

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 536 589

(21) N° d'enregistrement national : 82 19525

(51) Int Cl³ : H 01 P 7/00; H 01 F 1/00; H 03 B 5/30.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 22 novembre 1982.

(71) Demandeur(s) : RTC LA RADIOTECHNIQUE COMPELEC,
société anonyme. — FR.

(30) Priorité

(72) Inventeur(s) : Daniel Doyen.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 21 du 25 mai 1984.

(73) Titulaire(s) :

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

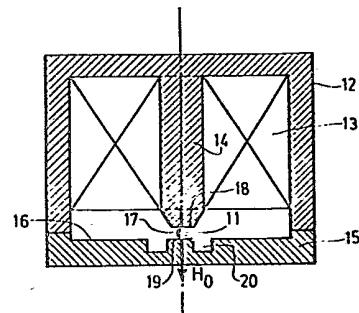
(74) Mandataire(s) : Didier Lemoyne.

(54) Circuit magnétique pour résonateur d'oscillateur à bille de grenat de fer et d'yttrium.

(57) Circuit magnétique pour bille de grenat de fer et d'yt-
trium.

Circuit magnétique pour résonateur d'oscillateur à bille 11 de
grenat de fer et d'yttrium, constitué par une première pièce
polaire cylindrique 12 comportant une bobine 13 disposée
autour d'un noyau axial 14 et une deuxième pièce polaire
cylindrique 15 à fond plat 16, la bille 11 de grenat de fer et
d'yttrium étant placée dans un entrefer 17 défini par une
extrémité 18 du noyau axial 14 et la partie 19 du fond plat en
regard de ladite extrémité 18. Selon l'invention, une gorge
circulaire 20 est aménagée dans le fond plat 16 autour de
ladite partie 19 en regard de l'extrémité 18 du noyau axial 14.

Application aux résonateurs d'oscillateurs hyperfréquence.



A1

FR 2 536 589

D

"CIRCUIT MAGNETIQUE POUR RESONATEUR D'OSCILLATEUR A BILLE DE GRENAT DE FER ET D'YTTRIUM"

La présente invention concerne un circuit magnétique pour résonateur d'oscillateur à bille de grenat de fer et d'yttrium, constitué par une première pièce polaire cylindrique comportant une bobine disposée autour d'un noyau axial, et une 5 deuxième pièce polaire cylindrique à fond plat, les deux pièces polaires cylindriques étant réunies l'une à l'autre afin de fermer le circuit magnétique et la bille de grenat de fer et d'yttrium étant placée dans un entrefer défini par une extrémité du noyau axial et la partie du fond plat en 10 regard de ladite extrémité.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine des oscillateurs hyperfréquence ayant comme résonateur une bille de grenat de fer et d'yttrium, connu également sous le nom de YIG.

15 Les circuits magnétiques du type de celui décrit dans le préambule offrent l'avantage d'un usinage facile dans la mesure où la deuxième pièce polaire présente un fond plat, ce qui permet par ailleurs de loger commodément le circuit hyperfréquence couplé avec la bille de YIG, en le 20 fixant sur ledit fond plat. Cependant, ces circuits magnétiques connus ont l'inconvénient de présenter des fuites magnétiques assez importantes avec la conséquence qu'aux hautes fréquences, par exemple supérieures à 10 GHz, la relation 25 fréquence-courant dans la bobine n'est plus linéaire puisque, à cause des fuites et de la saturation du matériau, il faut

faire passer dans la bobine un courant plus important que nécessaire. C'est le but de l'invention de remédier à cet inconvénient tout en conservant l'essentiel des avantages du fond plat.

5 En effet, selon la présente invention, un circuit magnétique pour résonateur d'oscillateur à bille de grenat de fer et d'yttrium, constitué par une première pièce polaire cylindrique comportant une bobine disposée autour d'un noyau axial, et une deuxième pièce polaire cylindrique à fond plat, 10 les deux pièces polaires cylindriques étant réunies l'une à l'autre afin de fermer le circuit magnétique et la bille de grenat de fer et d'yttrium étant placée dans un entrefer défini par une extrémité du noyau axial et la partie du fond plat en regard de ladite extrémité, est notamment remarquable 15 en ce qu'une gorge circulaire est aménagée dans le fond plat autour de ladite partie en regard de l'extrémité du noyau axial.

Ainsi, la gorge pratiquée dans le fond plat à la périphérie de l'entrefer permet de réduire de façon très 20 sensible les fuites magnétiques du circuit, d'où une amélioration de la linéarité courant-fréquence à fort champ et une meilleure sensibilité du dispositif. On peut alors envisager d'utiliser une bobine de plus faible dimension ainsi qu'un 25 circuit magnétique plus réduit entraînant un gain en volume et en poids. De plus, il faut signaler que la diminution de la quantité de matériau mise en jeu conduit à une réduction du trainage magnétique et, par conséquent, à une réduction du temps de commutation.

D'autre part, dans un mode de réalisation préférentiel 30 de l'invention, il est prévu que la largeur de la gorge est comprise entre 1 et 2 fois la largeur de l'entrefer et que la profondeur de ladite gorge est de l'ordre de la largeur dudit entrefer. Ces caractéristiques dimensionnelles conduisent à une gorge de petite dimension qui permettent de pré- 35 servir les avantages d'un fond plat pour la deuxième pièce polaire, à savoir usinage facile et possibilité de loger

le circuit hyperfréquence en le plaquant sur le fond plat avec l'avantage supplémentaire d'une bonne évacuation thermique.

La description qui va suivre en regard du dessin annexé, 5 donné à titre d'exemple non limitatif, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

La figure 1 est une vue en coupe d'un résonateur d'oscillateur hyperfréquence selon l'invention.

Le circuit magnétique pour un résonateur d'oscillateur 10 à bille 11 de grenat de fer et d'yttrium, montré à la figure 1, est constitué par une première pièce polaire cylindrique 12 comportant une bobine 13 disposée autour d'un noyau axial 14 et par une deuxième pièce polaire cylindrique 15 à fond plat 16. Les deux pièces polaires cylindriques 12, 15 15 sont réunies l'une à l'autre afin de fermer le circuit magnétique, et la bille 11 de YIG est placée dans un entrefer 17 défini par une extrémité 18 du noyau axial 14 et de la partie 19 du fond plat 16 en regard de ladite extrémité 18. Comme on peut le voir à la figure 1, une gorge 20 est aménagée 20 dans le fond plat 16 autour de ladite partie 19 en regard de l'extrémité 18 du noyau axial 14. Cette disposition a pour but, conformément à l'invention, de réduire les fuites magnétiques à la périphérie de l'entrefer et donc d'augmenter la linéarité courant-fréquence de la source ainsi que d'améliorer sa sensibilité. 25

Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, la largeur de la gorge 20 est comprise entre 1 et 2 fois la largeur de l'entrefer 17 et la profondeur de ladite gorge est de l'ordre de la largeur dudit entrefer. Plus précisément, 30 la Demanderesse a réalisé un circuit magnétique conforme à l'invention dans lequel l'entrefer avait une largeur de 1,8 mm et dont la gorge avait 2,75 mm de largeur et 1,5 mm de profondeur. Par ailleurs, la Demanderesse a également constaté une nette amélioration de la linéarité de la source hyperfréquence munie du circuit magnétique selon l'invention. 35

En effet, elle a observé que la non-linéarité, calculée

par la différence entre la fréquence effective et la fréquence attendue pour un dispositif parfaitement linéaire, était divisée par plus de 8 à 18 GHz en passant de 260 MHz à 30MHz, de même que la zone de saturation était repoussée de plus 5 de 1 GHz vers les hautes fréquences.

REVENDICATIONS:

1. Circuit magnétique pour résonateur d'oscillateur à bille (11) de grenat de fer et d'yttrium, constitué par une première pièce polaire cylindrique (12) comportant une bobine (13) disposée autour d'un noyau axial (14) et une deuxième pièce 5 polaire cylindrique (15) à fond plat (16), les deux pièces polaires cylindriques (12,15) étant réunies l'une à l'autre afin de fermer le circuit magnétique, et la bille (11) de grenat de fer et d'yttrium étant placée dans un entrefer (17) défini par une extrémité (18) du noyau axial (14) et la 10 partie (19) du fond plat en regard de ladite extrémité (18), caractérisé en ce qu'une gorge circulaire (20) est aménagée dans le fond plat (16) autour de ladite partie (19) en regard de l'extrémité (18) du noyau axial (14).
2. Circuit magnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la largeur de la gorge (20) est comprise entre 1 et 2 fois la largeur de l'entrefer (17) et que la 15 profondeur de ladite gorge est de l'ordre de la largeur dudit entrefer.

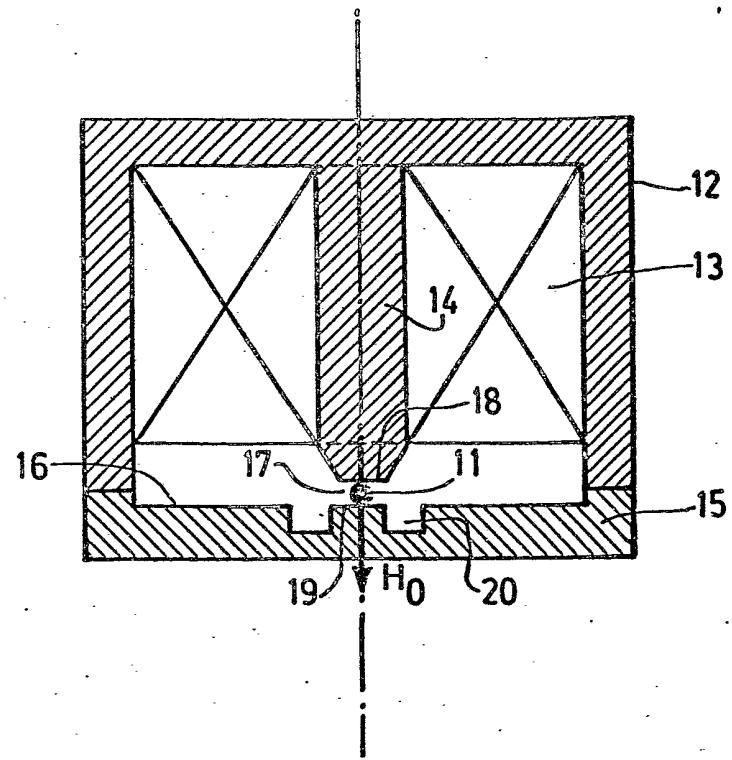
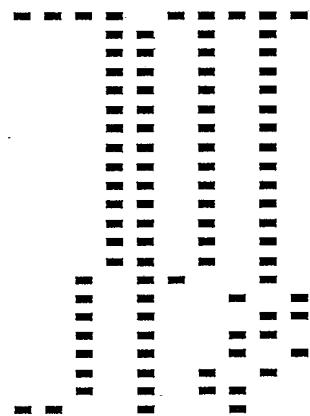


FIG.1



Numéro de publication 2536590

Date de saisie des renseignements 07/01/88
opérateur MAMIE
poste 2
nom du lot 2-100-07/01/88

Type de document A1

Existence d'un résumé OUI

Nombre total de pages 8

Numéro 1ère page de revendications 6

Dernière page numérotée 6

Nombre de planches 1

Défauts :

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 536 590

21 N° d'enregistrement national : 82 19586

51 Int Cl³ : H 01 P 11/00.

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 23 novembre 1982.

30 Priorité

71 Demandeur(s) : Société dite : THOMSON-CSF, société
anonyme. — FR.

43 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 21 du 25 mai 1984.

60 Références à d'autres documents nationaux appa-
rents :

72 Inventeur(s) : Lucien Teyssier et Michel Vimeux.

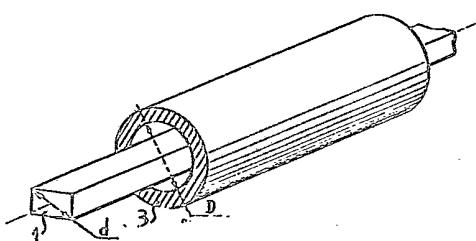
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : P. Guiguet

54 Procédé de fabrication d'objets creux de petites dimensions.

57 Le présente invention concerne un procédé de fabrication
d'objets creux, de petites dimensions, tels que des guides
d'ondes millimétriques.

Selon l'invention, on réalise dans un matériau très dur une
pièce pleine 1 ayant la forme et les dimensions de l'intérieur
de l'objet creux à fabriquer. On dispose autour de cette pièce
un tube métallique 3. A l'aide d'une machine à marteler, on
repousse le métal du tube 3 autour de la pièce pleine 1, puis
on extrait la pièce pleine.



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
3310
3311
3312
3313
3314
3315
3316
3317
3318
3319
3320
3321
3322
3323
3324
3325
3326
3327
3328
3329
3330
3331
3332
3333
3334
3335
3336
3337
3338
3339
3340
3341
3342
3343
3344
3345
3346
3347
3348
3349
3350
3351
3352
3353
3354
3355
3356
3357
3358
3359
33510
33511
33512
33513
33514
33515
33516
33517
33518
33519
33520
33521
33522
33523
33524
33525
33526
33527
33528
33529
33530
33531
33532
33533
33534
33535
33536
33537
33538
33539
33540
33541
33542
33543
33544
33545
33546
33547
33548
33549
33550
33551
33552
33553
33554
33555
33556
33557
33558
33559
33560
33561
33562
33563
33564
33565
33566
33567
33568
33569
33570
33571
33572
33573
33574
33575
33576
33577
33578
33579
33580
33581
33582
33583
33584
33585
33586
33587
33588
33589
33590
33591
33592
33593
33594
33595
33596
33597
33598
33599
335100
335101
335102
335103
335104
335105
335106
335107
335108
335109
335110
335111
335112
335113
335114
335115
335116
335117
335118
335119
335120
335121
335122
335123
335124
335125
335126
335127
335128
335129
335130
335131
335132
335133
335134
335135
335136
335137
335138
335139
335140
335141
335142
335143
335144
335145
335146
335147
335148
335149
335150
335151
335152
335153
335154
335155
335156
335157
335158
335159
335160
335161
335162
335163
335164
335165
335166
335167
335168
335169
335170
335171
335172
335173
335174
335175
335176
335177
335178
335179
335180
335181
335182
335183
335184
335185
335186
335187
335188
335189
335190
335191
335192
335193
335194
335195
335196
335197
335198
335199
335200
335201
335202
335203
335204
335205
335206
335207
335208
335209
335210
335211
335212
335213
335214
335215
335216
335217
335218
335219
335220
335221
335222
335223
335224
335225
335226
335227
335228
335229
335230
335231
335232
335233
335234
335235
335236
335237
335238
335239
335240
335241
335242
335243
335244
335245
335246
335247
335248
335249
335250
335251
335252
335253
335254
335255
335256
335257
335258
335259
335260
335261
335262
335263
335264
335265
335266
335267
335268
335269
335270
335271
335272
335273
335274
335275
335276
335277
335278
335279
335280
335281
335282
335283
335284
335285
335286
335287
335288
335289
335290
335291
335292
335293
335294
335295
335296
335297
335298
335299
335300
335301
335302
335303
335304
335305
335306
335307
335308
335309
335310
335311
335312
335313
335314
335315
335316
335317
335318
335319
335320
335321
335322
335323
335324
335325
335326
335327
335328
335329
335330
335331
335332
335333
335334
335335
335336
335337
335338
335339
335340
335341
335342
335343
335344
335345
335346
335347
335348
335349
335350
335351
335352
335353
335354
335355
335356
335357
335358
335359
335360
335361
335362
335363
335364
335365
335366
335367
335368
335369
335370
335371
335372
335373
335374
335375
335376
335377
335378
335379
335380
335381
335382
335383
335384
335385
335386
335387
335388
335389
335390
335391
335392
335393
335394
335395
335396
335397
335398
335399
335400
335401
335402
335403
335404
335405
335406
335407
335408
335409
335410
335411
335412
335413
335414
335415
335416
335417
335418
335419
335420
335421
335422
335423
335424
335425
335426
335427
335428
335429
335430
335431
335432
335433
335434
335435
335436
335437
335438
335439
335440
335441
335442
335443
335444
335445
335446
335447
335448
335449
335450
335451
335452
335453
335454
335455
335456
335457
335458
335459
335460
335461
335462
335463
335464
335465
335466
335467
335468
335469
335470
335471
335472
335473
335474
335475
335476
335477
335478
335479
335480
335481
335482
335483
335484
335485
335486
335487
335488
335489
335490
335491
335492
335493
335494
335495
335496
335497
335498
335499
335500
335501
335502
335503
335504
335505
335506
335507
335508
335509
335510
335511
335512
335513
335514
335515
335516
335517
335518
335519
335520
335521
335522
335523
335524
335525
335526
335527
335528
335529
335530
335531
335532
335533
335534
335535
335536
335537
335538
335539
335540
335541
335542
335543
335544
335545
335546
335547
335548
335549
335550
335551
335552
335553
335554
335555
335556
335557
335558
335559
335560
335561
335562
335563
335564
335565
335566
335567
335568
335569
335570
335571
335572
335573
335574
335575
335576
335577
335578
335579
335580
335581
335582
335583
335584
335585
335586
335587
335588
335589
335590
335591
335592
335593
335594
335595
335596
335597
335598
335599
3355100
3355101
3355102
3355103
3355104
3355105
3355106
3355107
3355108
3355109
3355110
3355111
3355112
3355113
3355114
3355115
3355116
3355117
3355118
3355119
3355120
3355121
3355122
3355123
3355124
3355125
3355126
3355127
3355128
3355129
3355130
3355131
3355132
3355133
3355134
3355135
3355136
3355137
3355138
3355139
3355140
3355141
3355142
3355143
3355144
3355145
3355146
3355147
3355148
3355149
3355150
3355151
3355152
3355153
3355154
3355155
3355156
3355157
3355158
3355159
3355160
3355161
3355162
3355163
3355164
3355165
3355166
3355167
3355168
3355169
3355170
3355171
3355172
3355173
3355174
3355175
3355176
3355177
3355178
3355179
3355180
3355181
3355182
3355183
3355184
3355185
3355186
3355187
3355188
3355189
3355190
3355191
3355192
3355193
3355194
3355195
3355196
3355197
3355198
3355199
3355200
3355201
3355202
3355203
3355204
3355205
3355206
3355207
3355208
3355209
3355210
3355211
3355212
3355213
3355214
3355215
3355216
3355217
3355218
3355219
3355220
3355221
3355222
3355223
3355224
3355225
3355226
3355227
3355228
3355229
3355230
3355231
3355232
3355233
3355234
3355235
3355236
3355237
3355238
3355239
3355240
3355241
3355242
3355243
3355244
3355245
3355246
3355247
3355248
3355249
3355250
3355251
3355252
3355253
3355254
3355255
3355256
3355257
3355258
3355259
3355260
3355261
3355262
3355263
3355264
3355265
3355266
3355267
3355268
3355269
3355270
3355271
3355272
3355273
3355274
3355275
3355276
3355277
3355278
3355279
3355280
3355281
3355282
3355283
3355284
3355285
3355286
3355287
3355288
3355289
3355290
3355291
3355292
3355293
3355294
3355295
3355296
3355297
3355298
3355299
3355300
3355301
3355302
3355303
3355304
3355305
3355306
3355307
3355308
3355309
3355310
3355311
3355312
3355313
3355314
3355315
3355316
3355317
3355318
3355319
3355320
3355321
3355322
3355323
3355324
3355325
3355326
3355327
3355328
3355329
3355330
3355331
3355332
3355333
3355334
3355335
3355336
3355337
3355338
3355339
3355340
3355341
3355342
3355343
3355344
3355345
3355346
3355347
3355348
3355349
3355350
3355351
3355352
3355353
3355354
3355355
3355356
3355357
3355358
3355359
3355360
3355361
3355362
3355363
3355364
3355365
3355366
3355367
3355368
3355369
3355370
3355371
3355372
3355373
3355374
3355375
3355376
3355377
3355378
3355379
3355380
3355381
3355382
3355383
3355384
3355385
3355386
3355387
3355388
3355389
3355390
3355391
3355392
3355393
3355394
3355395
3355396
3355397
3355398
3355399
3355400
3355401
3355402
3355403
3355404
3355405
3355406
3355407
3355408
3355409
3355410
3355411
3355412
3355413
3355414
3355415
3355416
3355417
3355418
3355419
3355420
3355421
3355422
3355423
3355424
3355425
3355426
3355427
3355428
3355429
3355430
3355431
3355432
3355433
3355434
3355435
3355436
3355437
3355438
3355439
3355440
3355441
3355442
3355443
3355444
3355445
3355446
3355447
3355448
3355449
3355450
3355451
3355452
3355453
3355454
3355455
3355456
3355457
3355458
3355459
3355460
3355461
3355462
3355463
3355464
3355465
3355466
3355467
3355468
3355469
3355470
3355471
3355472
3355473
3355474
3355475
3355476
3355477
3355478
3355479
3355480
3355481
3355482
3355483
3355484
3355485
3355486
3355487
3355488
3355489
3355490
3355491
3355492
3355493
3355494
3355495
3355496
3355497
3355498
3355499
3355500
3355501
3355502
3355503
3355504
3355505
3355506
3355507
3355508
3355509
3355510
3355

PROCEDE DE FABRICATION D'OBJETS CREUX DE PETITES DIMENSIONS.

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'objets creux de petites dimensions, tels que par exemple des guides d'ondes millimétriques.

De nombreuses applications réclament l'utilisation de guides d'ondes millimétriques de petites dimensions. Les dimensions des guides d'ondes sont normalisées. Parmi les guides d'ondes millimétriques, de sections rectangulaires, qui sont les plus courants, on peut citer :

- 5 - les guides d'ondes WR 7, de dimensions internes 1,65mm sur 0,825mm, qui sont prévus pour fonctionner dans la bande 110-170 GHz ;
- 10 - les guides d'ondes WR 3, de dimensions internes 0,86mm sur 0,43mm, qui sont prévus pour fonctionner dans la bande 220-325 GHz.

15 Parmi les problèmes que notre invention se propose de résoudre, on peut citer celui de la fabrication de guides d'ondes millimétriques, et en particulier de ceux ayant une section rectangulaire.

20 Dans l'art antérieur, ces guides, qui sont généralement en cuivre, sont obtenus par étirage. Les guides ainsi obtenus ne donnent pas entièrement satisfaction.

25 La présente invention concerne un procédé de fabrication de guides d'ondes millimétriques, et en particulier de guides ayant une section rectangulaire, qui présentent par rapport aux guides de l'art antérieur les avantages suivants :

- une meilleure planéité de leur surface interne ;
- des dimensions plus précises ;
- des pertes électriques réduites comme cela sera expliqué par la suite.

30 D'une façon plus générale, notre invention chercher à résoudre

les problèmes de fabrication d'objets creux de petites dimensions. Ces objets peuvent être des composants hyperfréquences tels que des guides d'ondes, des transitions d'adaptation de guides, des cornets rayonnants... ou tout autre type d'objets utilisés dans d'autres domaines que les hyperfréquences.

En ce qui concerne les 'transitions qui servent à assurer la liaison entre deux guides d'ondes de sections différentes, on signale que dans l'art antérieur ces transitions ou "tapers" sont généralement obtenues en réalisant un dépôt électrolytique de cuivre 10 autour d'une pièce pleine en aluminium ayant la forme et les dimensions intérieures du taper à réaliser, cette pièce pleine étant ensuite éliminée par voie chimique. Par rapport à cet art antérieur, le procédé selon l'invention présente l'avantage de permettre la réutilisation de la pièce pleine centrale ce qui réduit fortement le prix 15 de revient de ces tapers.

Le procédé de fabrication selon l'invention d'objets creux de petites dimensions, comporte les étapes suivantes :

- 1°) on réalise dans un matériau très dur une pièce pleine ayant la forme et les dimensions de l'intérieur de l'objet creux à 20 fabriquer ;

- 2°) on dispose autour de cette pièce un tube métallique ;
- 3°) à l'aide d'une machine à marteler, on repousse le métal du tube autour de la pièce pleine.

- 4°) on extrait la pièce pleine de l'objet creux fabriqué.

D'autres objets, caractéristiques et résultats de l'invention 25 ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple non limitatif, et illustrée par les figures annexées qui représentent :

- la figure 1, une vue en perspective d'une pièce pleine utilisée dans le procédé selon l'invention ;

- la figure 2, une vue en perspective montrant un tube métallique monté autour de la pièce pleine de la figure 1.

- les figures 3 et 4, des vues de la section transversale d'un guide obtenu par étirage et d'un guide obtenu par le procédé selon l'invention .

Sur les différentes figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments, mais, pour des raisons de clarté, les cotes et proportions des divers éléments ne sont pas respectées.

Le procédé selon l'invention comporte plusieurs étapes qui vont être décrites en se référant aux figures 1 et 2. A titre d'exemple, le procédé selon l'invention va être décrit dans le cas de la fabrication de guides d'ondes millimétriques.

Au cours de la première étape, on réalise dans un matériau très dur une pièce pleine dont la section a la forme et les dimensions de l'intérieur de l'objet creux à fabriquer.

La figure 1 est une vue en perspective d'une pièce pleine 1, de section rectangulaire, utilisée dans le procédé selon l'invention, dans le cas où l'on veut fabriquer un guide d'onde, de section rectangulaire.

Les dimensions a et b de la section de la pièce pleine 1 sont donc égales aux dimensions internes du guide à fabriquer.

Le matériau dans lequel est usinée la pièce pleine peut être de l'acier, de préférence non trempé pour éviter les cassures. Cette pièce pleine est bien usinée et rectifiée. On lui donne généralement une longueur l, supérieur à la longueur de guide désirée et elle se termine généralement par une sorte de manche 2, de plus grandes dimensions, qui permet de la manipuler plus aisément.

Il faut bien souligner que dans le cas de la fabrication d'un guide d'ondes rectangulaire WR 3 les dimensions de la pièce pleine 1 telle qu'elle est représentée sur la figure 1 ont été multipliées par un facteur supérieur à 10.

Au cours de la deuxième étape du procédé selon l'invention, on dispose autour de la pièce pleine 1 de la figure 1 un tube métallique 3, comme cela est représenté sur la figure 2.

Pour fabriquer des guides d'ondes millimétriques, on utilise généralement des tubes d'un centimètre d'épaisseur, et de quelques centimètres de longueur, en cuivre ou en argent, de grande pureté. On peut recuire le tube pour le rendre plus malléable. Avant de donner au tube la forme requise, on le nettoie par voie chimique.

Lorsque l'objet creux à fabriquer a une section interne rectangulaire, on utilise un tube métallique 3 dont le diamètre interne D est sensiblement égal à la diagonale d de la section interne de l'objet à fabriquer, et donc à la diagonale de la section de la pièce pleine 1.

5 Quelle que soit la section de l'objet creux à fabriquer qu'elle soit circulaire, rectangulaire, elliptique..., le périmètre interne du tube 3 est choisi sensiblement supérieur, de l'ordre de 10 à 20 % supérieur, au périmètre de la section interne de l'objet à fabriquer, et donc au périmètre de la section de la pièce pleine 1.

10 Dans la troisième étape du procédé selon l'invention, on repousse, à l'aide d'une machine à marteler, le métal du tube 3 autour de la pièce pleine qui sert de mandrin. Le cuivre s'écrouit.

15 A la fin de la troisième étape, le métal du tube 3 est complètement plaqué contre la pièce pleine 1 qui sert de moule. Le tube 3 est rétréci par martelage pour épouser la forme de la pièce pleine 1.

On peut, avant de rétrécir le tube 3 par martelage, l'écraser à la presse pour obtenir une ébauche de l'objet à fabriquer. Ainsi, la troisième étape se fait plus facilement.

20 Dans la quatrième étape du procédé selon l'invention, on extrait la pièce pleine du guide qui vient d'être fabriqué. Ce "démoulage" se fait sans problème si la pièce pleine a été bien usinée.

25 Le guide obtenu par le procédé selon l'invention présente des pertes électriques beaucoup moins importantes - environ deux fois moindres - que celles des guides obtenus par étirage.

Les figures 3 et 4 représentent de façon schématique la section transversale d'un guide rectangulaire obtenu par étirage et d'un guide rectangulaire obtenu par le procédé selon l'invention.

30 Sur la figure 3, on voit qu'un guide 4 obtenu par étirage présente des fissures 5 de grande profondeur au niveau des angles de sa section interne.

Sur la figure 4, on voit qu'un guide de mêmes dimensions obtenu par le procédé selon l'invention présente des angles internes

sans fissures.

Or ces fissures augmentent fortement les pertes hyperfréquences. En effet dans les guides d'ondes, pour le mode de propagation TE_{10} qui est le plus utilisé les lignes de courant maximales se situent sur les parois latérales et dans les angles. Ainsi la qualité des angles obtenus va déterminer les pertes hyperfréquences.

On rappelle que la description précédente a été faite dans le cas de la fabrication d'un guide d'ondes mais que le procédé selon l'invention s'applique à la fabrication de toutes sortes d'objets creux de petites dimensions dont la forme géométrique permet l'extraction de la pièce pleine. Il faut que les objets à fabriquer aient des dimensions constantes ou en expansion dans le sens d'extraction.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'objets creux de petites dimensions, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :
 - 1°) on réalise dans un matériau très dur une pièce pleine (1) ayant la forme et les dimensions (a, b) de l'intérieur de l'objet creux à fabriquer ;
 - 2°) on dispose autour de cette pièce un tube métallique (3) ;
 - 3°) à l'aide d'une machine à marteler, on repousse le métal du tube (3) autour de la pièce pleine (1).
 - 4°) on extrait la pièce pleine de l'objet creux fabriqué.
- 10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, entre la deuxième et la troisième étape, on écrase le tube métallique à la presse.
- 15 3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, dans le cas où l'objet creux à fabriquer a une section rectangulaire, le diamètre (D) interne du tube (3) est choisi sensiblement égal à la diagonale (d) de la section interne, de l'objet à fabriquer.
- 20 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le périmètre interne du tube (3) est choisi sensiblement supérieur, de l'ordre de 10 à 20 %, au périmètre de la section interne de l'objet à fabriquer.
- 25 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la pièce pleine (1) est en acier.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le tube (3) est en cuivre ou en argent.