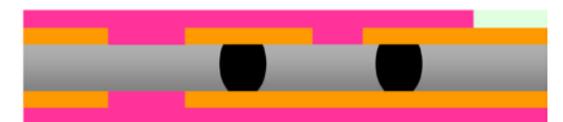
5 Ätzen



6 Photolack entfernen



7 Schutzlage aufbringen



8 Oberflächenbehandlung

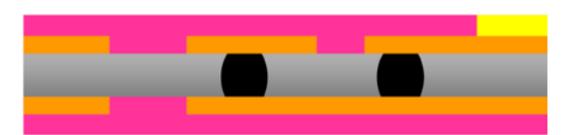


Abb.2c: Schritte 3-8: Präzisionsätzung und Beschichtung

Im Vergleich zu Y-FLEX, Mikro-Koax und FPC ist das am weitesten verbreitete flexible Flachbandkabel die FFC. In vielen Anwendungen werden FFCs auch in Zukunft zu Recht zum Einsatz kommen. Besonders wenn größere Kabellängen (> 0,5 m) oder keine besonders hohen Signalübertragungsraten (< 3 Gbps) erforderlich sind. Bei FFCs können Leiterbahnbreiten und Abstände in einem gewissen Maß variabel gestaltet werden, um die Datenraten zu erhöhen. Dies bedeutet jedoch einen hohen Fertigungsaufwand. Bei der Y-FLEX-Technologie dagegen können aufgrund der größeren Gestaltungsflexibilität wesentlich höhere Übertragungsgeschwindigkeiten erreicht werden. Wo beispielsweise FFCs geknickt werden müssen, kommt die Y-FLEX durch die Möglichkeit einer speziellen Formgebung komplett ohne Faltung aus und hat somit deutlich bessere Reflexionseigenschaften. Zusätzlich können Bauteile auf der Y-FLEX platziert werden, um beispielsweise die Dämpfungseigenschaften zusätzlich zu verbessern (siehe Abb. 3).

Y-FLEX im Vergleich zu FFC und FPC

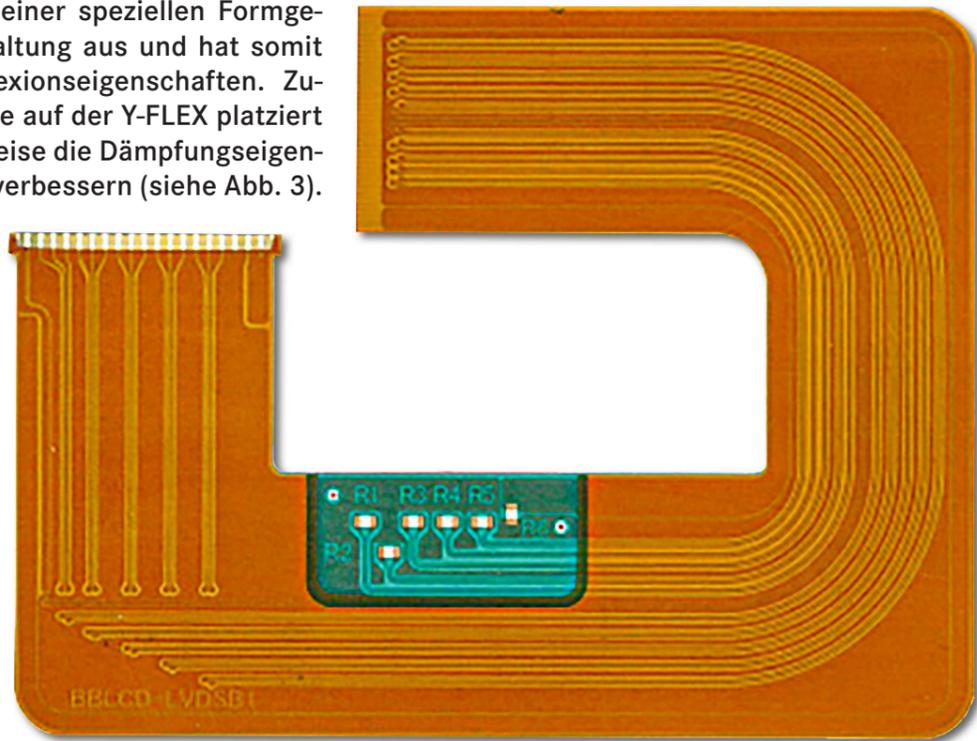


Abb.3: Y-FLEX mit homogenen Leiterbahnen und Widerständen

Bei Standard-FPCs wird die elektrische Verbindung zwischen den einzelnen Kupferlagen mittels THT-Durchkontaktierung (Through Hole Technology) hergestellt. Wie im Fertigungsprozess erwähnt, geschieht dies bei der Y-FLEX durch eine spezielle Verpressung der leitenden Silberpaste durch das LCP-Material hindurch, wodurch eine leitende Verbindung zwischen den einzelnen Kupferbahnen hergestellt wird. Indem die

Silberbumps lediglich das Isolationsmaterial zwischen den Kupferlagen durchdringen – nicht aber die Kupferschicht selbst – wird eine homogenere Struktur als bei der THT-Durchkontaktierung erreicht und eine zusätzliche Oberflächenbehandlung sowie etwaige Materialfüller in den Bohrungen entfallen (Siehe Abb.4).

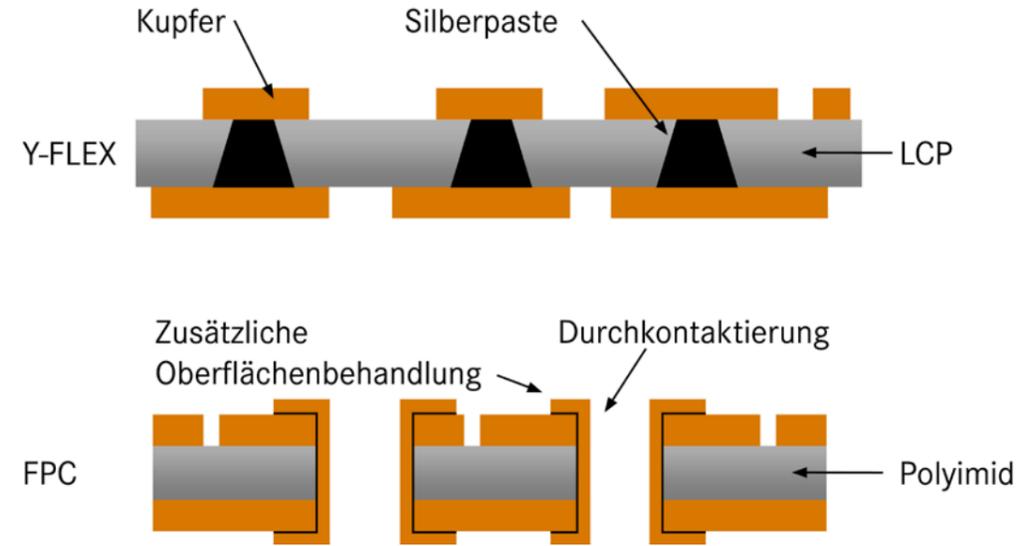


Abb.4: Y-FLEX zu FPC - Vergleich im Aufbau

Die Standard Y-FLEX besteht aus zwei Lagen. Die Technologie erlaubt jedoch deutlich mehr Kupferlagen. In Versuchen wurden bereits 10 Lagen realisiert, in der Praxis fanden bis zu 4 Kupferlagen Anwendung. Der größte Unterschied im Vergleich zu FPCs liegt allerdings im Isolationsmaterial. Im Gegensatz zu Standard-Polyimiden, welche bei herkömmlichen FPCs zum Einsatz kommen, weist das Isolationsmaterial LCP der Y-FLEX eine deutlich niedrigere Dielektrizitätskonstante ϵ und einen Leistungsfaktor $\tan \delta$ bei hohen Frequenzen auf (siehe Abb. 5). Somit ist die Dämpfung erheblich geringer und die Datenübertragungsraten deutlich höher als bei Standard-FPCs.

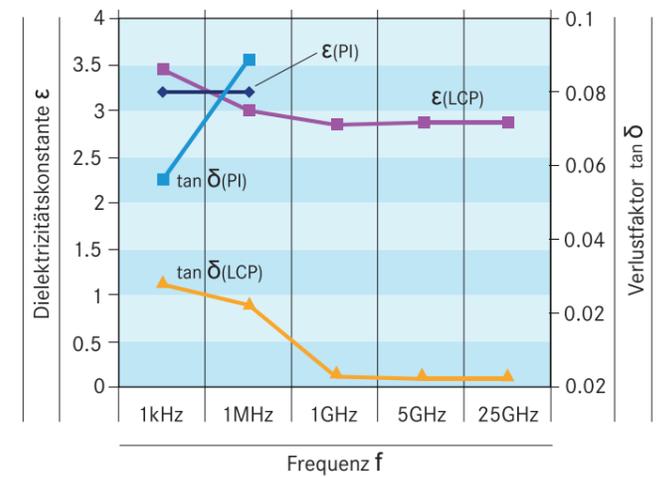
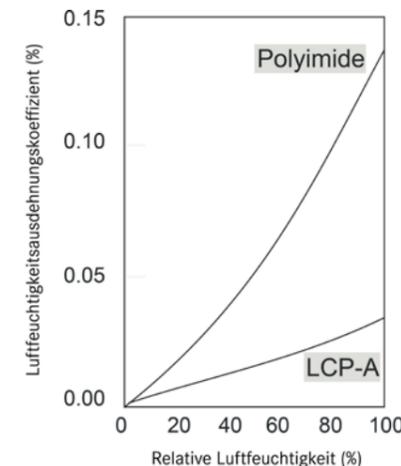


Abb.5: Dielektrizitätskonstante und Leistungsfaktor von LCP und PI

Abb. 6: Hygroskopische Eigenschaften LCP und Standard-Polyimide



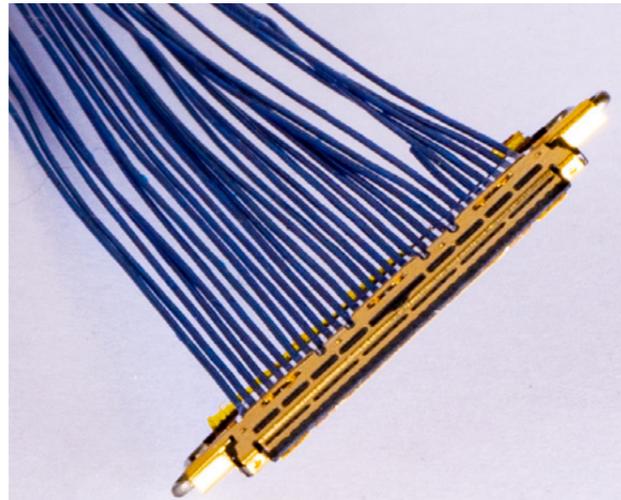
Zudem hat LCP bessere hygroskopische Eigenschaften als Standard-Polyimide (Siehe Abb. 6), wodurch die Verarbeitung erleichtert wird und Leiterbahnabstände sowie Leiterbahnbreiten von weniger als 30 μm bei höchster Genauigkeit realisiert werden können. Außerdem ist der Einsatz in Bereichen mit hoher Luftfeuchtigkeit deutlich stabiler.

Wie bei FFCs und FPCs üblich, können auch bei der Y-FLEX Schirmfolien zur Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) eingesetzt werden.

Aufgrund der genannten Nachteile der FPC-Leitungen im Hochfrequenzbereich, wird bei Anwendungen mit hohen Datenübertragungsraten häufig zu Mikro-Koaxialkabeln gegriffen. Durch die bereits erwähnten Eigenschaften der Y-FLEX, stellt diese auch in diesem Vergleich eine zuverlässige Alternative dar. Übertragungsstandards wie PCIe Gen 4 (16 GT/s), USB 3.2 Gen 2 (10 Gbps) oder eDP HBR 3 (8,1 Gbps) können mit der Y-FLEX bedenkenlos erreicht werden. Bei neuesten Messungen der aktuellen Y-FLEX-Generation wurden, in Verbindung mit FFC/FPC-Steckverbindern der HF507-Serie (Siehe Abb. 1), sogar Datenraten von 56 Gbps (PAM4) über eine Kabellänge von 100mm realisiert.



Y-FLEX im Vergleich zu Mikro-Koaxial- kabeln



Durch den beschriebenen Fertigungsprozess (v.a. Präzisionsätzen und LCP-Material als Isolator) hat die Y-FLEX einen ganz entscheidenden Vorteil: Sie ist zu 100% reproduzierbar. Das heißt alle Leiterbahnen sind komplett identisch und erreichen somit beispiellos konstante Übertragungseigenschaften über die gesamte Länge.

Bei Koaxialkabeln dagegen weist, aufgrund der Litzenstruktur, das Verhältnis von Innen- zu Außenleiter (Siehe Abb.7: Mikro-Koaxialkabel) Unterschiede entlang des Kabels auf. Ein noch entscheidenderer Einflussfaktor ist das Assemblieren

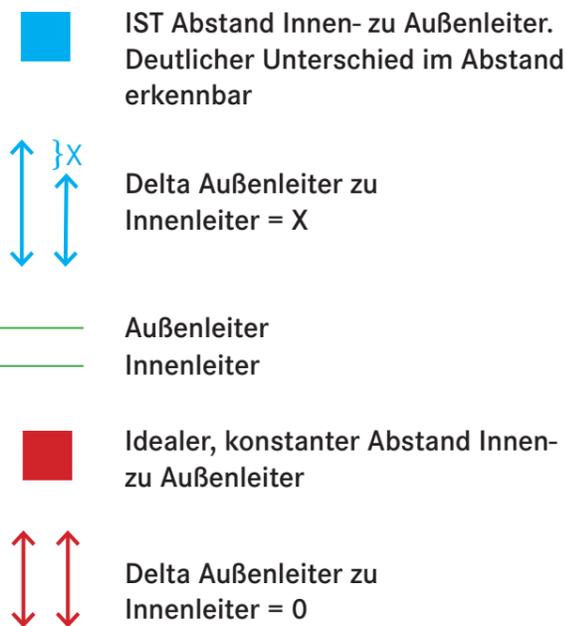
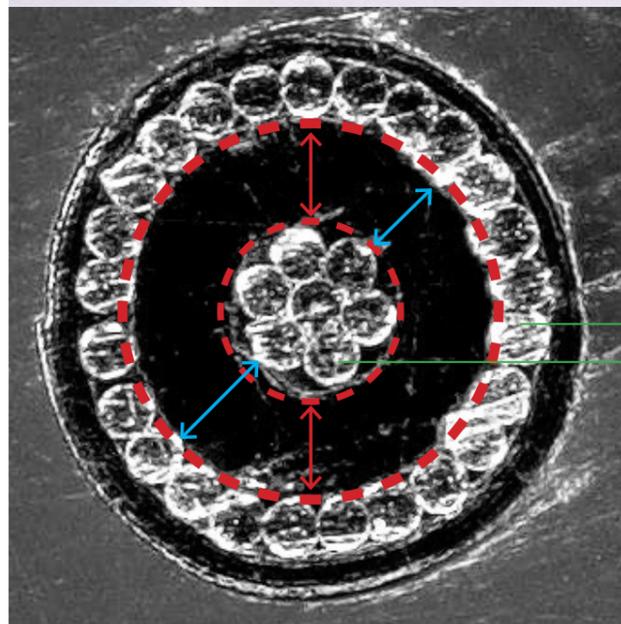


Abb.7: Mehrdriges Mikro-Koaxialkabel und einzelne Leitung im Querschnitt

der einzelnen Koaxialleiter an den Steckverbinder am Ende der Leitung. Hier kann es zu Längen- und dadurch Laufzeitunterschieden der einzelnen Leitungen kommen. Zudem wird die Homogenität beim Übergang in den Steckverbinder negativ beeinflusst. Schwankungen der Impedanz sind die Folge. Eine exakt gleiche Performance in jedem einzelnen Leiter ist bei Mikro-Koaxialkabeln deshalb nicht möglich. Zudem ist der Fertigungsprozess aufwendig und die Y-FLEX-Technologie hat daher vor allem bei höheren Stückzahlen einen Kostenvorteil.

Die Entwicklung von höchstzuverlässigen Komponenten bei steigender Komplexität schreitet – wie bereits erwähnt – kontinuierlich voran. Weil die Leistungsmerkmale der neuen Gerätegenerationen im Elektronikbereich immer umfangreicher werden, stoßen herkömmliche Technologien und Fertigungsmethoden oft an ihre Grenzen. Daher weckt die altbewährte Y-FLEX-Technologie, aufgrund der angeführten Vorteile, bei vielen zukunftsorientierten Unternehmen im Elektronikbereich immer größeres Interesse.

Die Firma Rohde & Schwarz – Technologiemarktführer u.a. in Bereichen wie Mobilfunk- und Hochfrequenzmesstechnik – hat diese Vorteile erkannt und setzt die Y-FLEX Leitungen in vielen verschiedenen Produkten ein, um deren Zuverlässigkeit und Performance auf das höchstmögliche Niveau zu bringen. Neben dem neuen 5G-Mobilfunktester und verschiedenen Messgeräten kommt die Y-FLEX im R&S®QPS (Quick Personnel Security Scanner) der Firma Rohde & Schwarz zum Einsatz.

R&S®QPS Quick Personnel Security Scanner

Der R&S®QPS ist ein Sicherheitsscanner, der dem Wunsch nach einer unaufdringlichen und für die Testperson unkomplizierten, dabei hochgenauen und effizienten Sicherheitskontrolle gerecht wird. Er besteht aus flachen Detektionswänden, in denen mehrere tausend Sendeantennen nacheinander in sehr schneller Folge Millimeterwellen äußerst geringer Leistung senden und ebenso viele Empfangsantennen Informationen aufnehmen. Die zu überprüfende Person stellt sich dazu kurz zwischen die Detektionswände mit leicht abgespreizten Armen (siehe Abb. 8) [1].



Abb.8: R&S®QPS Quick Personnel Security Scanner [1]

Einsatz der Y-FLEX beim EMV-Mess- technik Marktführer Rohde & Schwarz

Der Bediener startet den Scanprozess über ein Touch-Panel und bekommt innerhalb kürzester Zeit das Ergebnis für potenziell bedrohliche Objekte jeder Art auf diesem dargestellt. Neben Vorteilen wie einer einfachen Bedienung, offenen Testsituation ohne Kabine, hervorragenden Körperabdeckung und vielen mehr, wurde von Rohde & Schwarz größter Wert auf möglichst niedrige Prozesszeiten für einen größtmöglichen Durchsatz gelegt. Um den dafür benötigten, extrem kurzen Scan-Vorgang zu gewährleisten ist eine schnelle Datenübertragung von höchster Bedeutung.

Andreas Schießl, Leiter der Hardwareentwicklung für Security Scanner bei Rohde & Schwarz, erklärt die Funktionsweise wie folgt:

„Der QPS besteht aus 2 großen Detektionswänden, sogenannten Paneelen. Jedes Paneel wiederum enthält 32 Module (Cluster) mit jeweils 96 Sende- und Empfangsantennen. Hinter jedem Empfänger sitzt ein AD-Wandler, welcher die analogen in digitale Signale umwandelt. Während des Scans puffert das Cluster die digitalen Signale. Die schnelle digitale Datenübertragung zwischen den Modulen und dem Zentralrechner erfolgt über Y-FLEX Leitungen, die die Module in einer Reihenschaltung verbinden. Im Anschluss an den Scan übertragen die Module die Daten über die Y-FLEX-Kette an den Zentralrechner, der nach weniger als 100 Millisekunden die Datenauswertung startet und nach kürzester Zeit dem Bediener das Ergebnis des durchgeführten Scans übermittelt.“

Von den über 3.000 Empfängern eines jeden Paneels, findet ein Datentransfer von insgesamt mehreren Gigabyte pro Scan statt. Um Datenübertragungsrate und -zuverlässigkeit an dieser äußerst wichtigen Stelle herstellkostenoptimiert auf das maximale Level zu bringen, hat das Entwicklungsteam um Andreas Schießl mehrere Lösungsmöglichkeiten in Betracht gezogen.

Richard Rasch, Hauptkonstrukteur der Mechanik des QPS begrüßt die Flexibilität der Y-FLEX: „Durch das Einsetzen der Y-FLEX können wir mechanische Toleranzprobleme, welche beim Einsatz von FPC- oder PCB-Lösungen auftreten, einfach umgehen. Auch anfängliche Bedenken bei der Verarbeitbarkeit in der Fertigung wurden schnell entkräftet. Der Fertigungsprozess ist keinesfalls aufwendiger als bei vergleichbaren Flachleitungen“.

„Allerdings haben die elektrischen Eigenschaften zusammen mit der Wettbewerbsfähigkeit der Y-FLEX am Ende den entscheidenden Ausschlag gegeben,“ sind sich Richard Rasch und Andreas Schießl einig“.

„Wir erreichen mit der Y-FLEX eine Datenübertragungsrate von 12,5 Gbit/s pro Leitungspaar über eine Länge von knapp 400mm in einer elektromagnetisch anspruchsvollen Umgebung. Durch den Einsatz mehrerer Y-FLEX Leitungen können wir unsere äußerst hohen Anforderungen an die Übertragungsgeschwindigkeit solide erfüllen. Des Weiteren haben der stabile

Fertigungsprozess und die daraus resultierende höchste Zuverlässigkeit sowie deutlich niedrigere Kosten, als bei einer Mikro-Koaxialleiter-Lösung, uns von dem Einsatz der Y-FLEX überzeugt“, so Andreas Schießl.

Weitere Märkte für den Einsatz der Y-FLEX

Neben der Messtechnik sieht Y-FLEX-Hersteller Yamaichi Electronics das Produkt in vielen weiteren Zukunftsmärkten. Autonomes Fahren ist längst keine Vision mehr. Die Einbauräume in den ECUs (Electronic Control Units) werden immer enger. Wo Board-to-Board Steckverbinder-Lösungen nicht möglich sind, können die äußerst flexiblen und zuverlässigen Y-FLEX eingesetzt werden und somit beste Übertragungseigenschaften sicherstellen.

Sehr hohe Datenübertragungsraten sind im Bereich Data Networking, z.B. in der Hardware für 5G-Funknetzinfrastrukturen gefordert. Konkret kommt die Y-FLEX in der sog. RRU (Remote Radio Unit) zwischen dem Main Board und der Antennenbaugruppe zum Einsatz. Da die RRU außentauglich und allwetterfest sein muss, bietet hier die Y-FLEX durch ihre hygroskopischen Eigenschaften eine weitaus höhere Stabilität und somit bessere elektrische Eigenschaften als jede herkömmliche FPC mit Polyimid-Substrat als isolierende Schicht. In der Bildverarbeitung werden durch immer höhere Auflösungen stetig steigende Anforderungen an die Datenübertragung gestellt. Speziell im medizinischen Bereich ist zudem höchste Stabilität bei Bildübertragungen essentiell und potenziell lebensrettend. Die Y-FLEX wird hier bereits in verschiedenen Bildverarbeitungssystemen zwischen dem Mainboard und dem Monitor eingesetzt.

Christoph Prem, Sales und Marketing Director bei Yamaichi Electronics, sieht positiv in die Zukunft für die Y-FLEX Technologie:

„Seit 1997 sind wir mit der Basistechnologie der Y-FLEX bereits auf dem Markt. In Deutschland erwies sich der Marktzugang zunächst als schwieriger, da die Anforderungen an die zu übertragenden Datenraten in den ersten Jahren bei Weitem noch nicht so hoch waren. Umso mehr freuen wir uns, dass der Messtechnik Marktführer Rohde & Schwarz die herausragende Technologie der Y-FLEX schon vor einigen Jahren erkannt hat und diese mittlerweile in einer Vielzahl von Projekten einsetzt. Auch in Märkten neben der Messtechnik melden große Unternehmen und Branchenmarktführer ihr Interesse an der Y-FLEX. Das Produkt bekommt durch seine hervorragenden elektrischen Eigenschaften, und die höheren Ansprüche an die Datenübertragung

in verschiedensten Applikationen, immer mehr Aufmerksamkeit. Wir sind uns sicher, dass die Y-FLEX in vielen unterschiedlichen Branchen in Zukunft Anwendung finden wird.“



	Impedanzkontrolle des Kabels	Signalübertragung und Abschirmung	Mechanische Belastbarkeit	Zuverlässigkeit	Kosten
Y-FLEX	Impedanzanpassung relativ einfach Bei hoher Luftfeuchtigkeit konstant	Sehr gute Dämpfung bei hohen Frequenzen Sehr hohe Datenraten Sehr gute EMV-Schirmung	Gute Biegeeigenschaften Robust	Sehr stabiler Produktionsprozess 100% reproduzierbar Einfacher Einbau in Endprodukt	Sehr günstig bei hohen Stückzahlen Initialkosten bei speziellen Designs
Mikro Koax	Impedanzanpassung für spezielle Werte sehr aufwendig	Gute Dämpfung bei hohen Frequenzen Sehr hohe Datenraten Sehr gute EMV-Schirmung	Gute Biegeeigenschaften Empfindlicher Übergangsbereich in notwendigen Kabelstecker	Empfindlicher Produktionsprozess Nicht 100% reproduzierbar Einfacher Einbau in Endprodukt	Teuer bei hohen Stückzahlen Ggf. geringe Initialkosten
FPC	Impedanzanpassung sehr aufwendig und mit hohem Fertigungsaufwand verbunden	Schlechte Dämpfung bei hohen Frequenzen Niedrige Datenraten Sehr gute EMV-Schirmung	Gute Biegeeigenschaften Robust	Empfindlicher Produktionsprozess Nicht 100% reproduzierbar Einfacher Einbau in Endprodukt	Sehr günstig Ggf. geringe Initialkosten Initialkosten bei speziellen Designs
FPC	Impedanzanpassung relativ einfach; bei hoher Luftfeuchtigkeit nicht konstant, da Feuchtigkeitsempfindlichkeit durch PI	Weniger gute Dämpfung bei hohen Frequenzen Mittlere Datenraten Sehr gute EMV-Schirmung	Gute Biegeeigenschaften Robust	Sehr stabiler Produktionsprozess Reproduzierbarkeit möglich Einfacher Einbau in Endprodukt	Günstig bei hohen Stückzahlen Initialkosten bei speziellen Designs

Abb.9: Zusammenfassung: Flachkabel im Vergleich

Quellenverzeichnis:

[1]: Quelle: https://www.rohde-schwarz.com/de/produkt/qps-produkt-startseite_63493-332676.html (10.02.2021)

0|4
2|1

YAMAICHI MAGAZINE & PAPERS

