

Transverter for 145 & 241 GHz

Michael Kuhne, DB6NT

DEUTSCH

Kurzfassung:

Ein einfacher Transverter basierend auf einem Harmonic-Mischer mit einer GaAs Beamlead Diode erlaubt den experimentellen Betrieb auf den beiden obersten mm-Bändern, die Amateuren zur Verfügung stehen. Das gleiche Konzept hat sich bereits bei 47 und 76 GHz Transvertern bewährt. Eine geeignete Antennenkonstruktion und einfache Messmittel werden beschrieben.

Einführung:

Die Transverter sind eine Abwandlung der 47 GHz #2 Schaltung. Der Mischer wird bei 145 GHz mit der 6. Harmonischen der LO betrieben, bei 241 GHz mit der 10. Harmonischen. Die Mischerschaltung für diese Bänder unterscheidet sich nur durch die masseseitige Freiätzung der Leiterplatte sowie des Rundhohlleiterdurchmessers zur Ankopplung an die Antenne. Der Hohlleiter ist in Form einer Bohrung in das Alugehäuse realisiert, dessen Cut-off dicht unter der Betriebsfrequenz liegt und somit eine Unterdrückung niederfrequenter Signale gewährleistet. Die Mischerdiode ist direkt über dem Hohlleiter auf einer 0,125 mm starken Teflonleiterplatte angeordnet. Diese vereinfacht den mechanischen Aufbau und umgeht aufwendige Mikromechanik.

Zum Betrieb können zwei Transverter mit um die ZF-Versetzte LO arbeiten und somit im Sendefall die Mischdämpfung (ca. 10dB) zu sparen. Dabei ist nur Betrieb in CW durch Tasten der LO möglich. Die Ausgangsleistung ist aufgrund der Oberwellenmischung extrem klein und die Rauschzahl denkbar schlecht. Dennoch wurden auf 145 GHz mit diesen Geräten 3 km überbrückt. Die Schaltung soll einen ersten Einstieg in die Bänder ermöglichen und zu weiteren Verbesserungen und Versuchen ermutigen.

Der Transverter besteht aus zwei Baugruppen: einerseits die 12 GHz Frequenzaufbereitung (ca. 20 mW), andererseits der Transverter mit LO-Verdoppler, Harmonicmischer und ZF-Beschaltung. Die Schaltung wird in ein Alugehäuse mit entsprechenden Ausfräsungen für Leiterplatten und Hohlleiter eingebaut. Die Dimensionierung der Schaltung erlaubt den direkten Betrieb mit 2m-Geräten wie IC202 oder FT290 (max. 3 W).

Aufbau und Abgleich:

Das vom LO kommende Signal wird über eine Verstärkerstufe T1 dem Verdoppler T2 zugeführt. Danach steht eine Frequenz von 24 GHz mit einer Leistung von max. 20 mW zu Verfügung, die im Empfangsbetrieb zurückgeregelt wird. Das LO-Signal gelangt danach über einen Hohlleiterhochpass auf den Harmonicmischer. Der Hochpass ist als Ausfräsung im Alugehäuse realisiert und unterdrückt noch vorhandenen 12 GHz Anteile.

Vor dem Einbau der Mixerleiterplatte ist ein Abgleich der Verdopplerstufe notwendig. Dazu wird über ein Semi-Rigid-Kabel anstelle der Mixerplatine das Signal auf ein geeignetes Powermeter gekoppelt. Somit ist es möglich durch Anbringen von Abstimmföhnchen die Stufe zu optimieren. Um gute Massekontaktierung zu

erreichen, wird die Mixerleiterplatte mit Silberleitkleber bestrichen und danach in das Gehäuse geschraubt.

Die RX-TX Umschaltung sowie der ZF-Verstärker ist auf einer SMD-Leiterplatte untergebracht, die auf der anderen Seite des Transverters eingebaut wird. Mit zwei Bohrungen durch das Gehäuse wird Betriebsspannung und ZF auf die HF-Leiterplatten geführt. Die RX-TX Umschaltung ist für ein IC202 oder FT290 ausgelegt. (+ bei TX auf Innenleiter, IC202 umrüsten! DUBUS 2/91). Das TX-Dämpfungsglied ist für 3 W ausgelegt, kann aber auch an kleinere Steuerleistungen angepasst werden.

Der Einbau der Beamlead Diode erfolgt durch Einkleben mit Silberleitkleber H20S. Diese Arbeit ist nur unter dem Mikroskop möglich. Dazu werden zunächst die Kontaktflächen der Leiterbahnen mit Kleber bestrichen. Die Diode wird mittels eines feuchten Zahnstochers aus der Verpackung genommen und in den Leitkleber gedrückt. Goldfläche der Diodenanschlüsse zu Leiterplatte. Die Anschlüsse müssen mit Kleber umfassen sein um ein späteres Ablösen der Dioden zu vermeiden. Nach dem Aushärten (3h bei 100°C) kann die Kontaktierung mit dem Diodentester überprüft werden.

Der Abgleich des Mischers geschieht durch Anbringen eines Kupferfährchens oder Leitklebertupfers zwischen LO-Einkopplung und Diode, sowie durch Einstellen der optimalen ZF-Ansteuerleistung durch das 100 Ω Poti. Der DC-Arbeitspunkt wird einem 500 Ω Poti in der ZF-Zuleitung optimiert. Diese Abgleicharbeiten sollten wechselseitig am Spektrumanalysator erfolgen (DUBUS 2/92 Seite 14).

Wird der Transverter am Transceiver angeschlossen, muss eine Rauschzunahme zu hören sein. Durch Ein- und Ausschalten der LO ergibt sich eine deutliche Rauschänderung. Der Abgleich auf beste Rauschzahl erfolgt durch Einstellen der optimalen LO-Steuerleistung für Mischer. Dazu wird ein 250 Ω Potentiometer zwischen Drain und Source des BS170 gelötet und durch Abgleich mit einer Bake der Beste Wert ermittelt. Danach kann ein Festwiderstand eingebaut werden.

Zur Kontrolle des Mischerstroms kann ein kleines Messwerk (1 mA) in die Frontplatte des Gerätes eingebaut werden. Durch Umschalten des Transverters auf Sendebetrieb sowie durch Ansteuerung mit 144 MHz kann eine Stromänderung beobachtet werden.

Als Rechteckhohlleiter bietet sich der industriell gebräuchliche WR5 an. Er kann auf beiden Bändern noch verwendet werden und ermöglicht den Aufbau einer Zweibandantenne. In Verbindung mit einem 25 cm Parabolspiegels der Firma PROCOM kann eine gute Antenne realisiert werden. Aufgrund ihres hohen Gewinnes und des dadurch geringen Öffnungswinkels ist eine Visiereinrichtung unerlässlich. Kleine, preiswerte Zielfernrohre 4x15 (20 €) haben sich vielfach bewährt.

Mein besonderer Dank gilt OM Max München, DJ1CR, für Unterstützung zur Realisierung der Baugruppe.

Referenzen:

- [1] M. Kuhne, DB6NT, "47 GHz Transverter '2" DUBUS 1/1994
- [2] M. Kuhne, DB6NT, „LO für 24 und 47 GHz“ DUBUS 4/1990

Teile:**Leiterplatten:**

Kuhne electronic GmbH
Scheibenacker 3
D-95180 Berg / Oberfranken
Germany
Phone 0049 / 9293 – 800 939
Fax 0049 / 9293 – 800 938
Email info@kuhne-electronic.de
Internet www.db6nt.com

Beamlead Diode HSCH-9101 Agilent (Hewlett Packard)
durch Firma: BFI Tel. 0 60 74 – 40 98-0

ENGLISH

Abstract:

A simple transverter based on the proven subharmonic-mixer concept with a GaAs Beamlead Diode can provide experimental operation on the top mm-bands of the amateur allocation, i.e. on both 145 and 241 GHz. A suitable dual band antenna construction and measurement techniques are described.

Introduction:

The transverters are basically a modification of the successful 47 GHz circuit in [1]. The 145 GHz mixer is a 6th harmonic and the 241 GHz mixer is a 10th harmonic mixer. The only difference between the mixers are different circular waveguides and a different etched pattern on the ground side of the PCB. The waveguide is a hole in the aluminium box and operates just above cut off, to serve as a highpass filter for subharmonics. The mixer diode is fitted directly above the waveguide hole onto the 0.125 mm thick TFE-PCB.

For transmitting one possibility is to generate two LO-frequencies offset by the IF-frequency. This is useful for CW only, but has 10 dB more output power, when keying the LO.

In real transverter mode the output is very low and the noise figure is quite high because of the high order harmonic mixing. Nevertheless it was possible to achieve a distance of 3 km on 145 GHz and 1 km on 241 GHz. This simple circuit is intended as a starter for those who are interested in the two ultimate amateur mm bands.

The transverter is comprised of two modules. The first is the LO-module with an output of 20 mW on 12 GHz. The second is the mixer with integrated LO-doubler on 24 GHz and IF-circuit. The circuit is mounted in a machined aluminium box.

Introduction:

First the LO-doubler has to be aligned. A power meter is coupled to the output via a sort piece of semirigid. Tuning is performed by applying small tuning stubs made from copper foil.

After applying some silver epoxy cement to the ground side of the mixer board it is fastened with screws in the box. The IFR-board is mounted to the opposite side of the box. Supply voltage and IF are passed through small holes. T/R-switching is good for a FT-290 or modified IC-202 (see DUBUS 2/91). The attenuator for the 144 MHz transmit signal is good for 3 W.

The next step is the mounting of the beamlead diodes. Viewing the board through a microscope you have to put some silver epoxy cement H20S to the track on the PCB. Then pick up the diode from the package with a wet toothpick (Put Isopropyl on it) and apply it into prepared piece of the track. The gold plated ends of the diode are facing the track! Take care that the ends of the diode are completely covered by the silver paste. When the epoxy cement has hardened (3h at 100°C) check the connection with an Ohmmeter.

Tune mixer with small stubs between LO-port and diode. Adjust for optimum IF-drive power with the 100 Ω pot. Matching to the waveguide can be done with M5 screw. A spectrum analyser is a valuable tool at this stage (See DUBUS 2/92, pp. 14)

Connect transverter to a 144 MHz transceiver. Verify the noise increase by switching the LO. The best noise figure can be found by optimising the LO power. This is done by bridging the BS170 with a pot, tuning and subsequent exchange to a fixed resistor.

For checking the mixer current a small 1 mA meter can be fitted to the frontplate of the transverter.

As a rectangular waveguide you can use the industry standard WR5. It's usable on both 145 and 241 GHz. This means that you can construct a dual band feedhorn, which can be mounted into a 25 cm parabol from PROCOM. Because of the small aperture and the subsequent high gain of the antenna an aiming facility, for instance a telescope 4x15 is useful.

I have to thank OM Max München, DJ1CR, for the kind support of this special project.

References:

- [1] M. Kuhne, DB6NT, "47 GHz Transverter '2" DUBUS 1/1994
- [2] M. Kuhne, DB6NT, „LO für 24 und 47 GHz“ DUBUS 4/1990

Parts:

Ready made units or PCB:

Kuhne electronic GmbH

Scheibenacker 3

D-95180 Berg / Oberfranken

Germany

Phone 0049 / 9293 – 800 939

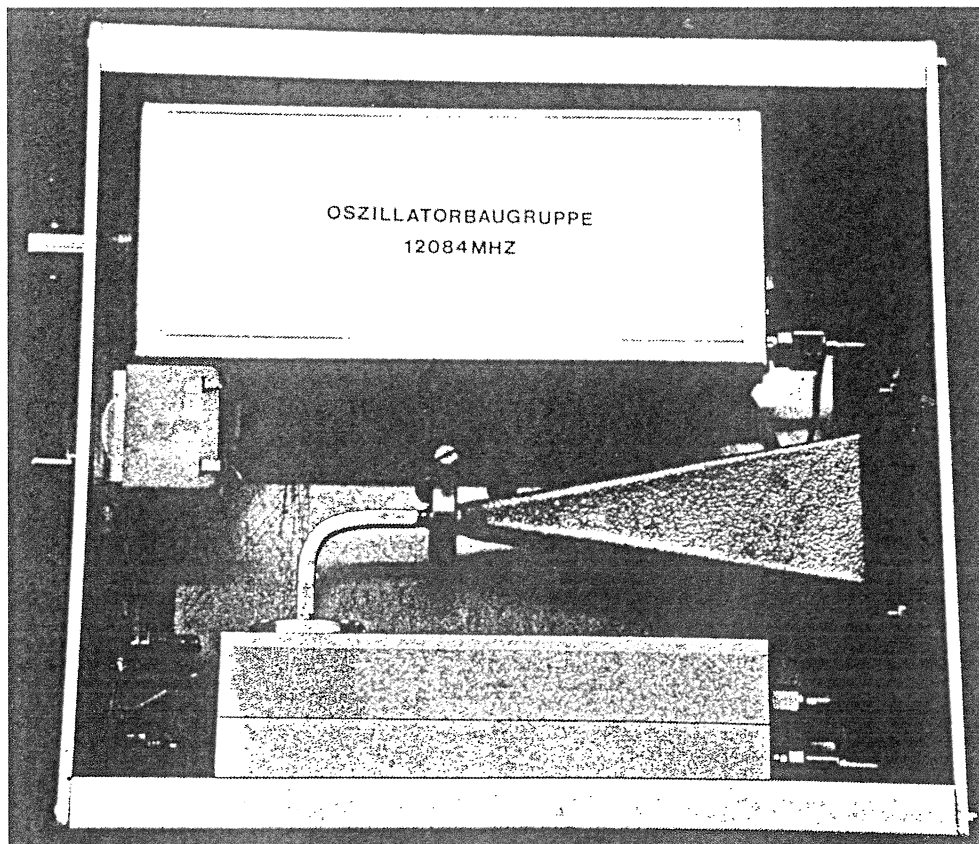
Fax 0049 / 9293 – 800 938

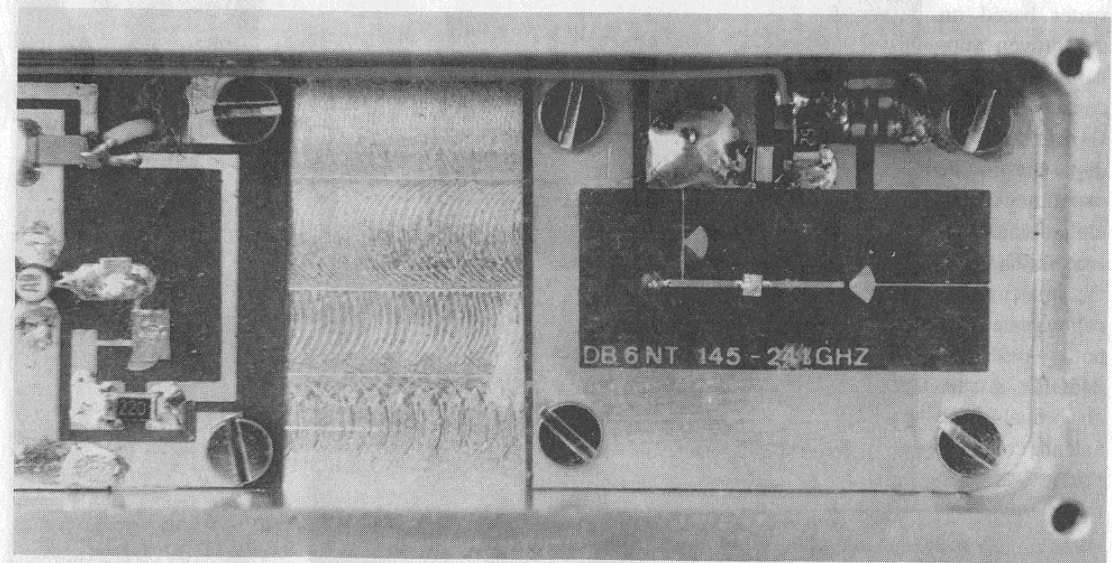
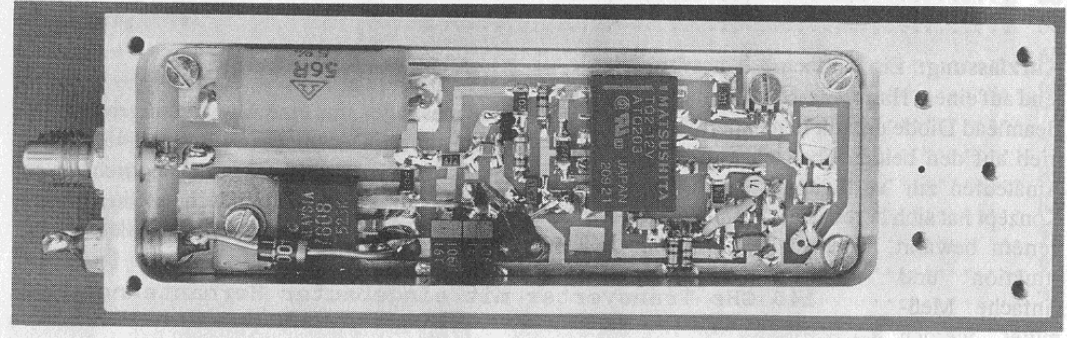
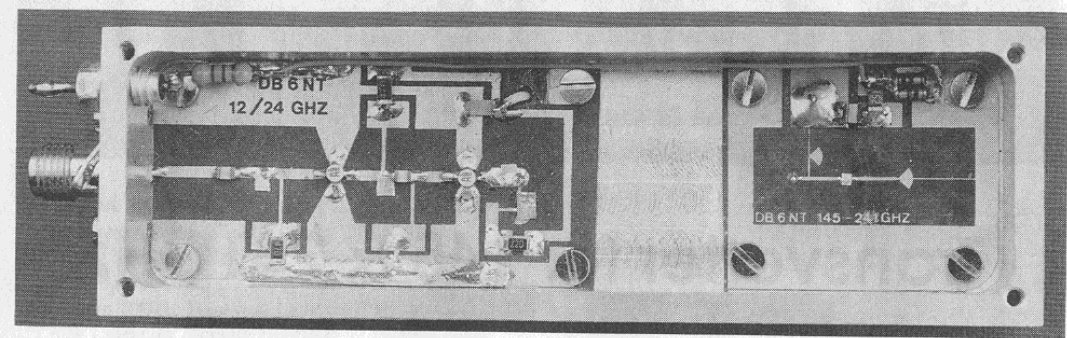
Email info@kuhne-electronic.de

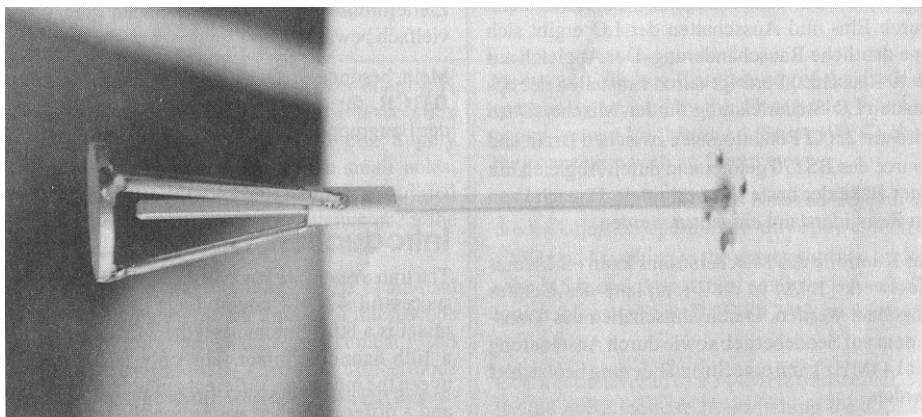
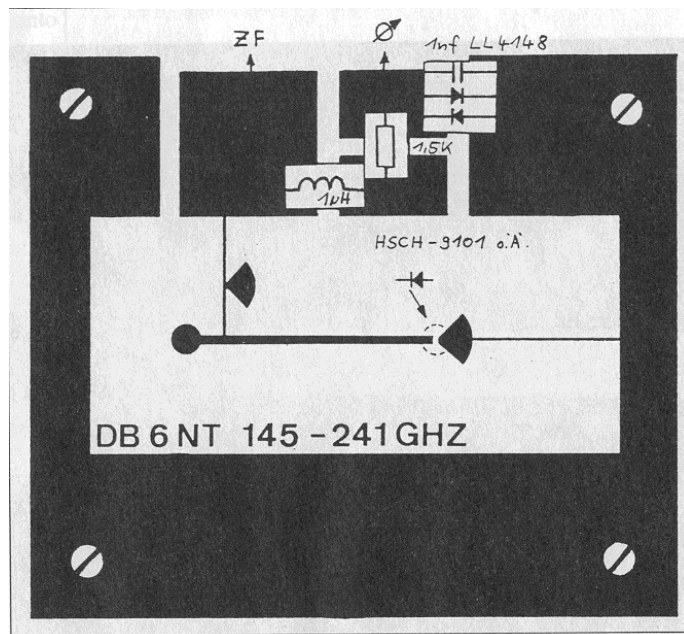
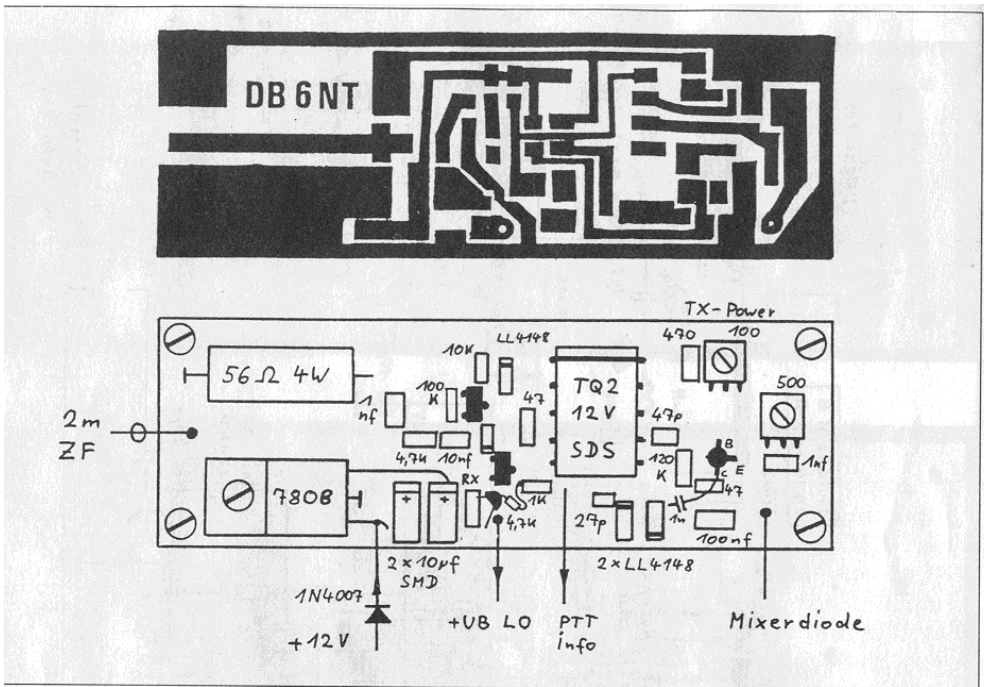
Internet www.db6nt.com

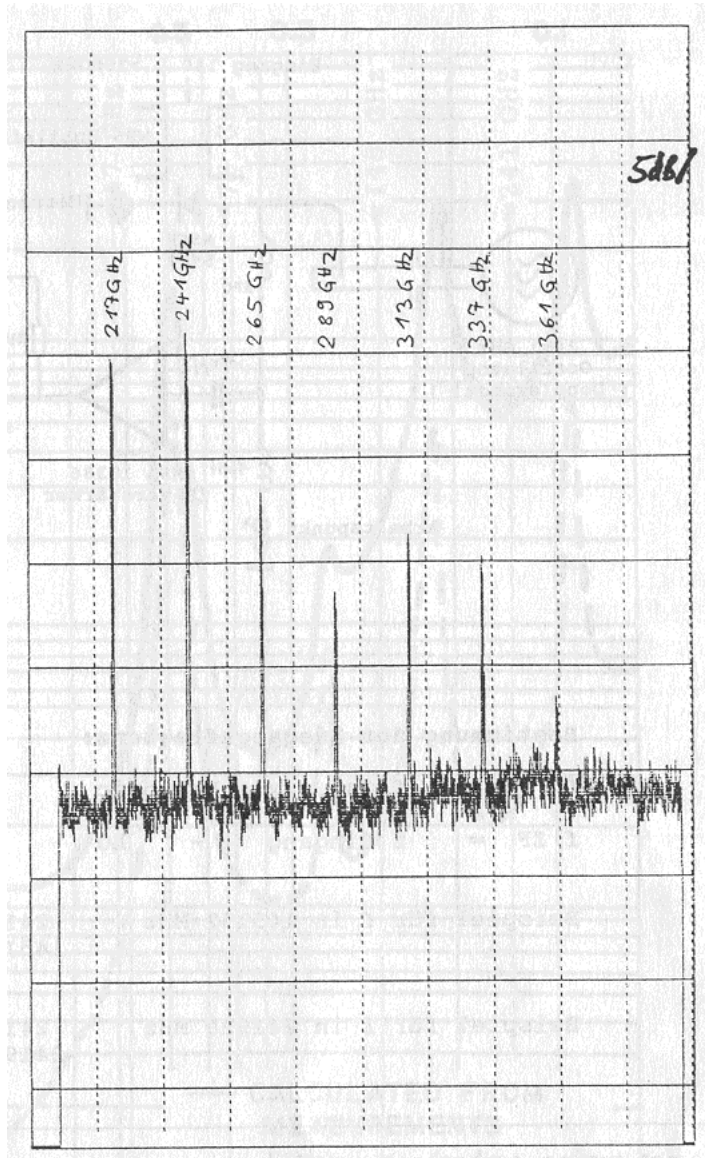
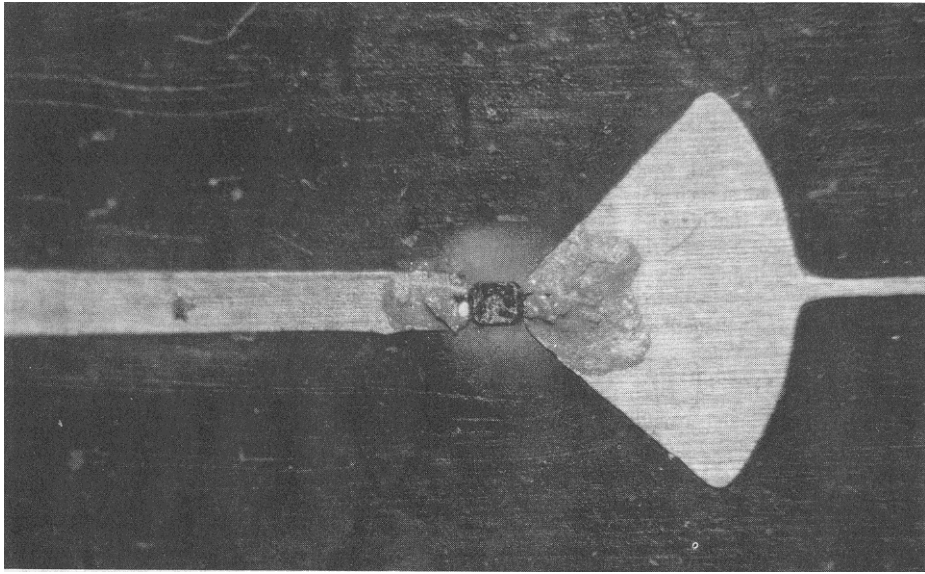
Beamlead Diode HSCH-9101 Agilent (Hewlett Packard)

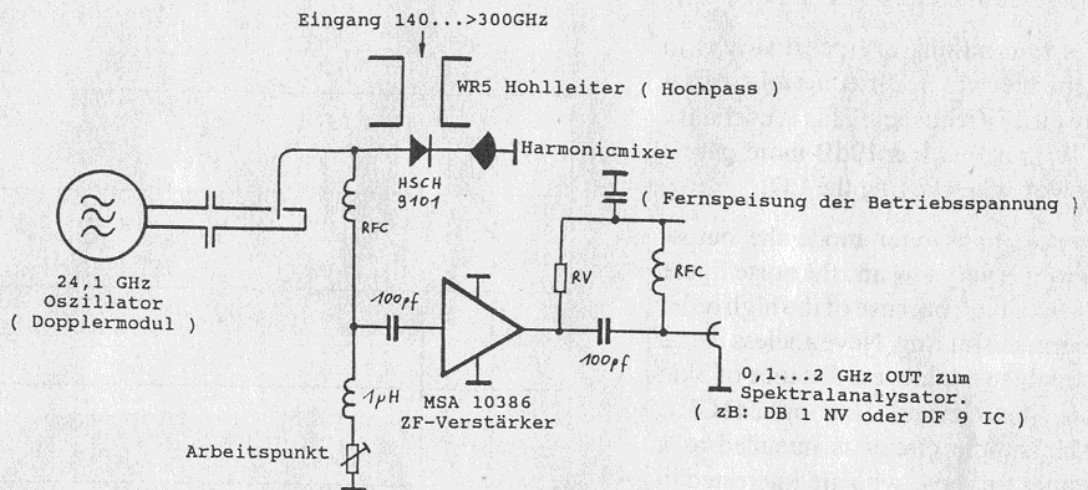
Company: BFI Tel. 00 49 - 60 74 – 40 98-0











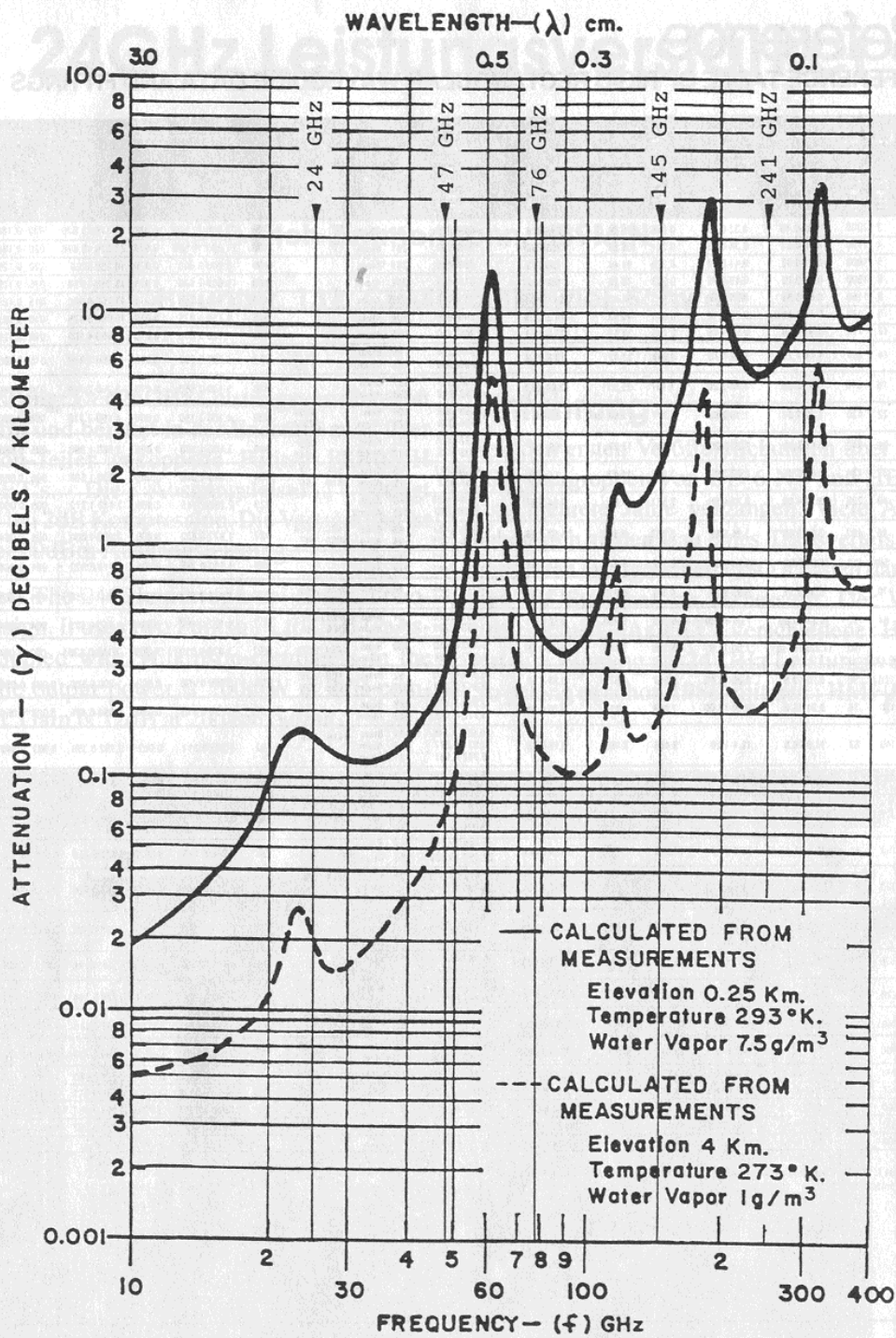
Bestimmung der Ausgangsfrequenz:

$$LO = f \text{ Osz.} \times \text{Harmonic}$$

$$f \text{ ZF} = f \text{ Eingang} - LO$$

Beispiel für f in 145152 MHz	24100	x	6	=	144600 MHz
	145152	-	144600	=	<u>552 MHz ZF</u>

Beispiel für f in 241920 MHz	24100	x	10	=	241000 MHz
	241920	-	241000	=	<u>920 MHz ZF</u>



CALCULATED COMBINED WATER VAPOR AND OXYGEN ATTENUATION

Reference

REFERENCE TABLE OF RIGID RECTANGULAR WAVEGUIDE DATA AND FITTINGS

Designation	IEC (1)	EIA WR (1)	Recommended Operating Frequency Range For TE ₀₁ Mode		Cut-off For TE ₀₁ Mode		Power Rating (megawatts) (see note 1)	Theoretical attenuation lowest to highest frequency (dB/100ft.)	JAN WG REF (1)	Material Alloy	JAN FLANGE		DIMENSIONS (Inches)							
			IEC (GHz)	EIA (GHz)	Frequency (GHz)	Wavelength (Cm)					Choke UG (1/2)	Cover UG (1/2)	Inside	Tol (±)	Outside	Tol (±)	Wall Thickness (nom.)			
3	2300		0.32-0.49	0.32-0.49	0.256	116.84	246-348	.040-.027	290	Alum.			2300	23.000	11.500	0.020	23.376	11.876	0.020	0.188
4	2100		0.35-0.53	0.35-0.53	0.281	106.68	205-290	.046-.031	291	Alum.			2100	21.000	10.500	0.020	21.376	10.876	0.020	0.188
5	1800		0.41-0.62	0.41-0.62	0.328	91.44	150-213	.058-.039	201	Alum.			1800	18.000	9.000	0.020	18.250	9.250	0.020	0.125
6	1500		0.49-0.75	0.49-0.75	0.393	76.20	104-148	.076-.051	202	Alum.			1500	15.000	7.500	0.015	15.350	7.750	0.015	0.125
8	1150		0.64-0.98	0.64-0.98	0.513	58.40	61.5-87.1	.113-.076	203	Alum.			1150	11.500	5.750	0.015	11.750	6.000	0.015	0.125
9	975		0.76-1.15	0.75-1.12	0.605	49.53	44.2-62.6	.145-.098	204	Alum.			975	9.750	4.875	0.010	10.000	5.125	0.010	0.125
12	770		0.96-1.46	0.96-1.45	0.766	39.12	27.6-39.1	.206-.140	205	Alum.			770	7.700	3.850	0.010	7.950	4.100	0.010	0.125
L	14	650	1.14-1.73	1.12-1.70	0.908	33.02	19.6-27.8	.317-.214 .266-.180	69 103	Brass Alum.	417A* 418A*		650	6.500	3.250	0.010	6.660	3.410	0.010	0.080
	18	510	1.45-2.20	1.45-2.20	1.157	25.91	12.09-17.1	.456-.309 .382-.259	337 338	Brass Alum.			510	5.100	2.550	0.010	5.260	2.710	0.010	0.080
W	22	430	1.72-2.61	1.70-2.60	1.372	21.84	8.6-12.2	.588-.399 .494-.334	104 105	Brass Alum.	435A* 437A*		430	4.300	2.150	0.008	4.460	2.310	0.008	0.080
	26	340	2.17-3.30	2.20-3.30	1.736	17.27	5.4-7.6	.837-.567 .702-.475	112 113	Brass Alum.	553* 554*		340	3.400	1.700	0.005	3.560	1.860	0.005	0.080
S	32	284	2.60-3.95	2.60-3.95	2.078	14.43	3.5-5.0	1.136-.777 953-.652	48 75	Brass Alum.	548 585A 53 584		284	2.840	1.340	0.005	3.000	1.500	0.005	0.080
	40	229	3.22-4.90	3.30-4.90	2.577	11.63	2.44-3.46	1.514-1.026 1.270-.860	340 341	Brass Alum.			229	2.290	1.145	0.005	2.418	1.273	0.005	0.064
C	48	187	3.94-5.99	3.95-5.85	3.152	9.510	1.52-2.15	2.140-1.467 1.795-1.231	49 95	Brass Alum.	148C 149A 406D 407		187	1.872	0.872	0.005	2.000	1.000	0.005	0.064
	58	159	4.64-7.05	4.90-7.05	3.711	8.078	1.17-1.66	2.617-1.773 2.195-1.487	343 344	Brass Alum.			159	1.590	0.795	0.004	1.718	0.923	0.004	0.064
	70	137	5.38-8.17	5.85-8.20	4.301	6.970	0.79-1.12	3.470-2.390 2.910-2.004	50 106	Brass Alum.	343B 344 440B 441		137	1.372	0.622	0.004	1.500	0.750	0.004	0.064
X _L	84	112	6.58-10.00	7.05-10.00	5.259	5.700	0.52-0.73	4.761-3.292 3.993-2.761	51 68	Brass Alum.	52B 137B 51 138		112	1.122	0.497	0.004	1.250	0.625	0.004	0.064
	102	(7.23)-(11.0)	7.00-11.0	7.00-11.0	5.785	5.182	0.48-0.68	5.093-3.450 4.272-2.894	320	Brass Alum.	149A 1493		102	1.020	0.510	0.003	1.148	0.638	0.003	0.064
X _S	100	90	8.20-12.5	8.20-12.40	6.557	4.572	0.33-0.47	6.614-4.570 5.547-3.833	52 67	Brass Alum.	40B 136B 39 135		90	0.900	0.400	0.003	1.000	0.500	0.003	0.050
	120	75	9.84-15.0	10.00-15.00	7.868	3.810	0.26-0.34	8.078-5.472 6.775-4.590	346 347	Brass Alum.			75	0.750	0.375	0.0003	0.850	0.475	0.003	0.050
K _U	140	62	11.9-18.0	12.4-18.0	9.486	3.160	0.18-0.25	10.696-7.246 8.971-6.077 6.762-4.581	91 349 107	Brass Alum. Silver	541A 419		62	0.622	0.311	0.002	0.702	0.391	0.003	0.040
	180	51	14.5-22.0	15.0-22.0	11.574	2.590	0.12-0.17	14.406-9.759 12.082-8.185	352 351	Brass Alum.			51	0.510	0.255	0.0025	0.590	0.335	0.003	0.040
K	220	42	17.6-26.7	18.0-26.5	14.047	2.137	0.066-0.094	22.042-15.464 18.487-12.970 13.936-9.778	53 121 66	Brass Alum. Silver	596A 595 598A 597		42	0.420	0.170	0.0020	0.500	0.250	0.003	0.040
	260	34	21.7-33.0	22.0-33.0	17.328	1.730	0.053-0.076	26.465-17.928 22.197-15.036	354 355	Brass Alum.			34	0.340	0.170	0.0020	0.420	0.250	0.003	0.040
K _A	320	28	26.4-40.1	26.5-40.0	21.08	1.422	0.036-0.051	35.413-23.989 29.701-20.120 22.391-15.168	271 96	Brass Alum. Silver	600A 599		28	0.280	0.140	0.0015	0.360	0.220	0.002	0.040
Q	400	22	33.0-50.1	33.0-50.0	26.34	1.138	0.023-0.033	49.491-33.526 41.508-28.119 31.292-21.198	272 97	Brass Alum. Silver	383		22	0.224	0.112	0.0010	0.304	0.192	0.002	0.040
	500	19	39.3-59.7	40.0-60.0	31.36	0.956	0.016-0.023	64.367-43.603 40.697-27.569	358	Brass Silver	1529*		19	0.188	0.094	0.0010	0.268	0.174	0.002	0.040
V	620	15	49.9-75.8	50.0-75.0	39.86	0.752	0.010-0.144	92.152-62.425 58.265-39.470	273 98	Brass Silver	385		15	0.148	0.074	0.0010	0.228	0.154	0.002	0.040
	740	12	60.5-92.0	60.0-90.0	48.35	0.620	0.0069-0.0098	123.128-83.409 77.851-52.737	274 99	Brass Silver	387		12	0.122	0.061	0.0005	0.202	0.141	0.002	0.040
	900	10	73.8-112	75.0-110.0	59.01	0.508	0.0046-0.0066	165.920-112.397 104.906-71.065	359	Brass Silver	1528*		10	0.100	0.050	0.0005	0.180	0.130	0.002	0.040
	1200	8	92.3-140	90.0-140.0	73.6	0.406	0.0030-0.0042	146.611-99.317	278	Silver	1527*		8	0.0800	0.0400	0.0003	0.120	0.080	0.001	0.020
	1400	7	113-173	110.0-170.0	90.9	0.330	0.0019-0.0028	200.185-135.609	276	Silver	1525*		7	0.0650	0.0325	0.00025	0.105	0.073	0.001	0.020
	1800	5	145-220	140.0-220.0	115.7	0.259	0.0012-0.0017	288.036-195.120	275	Silver	1524*		5	0.0510	0.0255	0.00025	0.091	0.066	0.001	0.020
	2200	4	172-261	170.0-260.0	137.3	0.218	0.00086-0.00122	372.048-252.032	277	Silver	1526*		4	0.0430	0.0215	0.00020	0.083	0.062	0.001	0.020
	2600	3	220-335	220.0-325.0	176.2	0.170	0.00054-0.00076	529.155-358.459		Silver			3	0.0340	0.0170	0.00020	0.156 dia		0.001	

Note 1: True theoretical values at 1 atm. dry air at 20 C, no safety factor included.
*Contact Flange