

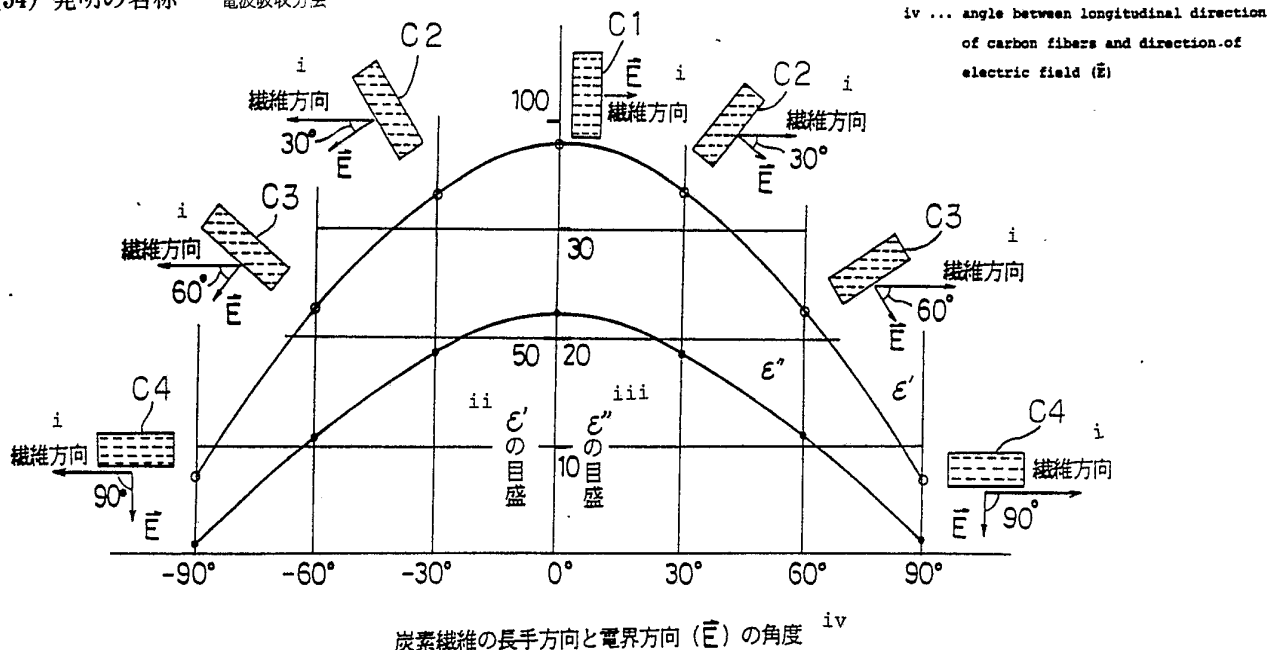


特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 5 H05K 9/00	A1	(11) 国際公開番号 WO 92/22193 (43) 国際公開日 1992年12月10日 (10. 12. 1992)
(21) 国際出願番号 PCT/JP91/01544 (22) 国際出願日 1991年11月12日 (12. 11. 91) (30) 優先権データ 特願平3/153984 1991年5月28日 (28. 05. 91) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 大阪瓦斯株式会社 (OSAKA GAS COMPANY LIMITED) [JP/JP] 〒541 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号 Osaka, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 藤田順一 (FUJITA, Junichi) [JP/JP] 〒639-11 奈良県大和郡山市魚町36 Nara, (JP) 岡崎博行 (OKAZAKI, Hiroyuki) [JP/JP] 〒574 大阪府大東市三箇3-1-23 Osaka, (JP) 木浦光雄 (KIURA, Mitsuo) [JP/JP] 〒635 奈良県大和高田市市場111-49 Nara, (JP) 吉田吉明 (YOSHIDA, Yoshiaki) [JP/JP] 〒630-01 奈良県生駒市鹿畑町1507 Nara, (JP) (74) 代理人 弁理士 三枝英二, 外 (SAEGUSA, Eiji et al.) 〒541 大阪府大阪市中央区平野町2-1-2 沢の鶴ビル Tokyo, (JP)		(81) 指定国 AT (欧州特許), BE (欧州特許), CH (欧州特許), DE (欧州特許), DK (欧州特許), ES (欧州特許), FR (欧州特許), GB (欧州特許), GR (欧州特許), IT (欧州特許), LU (欧州特許), NL (欧州特許), SE (欧州特許), US. 添付公開書類 国際調査報告書

(54) Title : METHOD FOR ABSORBING ELECTROMAGNETIC WAVE

(54) 発明の名称 電波吸収方法



(57) Abstract

A carbon fiber containing composite material whose carbon fibers are aligned in one direction is so disposed that the alignment direction is the same as that of the electric fields of electromagnetic waves W to be absorbed.

(57) 要約

本発明方法においては、炭素繊維が特定方向に配向して含有されている炭素繊維含有組成物をその炭素繊維の長手方向を吸収しようとする電波Wの電界方向に向けて配置することにより電波を吸収する。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第1頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AT オーストリア
AU オーストラリア
BB ハルバートス
BE ベルギー
BF ブルキナファソ
BG ブルガリア
BJ ベナン
BR ブラジル
CA カナダ
CF 中央アフリカ共和国
CG コンゴ
CH スイス
CI コートジボアール
CM カメルーン
CS チェコスロバキア
DE ドイツ
DK デンマーク
ES スペイン

FI フィンランド
FR フランス
GA ガボン
GN ギニア
GB イギリス
GR ギリシャ
HU ハンガリー
IE アイルランド
IT イタリア
JP 日本
KP 朝鮮民主主義人民共和国
KR 大韓民国
LI リヒテンシュタイン
LK スリランカ
LU ルクセンブルグ
MC モナコ
MG マダガスカル
ML マリ

MN モンゴル
MR モーリタニア
MW マラウイ
NL オランダ
NO ノルウェー
NZ ニュージーランド
PL ポーランド
PT ポルトガル
RO ルーマニア
RU ロシア連邦
SD スーダン
SE スウェーデン
SN セネガル
SU ソビエト連邦
TD チャド
TG トーゴ
UA ウクライナ
US 米国

明 細 書

電波吸収方法

技 術 分 野

本発明は、炭素繊維を含有して形成した炭素繊維含有
5 組成物である電波吸収体を用いて、効率良く T V 電波や
無線電波などを吸収する方法に関する。

背 景 技 術

高層ビル、送電線の鉄塔、橋梁、新幹線、高速道路、
ゴルフ練習場などの各種の建造物とか航空機などが、良
10 質な T V 電波や無線電波などを遮蔽、反射して広い地域
でゴースト障害を発生させていることが知られている。

従来、このようなゴースト障害を防止するために、例
えば、特開昭 5 8 - 1 0 8 6 0 3 号公報や特開昭 5 8 -
1 0 8 6 0 2 号公報に開示されているように、普通コン
15 クリートやモルタルや軽量コンクリートといったコンク
リートに炭素繊維（カーボンファイバ）を含有して形成
した電波吸収体を用いることが知られている。

しかしながら、従来の電波吸収体では、電波の吸収効
率を向上させるには、炭素繊維の含有率を多くするとか、
20 電波吸収体を厚くするといったことが必要であった。

誘電体の複素誘電率 ε は次式で表される。

$$\varepsilon = \varepsilon' - j \varepsilon''$$

上式において、実数部 ε' は通常の誘電率を、虚数部 ε'' は損失率をそれぞれ示している。

そして、この実数部 ε' を横軸にとるとともに、虚数部 ε'' を縦軸にとり、試料の厚さ d と、その試料に入射する電波の波長 λ_0 との関係値 $D (= d / \lambda_0)$ における無反射条件の特性曲線を求めたときに、図3のグラフに示す結果が得られることが知られている。図3中の数値は D の値である。

例えば、日本における 2 c h のテレビ電波（割当周波数：96～102 MHz、映像搬送周波数 97.25MHz、音声搬送周波数 101.75MHz）を厚みが 10cm の壁面で無反射で吸収する場合を考察すれば、長波長となる映像搬送用の電波の波長 λ_0 は、

$$\lambda_0 = (3 \times 10^{10}) \div (97.25 \times 10^6) \approx 308.48 \text{ cm}$$

となり、関係値 D は、

$$D = 10 \div 308.48 \approx 0.032$$

となり、この関係値 D を満たすときの実数部 ε' および虚数部 ε'' それぞれの値は、

$$\varepsilon' \approx 61$$

$$\varepsilon'' \approx 10$$

となる。

また、試料の厚みを 5cm にした場合には、

$$D \approx 0.016$$

となり、実数部 ε' をより大きな値にする必要があることがわかる。

ところが、従来の炭素繊維を含有する電波吸収体では、
5 このように大きな値の実数部 ε' を得ることが難しく、
そのため電波の十分な吸収能力がないという欠点があった。

本発明の電波吸収方法は、このような事情に鑑みてな
されたものであって、その厚みが薄く、しかも、炭素繊維
10 維の含有率が少ない炭素繊維含有組成物を用いても電波
を十分吸収できるようにすることを目的とする。

発明の開示

本発明の電波吸収方法は、上述のような目的を達成す
るために、炭素繊維が特定方向に配向して含有されてい
15 る炭素繊維含有組成物をその炭素繊維の長手方向を吸収
しようとする電波の電界方向に向けて配置することにより
電波を吸収することを特徴としている。

炭素繊維の長手方向を吸収しようとする電波の電界方
向に向けて配置するとは、炭素繊維の長手方向を完全に
20 電界方向に一致させて配置することは当然として、吸収
しようとする電波を炭素繊維含有組成物の任意の方向に
照射したときの前記炭素繊維含有組成物の複素誘電率の

実数部を ε' 、虚数部を ε'' とし、それらの最大値および最小値を、 $\varepsilon_{\max}'$ 、 $\varepsilon_{\min}'$ 、 $\varepsilon_{\max}''$ 、 $\varepsilon_{\min}''$ としたときに、

$$\varepsilon' \geq \varepsilon_{\min}' + (\varepsilon_{\max}' - \varepsilon_{\min}') \times 0.5$$

5 および/または、

$$\varepsilon'' \geq \varepsilon_{\min}'' + (\varepsilon_{\max}'' - \varepsilon_{\min}'') \times 0.5$$

になる範囲で配置することを含む。

配向度を $A = \varepsilon_{\max}' - \varepsilon_{\min}'$ 、

$B = \varepsilon_{\max}'' - \varepsilon_{\min}''$ で定義した。

- 10 詳述すれば、図4の配向度の説明に供する側面図に示すように、炭素繊維含有組成物の試験体を任意の平面で切断し、その切断面において、中心Oを通過して直交する2本の軸をX-X'、Y-Y' とするとき、X-X' を基準線として中心Oを通るカット線P-P' との交角を
- 15 θ とし、その交角 θ を $0^\circ \sim 180^\circ$ の範囲で変化させた場合に最大となる複素誘電率の実数部 ε' および虚数部 ε'' それぞれを $\varepsilon_{\max}'$ 、 $\varepsilon_{\max}''$ 、最小となる複素誘電率の実数部 ε' および虚数部 ε'' それぞれを $\varepsilon_{\min}'$ 、 $\varepsilon_{\min}''$ として、 $(\varepsilon_{\max}' - \varepsilon_{\min}')$ を配向度A、
- 20 $(\varepsilon_{\max}'' - \varepsilon_{\min}'')$ を配向度Bとする (ε' および ε'' それぞれの測定は、カット線P-P' に平行に電界をかけて測定する)。

炭素繊維が全くランダムに配向しているときは、

$\varepsilon_{\max}' = \varepsilon_{\min}'$ 、 $\varepsilon_{\max}'' = \varepsilon_{\min}''$ となるので A

$= 0$ 、 $B = 0$ となる。 A 、 B が大きいほど配向性の高い

炭素繊維含有組成物である。 $A < 25$ 、 $B < 5$ では配向度

- 5 が小さく、炭素繊維の含有率を高くして炭素繊維を多く混入するか、吸収体の厚さを大きくしなければならない。

炭素繊維としては、レーヨン系、ポリアクリロニトリ

ル (PAN) 系、フェノール樹脂系、石炭ピッチ系、石

油ピッチ系など、各種の炭素繊維が使用でき、そして、

- 10 通常、繊維直径が $2 \sim 30 \mu\text{m}$ 程度、平均繊維長さが 0.1

$\sim 10\text{mm}$ 程度、好ましくは、マトリックスがモルタルまた

はコンクリートのときは $0.2 \sim 0.8\text{mm}$ 、樹脂のときは

$0.2 \sim 5\text{mm}$ 程度のものを使用するのが好ましい。

ここに言う炭素繊維の長さは、炭素繊維含有組成物を

- 15 製造するときに入れる炭素繊維の長さではなく、炭素繊維

含有組成物中に存在する状態での値である。炭素繊維

の長さは長い程好ましいが、炭素繊維含有組成物を製造

する場合、特にモルタルまたはコンクリートをマトリッ

クスとする炭素繊維含有組成物は、その製造時のミキシ

- 20 ングにより炭素繊維が切断されるため、および、作業性

の面から長さが 10mm を越えるものを得ることは難しい。

また、 0.1mm 未満では、炭素繊維の含有率を高くしても、

複素誘電率 ε の実数部 ε' および虚数部 ε'' とともに絶対値そのものが大きくなる（ $\varepsilon' \approx 10$ 、 $\varepsilon'' \approx 1 \sim 2$ 程度にしかない）。

5 電波吸収体を構成する母材としては、セメントと細骨材と混和材と水とからなるモルタル、該モルタルに粗骨材を混合したコンクリートなどの水硬組成物、石膏、エポキシ樹脂などの樹脂、セラミックス、ゴムなどが例示される。

10 炭素繊維の含有率は、水硬組成物（例えば、モルタル）中の水硬成分（例えば、セメント）に対して 0.5～10重量%であるのが好ましい。0.5重量%未満では、電波に対するマッチング条件が難しく、一方、10重量%を越えると、炭素繊維のマトリックス中での均一分散が難しくなるからである。

15 また、樹脂中に含有させる場合には、樹脂に対する炭素繊維の含有率は 5～25重量%であるのが好ましい。5重量%未満では、電波に対するマッチング条件が難しく、一方、25重量%を越えると、炭素繊維のマトリックス中での均一分散が難しくなるからである。

20 本発明の電波吸収方法の構成によれば、吸収しようとする電波が水平偏波または垂直偏波のいずれにも適用できる。例えば、水平偏波の電波であれば、それによって

発生する電界の方向が水平方向であるため、揃えた炭素繊維の向きが電波の進行方向に対して交差する水平方向になるように、建物外壁を電波吸収体そのもので構成するとか、電波吸収体を各種の建造物などに取り付ける。

- 5 こうすることによって、電波の電界方向に対し、誘電率が大きくなり、図3のDの値の小さいところでマッチングがとれ、結果として、従来にない薄い電波吸収体で電波を吸収することができる。

発明を実施するための最良の形態

- 10 以下、本発明の実施例を詳細に説明する。

< 第1実施例 >

- 普通ポルトランドセメントと、細骨材としての珪砂6号と、混和材としてのメチルセルローズと、水と、繊維径が $13\mu\text{m}$ で平均繊維長さが3mm、6mm、8mmの炭素
- 15 繊維（S-231、S-232、S-233：いずれも株式会社ドナック製）とを表1に示す割合で配合し、モルタルを母材とした電波吸収体の試験体を作成した。

表 1

平均繊維長さ	3 mm					6 mm					8 mm				
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
炭素繊維含有率 (重量%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
普通ポルトランド セメント (g)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
珪砂 (g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
メチルセルロース (g)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
水 (g)	800	800	900	1000	1100	800	900	1000	1100	1250	800	900	1000	1150	1300
炭素繊維含有量 (g)	30	60	90	120	150	30	60	90	120	150	30	60	90	120	150

作成手順としては、先ず、普通ポルトランドセメントとメチルセルローズと炭素繊維とを、容量5リットルのオムニミキサーによって60秒間予備混練し、その後に水を加えて120秒間混練し、しかる後に、珪砂6号を加えて60秒間混練し、炭素繊維入りのモルタルを調製した。

こうして得られたモルタルを、40mm×40mm×160mmの大きさの型枠内に、炭素繊維の長手方向が型枠の長手方向を向くように手で揃えながら打設し、20℃で80%の恒温恒湿雰囲気下で1日間養生してから脱型し、しかる後に、その硬化体を、20℃の恒温水槽中で養生し、恒温水槽から取り出した後に、更に、20℃で60%の恒温恒湿雰囲気下で1日間養生した。

こうして得た硬化体1を、図1の斜視図に示すように、横断切断線X1, X2, X3, X4, X5、および、縦断切断線Y1, Y2で切断し、その内の型枠の中央部側に位置する大きさが約40mm×40mm×10mmのものを取り出して、図2の(a)の斜視図に示すように、炭素繊維の長手方向の向きが厚み方向を向くように揃った縦タイプの測定用の試験体A1, A2と、図2の(b)の斜視図に示すように、炭素繊維の長手方向の向きが厚み方向に直交する方向を向くように揃った横タイプの測定用の試験体B1, B2とを得た。

これらの各測定用の試験体 A 1, A 2, B 1, B 2 それぞれに対して、厚みが 10mm になるように A 60 の紙ヤスリで粗ケズリした後、A 200 の紙ヤスリで対向面が平行になるように仕上げる。

- 5 静電容量 C_p と導電値 G との測定に先立ち、測定の前日に、乾燥機によって 100℃ で 7 時間強制乾燥し、その強制乾燥後にデシケーターにより真空冷却し、室温まで完全に冷却した後、吸湿しない様にロット毎に乾燥剤（シリカゲル）を入れたチャック付のポリエチレン製袋
- 10 内に収納した。

- そして、各試験体 A 1, A 2, B 1, B 2 それぞれを、図 5 の測定装置の概略構成図に示すように、インピーダンスアナライザ（4191A：横河ヒューレットパッカ
- ード社製）2 の電極用銅板 3, 3 間に挟み、厚み方向に
- 15 電界をかけて静電容量 C_p と導電値 G とを測定し、その測定された静電容量 C_p と導電値 G とに基づいて、複素誘電率（比誘電率）の実数部の値 ϵ' および虚数部の値 ϵ'' それぞれを求めた。

- すなわち、静電容量 C_p と実数部の値 ϵ' との間には、
- 20 次の関係式

$$C_p = \epsilon_0 \cdot \epsilon' \cdot S / d$$

$$\epsilon' = C_p \cdot d / (\epsilon_0 \cdot S)$$

が成り立つ。ここで、 ε_0 は真空中での誘電率で 8.854×10^{-12} ($A^2 \cdot S^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}$) であり、そして、
 S は試験体の面積 (m^2)、d は試験体の厚み (m) であり、静電容量 C_p を求めることによって、実数部の値
 5 ε' を求めることができるのである。

また、導電値 G と虚数部の値 ε'' との間には、次の関係式

$$G = \sigma \cdot S / d$$

$$\sigma = G \cdot d / S$$

$$\begin{aligned} 10 \quad \varepsilon'' &= \sigma / (\varepsilon_0 \cdot \omega) \\ &= \sigma / (\varepsilon_0 \cdot 2\pi f) \\ &= G \cdot d / (S \cdot \varepsilon_0 \cdot 2\pi f) \end{aligned}$$

が成り立つ。ここで、 σ は導電率、 ε_0 は真空中での誘電率で 8.854×10^{-12} ($A^2 \cdot S^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}$) であり、そして、S は試験体の面積 (m^2)、d は試験体の
 15 厚み (m) であり、また、f は吸収しようとする既知の電波の周波数であり、導電値 G を求めることによって、虚数部の値 ε'' を求めることができる。

このようにして、平均繊維長さが 3mm でチョップ状の
 20 炭素繊維を、前述の表に示したように、モルタルに対する含有率が 1 重量%、2 重量%、3 重量%、4 重量%、5 重量%になるように含有したものと、炭素繊維を含有

5 するものと同様にして作成した炭素繊維を含有しないもの
 のとによる縦タイプの試験体 A 1, A 2 と横タイプの試験
 体 B 1, B 2 のそれぞれに付き、電波の周波数を 100
 MHz に固定して複素誘電率（比誘電率）の実数部の値
 10 ϵ' および虚数部の値 ϵ'' それぞれを求めたところ、表
 2 および図 6 のグラフそれぞれに示す結果を得た。ミキ
 シング中に切断されるため、試料中での炭素繊維の平均
 繊維長さは約 0.2～0.8mm になっている。炭素繊維の含
 有率（重量％）が高い程、炭素繊維が切断されて短くな
 る。すなわち、炭素繊維の含有率が高い程粘度が大きくな
 って剪断を受けやすくなるためと考えられる。

表 2

炭素繊維 の含有率	縦タイプの試験 体 A 1, A 2		横タイプの試験 体 B 1, B 2	
	ϵ'	ϵ''	ϵ'	ϵ''
0 重量％	4.62	0.21	4.61	0.19
1 重量％	42.53	1.03	23.11	1.29
2 重量％	61.50	6.12	34.83	3.00
3 重量％	81.32	15.49	49.96	5.61
4 重量％	103.88	20.92	88.59	13.02
5 重量％	72.88	14.32	63.39	16.21

また、平均繊維長さが 6mmでチョップ状の炭素繊維についても同様にして複素誘電率（比誘電率）の実数部の値 ϵ' および虚数部の値 ϵ'' それぞれを求めたところ、表3および図7のグラフそれぞれに示す結果を得た。試験材料中の炭素繊維の平均繊維長さは約 0.6～ 1.0mmである。

表 3

炭素繊維 の含有率	縦タイプの試験 体 A 1, A 2		横タイプの試験 体 B 1, B 2	
	ϵ'	ϵ''	ϵ'	ϵ''
0 重量%	4.62	0.21	4.61	0.19
1 重量%	73.22	2.06	37.78	2.64
2 重量%	99.09	8.33	66.65	6.20
3 重量%	80.28	18.35	76.62	5.81
4 重量%	98.39	18.43	87.20	12.29
5 重量%	74.42	13.60	65.16	7.13

平均繊維長さが 6mmでチョップ状の炭素繊維を含有してモルタルを調製したときの残存繊維の平均繊維長さ（mm）と炭素繊維の含有率（重量%）との関係を測定したところ、図8のグラフに示す結果を得た。

ここでの炭素繊維の含有率はセメントに対する重量比

で示しており、骨材などを含めた場合には、その含有率が約半分になる。

上記結果において、炭素繊維の含有率が高くなる程残存繊維の平均繊維長さが短くなっているのは、炭素繊維の含有率が高くなる程粘度が大きくなって剪断力がかかり、炭素繊維が切断されるためである。

更に、平均繊維長さが 3mm の炭素繊維（試料中では約 0.9mm）を、モルタルに対する含有率 2 重量％にして含有し、それらを一軸スクリュートタイプの真空押出成形機によって押出成形し、炭素繊維の長手方向が厚み方向に向かって並ぶように揃った縦タイプの試験体と、炭素繊維の長手方向が厚み方向に直交する方向に向かって並ぶように揃った横タイプの試験体とを作成し、それぞれについて電波の周波数と複素誘電率（比誘電率）の実数部の値 ϵ' および虚数部の値 ϵ'' それぞれとの関係を求めたところ、図 9 および図 10 それぞれのグラフに示す結果を得た。

上述の結果から次のことが明らかである。

① 炭素繊維の長手方向が厚み方向に向かって並ぶように揃った縦タイプの試験体 A 1, A 2 の方が、炭素繊維の長手方向が厚み方向に直交する方向に向かって並ぶように揃った横タイプの試験体 B 1, B 2 に比べ、複素誘

電率（比誘電率）の実数部の値 ε' を大きくできる。

- ② 図6および図7からわかるように、炭素繊維の長さが3mmのものでは、含有率が4重量%で複素誘電率（比誘電率）の実数部の値 ε' が大きくなるが、炭素繊維の長さが6mmのものでは、含有率が2重量%でも複素誘電率（比誘電率）の実数部の値 ε' が大きくなり、長い炭素繊維を含有するときには、その含有率が少なくとも、電波を良好に吸収できる。

- ③ 真空押出成形機を利用することにより、手で揃える場合よりも、自ずと炭素繊維の向きを特定方向（押出方向）に良好に揃えることができ、作業性を向上できる。

- 以上の構成により、例えば、水平偏波を対象とする場合であれば、図11の斜視図に示すように、電波Wの入射方向に位置する側の建物外壁Tを、前述のようにして得られるモルタル、あるいは、それに粗骨材を加えたコンクリートによって、炭素繊維の向き（CFで示す）が壁面方向に沿った水平方向に向くように揃う状態で構築し、ゴースト障害を防止できる。

- 詳述すれば、図12の作用説明図に示すように、電波Wの入射に伴って発生する電界Eにより炭素繊維に電圧を誘起して電波Wを吸収する。このとき、電波Wの入射方向が建物外壁Tに対して所定角度 θ 傾斜していれば、

その電界成分は $E \cos \theta$ となるが、その分の電波 W だけでも吸収することでゴースト障害防止効果が有る。

垂直偏波を対象とする場合であれば、炭素繊維の向きが壁面方向に沿った鉛直方向に向くように揃う状態で建物外壁 T を構築すれば良い。

< 第2実施例 >

繊維径が $13 \mu m$ で平均繊維長さが $0.70 mm$ の炭素繊維 (S-244 : 株式会社ドナック製) を乾燥し、その乾燥した炭素繊維を、図13の概略構成図に示すように、混合槽4内に溜められた主剤としての液状のエポキシ樹脂 (エピコート827 : 油化シェル株式会社製) に混合して攪拌する。

次いで、真空引きにより脱泡してから、炭素繊維を混合したエポキシ樹脂液を冷却し、そこに、硬化剤 (ハードナー H4510 : ACR 株式会社製) を、主剤の50重量%分混合して攪拌し、直径が $40 mm$ で高さが $300 mm$ の円筒状型枠5を用いて真空ポンプ6により吸引し、吸引完了後に円筒状型枠5の下部開口をゴム栓7で塞ぎ、しかる後に取り出して水槽内に24時間入れ、常温まで冷却してから脱型する。

その後、乾燥機により、 $80^{\circ}C$ で加熱乾燥し、厚みが $10 mm$ 、直径が $40 mm$ で、炭素繊維の長手方向が特定方向を向

いて揃うように切断し、炭素繊維の長手方向が厚み方向を向くように揃った縦タイプの試験体 A 3 と、炭素繊維の長手方向が厚み方向に直交する方向を向くように揃った横タイプの試験体 B 3 とを得た。ミキシングをしていないために、試料中の炭素繊維の長さが混入前の値とほぼ同じであることを、試料を溶剤で溶かして測定することにより確認した。

そして、主剤と硬化剤と炭素繊維との合計重量に対する炭素繊維の含有率を 5 重量%、10 重量% および 15 重量% それぞれにして、両試験体 A 3, B 3 それぞれを、前述第 1 実施例と同様に、インピーダンスアナライザ (4191A : 横河ヒューレットパカード社製) 2 を用い (図 5 参照)、電極用銅板 3, 3 間に挟み、静電容量 C_p と導電値 G とを測定し、その測定された静電容量 C_p と導電値 G とに基づいて、複素誘電率 (比誘電率) の実数部の値 ϵ' を求めたところ、図 14 のグラフに示す結果を得た。

この結果、縦タイプの試験体 A 3 において、横タイプの試験体 B 3 に比べ、実数部の値 ϵ' を極めて大きな値にできるとともに、その値が炭素繊維の含有率に比例して増大できることが明らかである。

< 第 3 実施例 >

繊維径が $13\mu\text{m}$ で平均繊維長さが 0.60mm の炭素繊維を乾燥し、その乾燥した炭素繊維を、前述第2実施例と同様に、エポキシ樹脂（エピコート827：油化シェル株式会社製）をマトリックスとする炭素繊維含有組成物を得、炭素繊維の長手方向が特定方向を向いて揃うように切断し、図15に示すように、炭素繊維の長手方向が厚み方向を向くように揃ったタイプの試験体C1と、炭素繊維の長手方向が厚み方向に対して 30° 傾斜した方向を向くように揃ったタイプの試験体C2と、炭素繊維の長手方向が厚み方向に対して 60° 傾斜した方向を向くように揃ったタイプの試験体C3と、炭素繊維の長手方向が厚み方向に直交する方向を向くように揃ったタイプの試験体C4とを得た。ミキシングをしていないために、試料中の炭素繊維の長さが混入前の値とほぼ同じであることを、試料を溶剤で溶かして測定することにより確認した。

そして、主剤と硬化剤と炭素繊維との合計重量に対する炭素繊維の含有率を10重量%にし、各試験体C1, C2, C3, C4それぞれを用い、測定周波数 92.75MHz として、炭素繊維の長手方向に対する電界方向（図15では、Eにベクトル表示記号を付して表示している）の角度を、 0° 、 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 60^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ となるようにして、

前述第1実施例と同様に、インピーダンスアナライザ
 (4191A:横河ヒューレットパッカード社製)2を
 用い(図5参照)、電極用銅板3,3間に挟み、静電容量
 量 C_p と導電値 G とを測定し、その測定された静電容量
 5 C_p と導電値 G とに基づいて、複素誘電率の実数部の値
 ϵ' および虚数部の値 ϵ'' それぞれを求めたところ、表
 4および図15のグラフに示す結果を得た。

表 4

繊維方向と 測定電界方 向の角度	複 素 誘 電 率	
	ϵ' (実数部)	ϵ'' (実数部)
0°	95	22
±30°	83	18.8
15 ±60°	56	10.5
±90°	17	1

この結果から、炭素繊維の長手方向を吸収しようとする
 電波の電界方向に向けて配置する程、複素誘電率の実
 20 数部の値 ϵ' および虚数部の値 ϵ'' のいずれをも高くで
 けることが明らかである。

上述のようにして得られる、樹脂を母材とした電波吸

収体は、例えば、送電線の鉄塔、橋梁、新幹線、高速道路、ゴルフ練習場などの各種の建造物とか航空機の外面に、吸収しようとする電波によって発生する電界の方向と同じ方向に炭素繊維の向きが揃う状態で貼り付けて使用するれば良い。

上述第1および第2実施例のいずれにおいても、複素誘電率（比誘電率）の測定において、周波数を100MHzに固定していながら、高い複素誘電率（比誘電率）の実数部の値 ϵ' を得ることができる。

10 そして、電波吸収体は、通常、特定の周波数の電波を吸収するように設計する。この場合、設計に用いた吸収させたい周波数の電波だけでなく、その周波数に近い周波数の電波をも吸収できる。複素誘電率（比誘電率）の実数部の値 ϵ' と虚数部の値 ϵ'' とのマッチングが良い
15 場合は、より広範囲の周波数の電波を吸収することができる。

例えば、日本における2 c Hの電波を吸収するように設計した場合について考えて見れば、周波数と反射係数との間に、図16に示すような関係があり、2 c Hの周
20 波数に近い1 c Hおよび3 c Hの電波に対しても、反射係数が-14 d B程度になり、それらの電波をも良好に吸収できることが明らかである。また、4 c Hから12

c H の電波の周波数は、200MHz の近辺に集中しており、
200MHz の電波を吸収するように設計することにより、4
c H から 12 c H の電波を良好に吸収できることになる。

5 上述第1および第2実施例のいずれにおいても、吸収
しようとする電波の周波数に応じ、それらに必要な複素
誘電率（比誘電率）の実数部の値 ϵ' を、使用した炭素
繊維の平均繊維長さとの関係において、炭素繊維の含有
率を極力小さくして得るように設計する方が好ましい。

発明の効果

10 以上の説明から明らかなように、本発明の電波吸収方
法によれば、吸収しようとする電波が水平偏波または垂
直偏波のいかににかかわらず、電波吸収体の取り付け姿
勢を電波によって発生する電界の方向に対応させ、揃え
た炭素繊維の向きが電界の方向に合うようにするから、
15 炭素繊維の含有率が少なくても、また、炭素繊維の量そ
のものが少なくても、電波を炭素繊維に効率良く吸収し
て減衰することができる。炭素繊維の含有率が低く、厚
みが薄くて軽量の電波吸収体を用いながら吸収効率の高
い状態で電波を吸収できた。このため、高層ビルの外壁
20 や、新幹線や高速道路の防音壁自体を電波吸収体で構築
するとか、あるいは、高層ビル、送電線、鉄塔、橋梁、
新幹線、高速道路、ゴルフ練習場などの各種の建造物や

航空機の外面に電波吸収体を貼るなどによって、ゴースト障害を、取り扱い性良好に、かつ、安価にして防止できるようにになった。

図面の簡単な説明

5 図1は、本発明の電波吸収方法に用いる電波吸収体の試験体を得るための硬化体の斜視図である。

図2は、試験体の斜視図を示し、図2の(a)は、縦タイプの試験体の斜視図、図2の(b)は、横タイプの試験体の斜視図である。

10 図3は、無反射条件の特性曲線を示すグラフである。

図4は、配向度の説明に供する側面図である。

図5は、測定装置の概略構成図である。

図6は、炭素繊維の含有率と比誘電率との関係を示すグラフである。

15 図7は、炭素繊維の含有率と比誘電率との関係を示すグラフである。

図8は、平均繊維長さが6mmでチョップ状の炭素繊維を含有して調整したときの残存繊維の平均繊維長さと炭素繊維の含有率との関係を示すグラフである。

20 図9は、周波数と比誘電率の実数部との関係を示すグラフである。

図10は、周波数と比誘電率の虚数部との関係を示す

グラフである。

図11は、建物への使用状態を示す概略斜視図である。

図12は、電界発生状態の説明図である。

図13は、樹脂を母材とした電波吸収体の作成装置の
5 概略構成図である。

図14は、炭素繊維の含有率と比誘電率との関係を示
すグラフである。

図15は、炭素繊維の方向と電界方向の角度に対する
比誘電率との関係を示すグラフである。

10 図16は、周波数と反射係数との関係を示すグラフで
ある。

15

20

請 求 の 範 囲

- 1 炭素繊維が特定方向に配向して含有されている炭素
繊維含有組成物をその炭素繊維の長手方向を吸収しよ
うとする電波の電界方向に向けて配置することにより
5 電波を吸収することを特徴とする電波吸収方法。
- 2 吸収しようとする電波を炭素繊維含有組成物の任意
の方向に照射したときの前記炭素繊維含有組成物の複
素誘電率の実数部を ϵ' 、虚数部を ϵ'' とし、それら
の最大値および最小値を、 $\epsilon_{\max}'$ 、 $\epsilon_{\min}'$ 、
10 $\epsilon_{\max}''$ 、 $\epsilon_{\min}''$ とし、炭素繊維の配向度Aを
 $\epsilon_{\max}' - \epsilon_{\min}'$ 、配向度Bを $\epsilon_{\max}'' - \epsilon_{\min}''$
で定義する場合に、炭素繊維の配向度Aが25以上、お
よび／または、配向度Bが5以上である炭素繊維含有
組成物を用いる請求の範囲第1項に記載の電波吸収方
15 法。
- 3 炭素繊維含有組成物のマトリックスがモルタルまた
はコンクリート製の外壁であって、炭素繊維の含有率
が0.5～10重量％である請求の範囲第1項または第2
項に記載の電波吸収方法。
- 20 4 炭素繊維含有組成物のマトリックスが樹脂であり、
炭素繊維の含有率が5～25重量％である請求の範囲第
1項または第2項に記載の電波吸収方法。

FIG.1

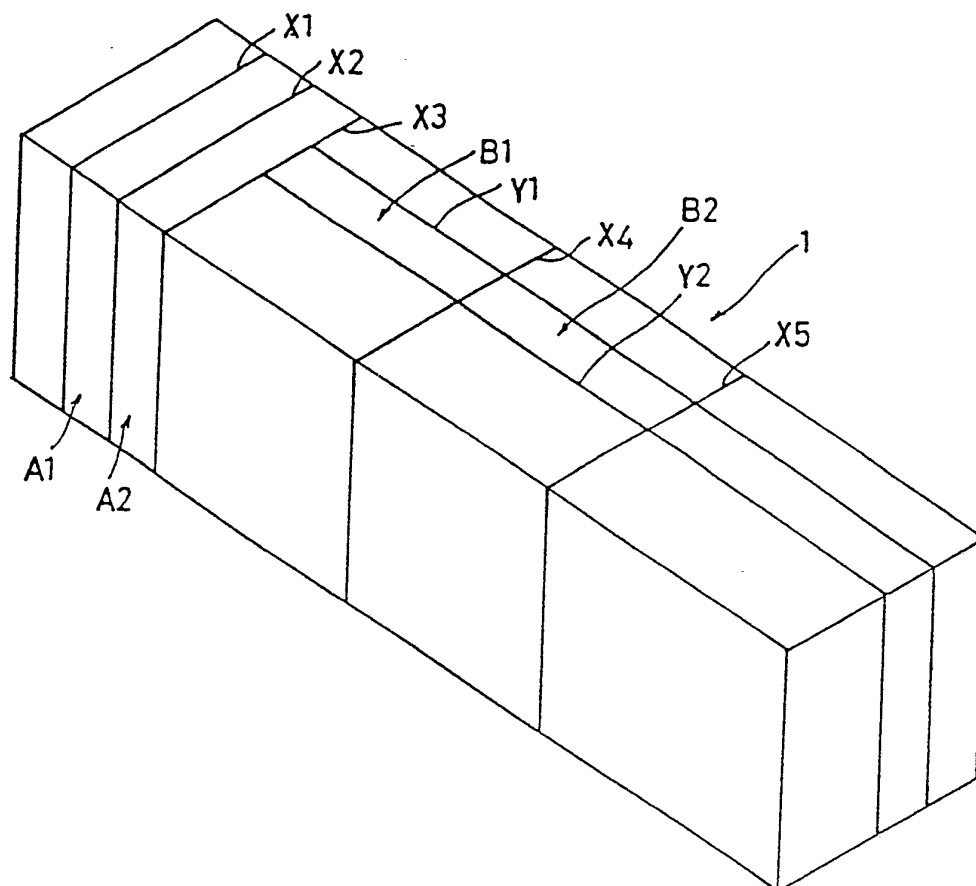


FIG.2-(a)

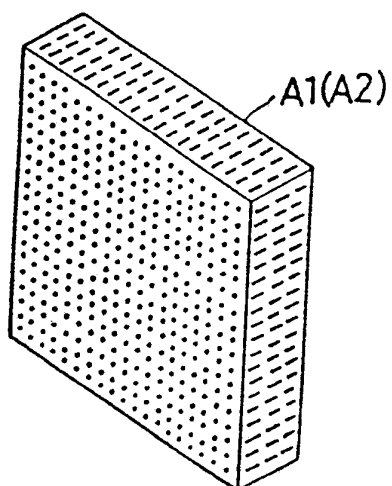
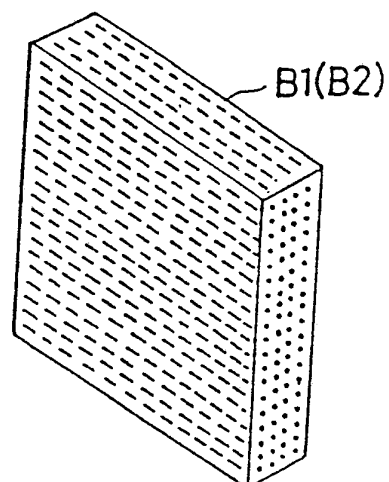


FIG.2-(b)



2/9

FIG. 3

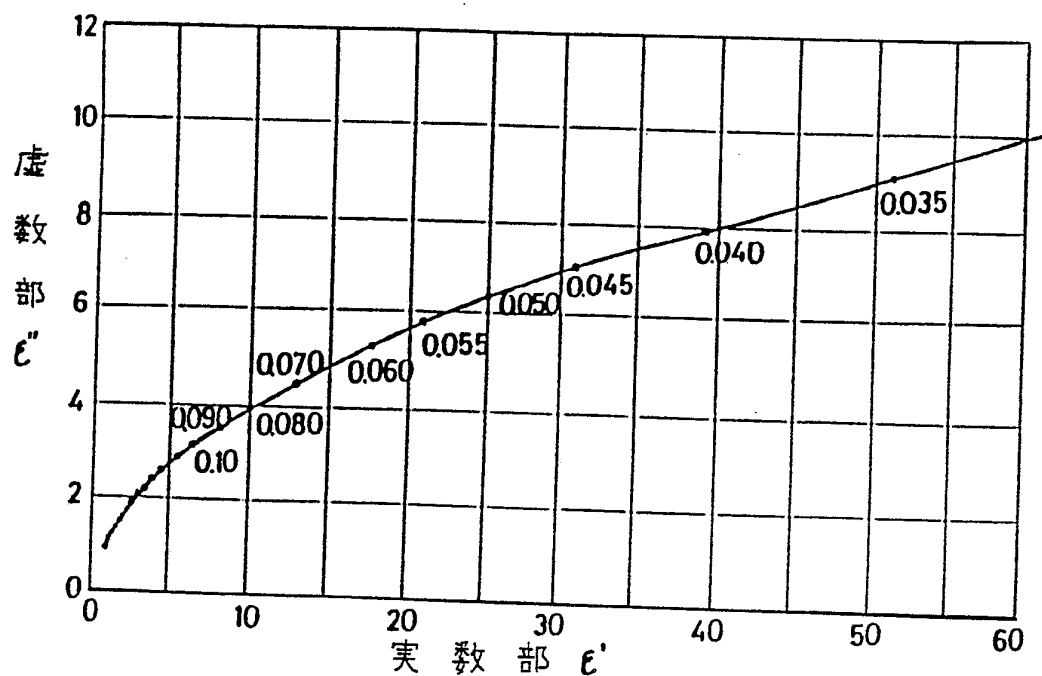
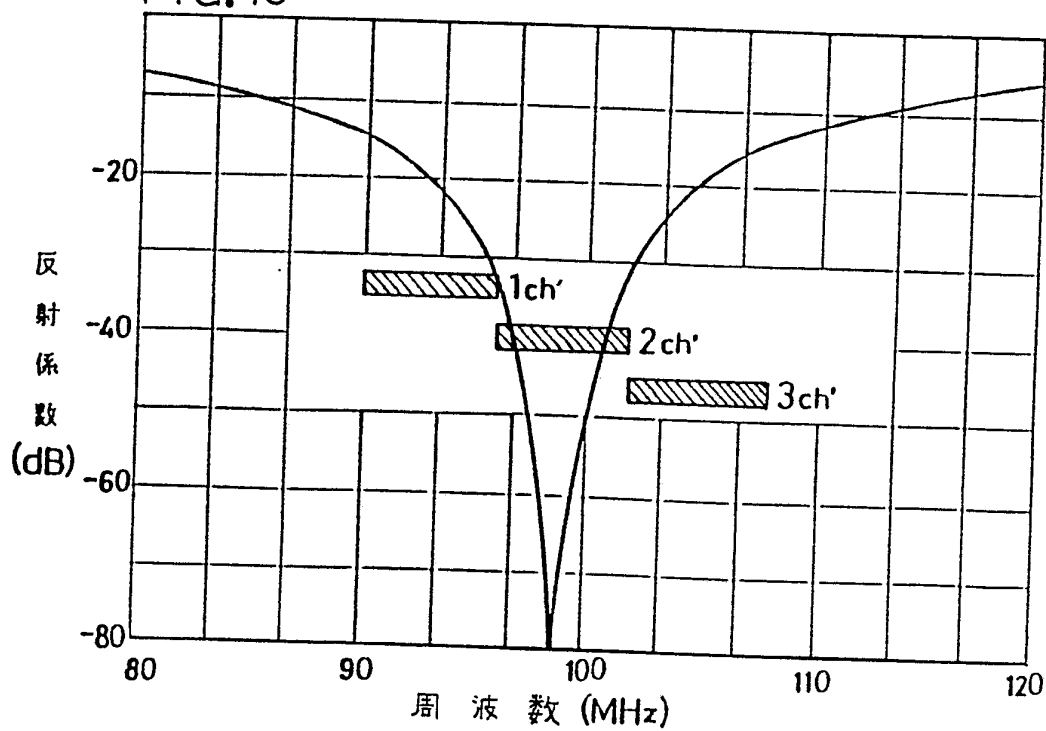


FIG. 16



3/9

FIG. 4

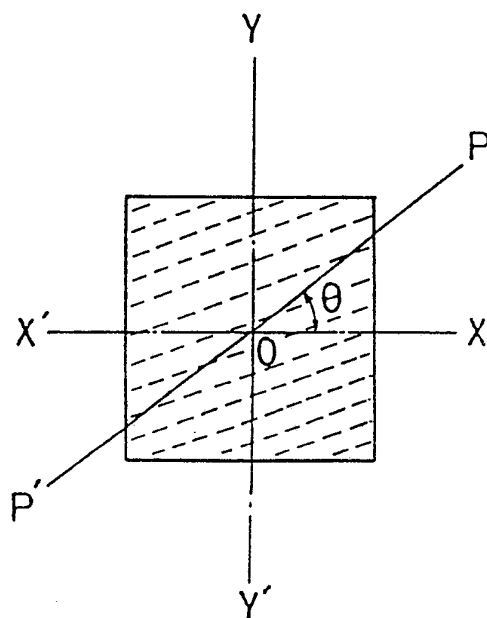


FIG. 8

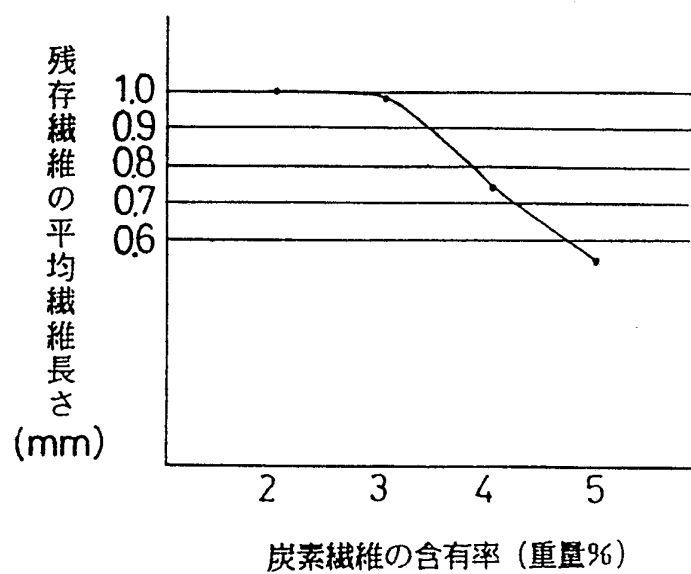


FIG. 5

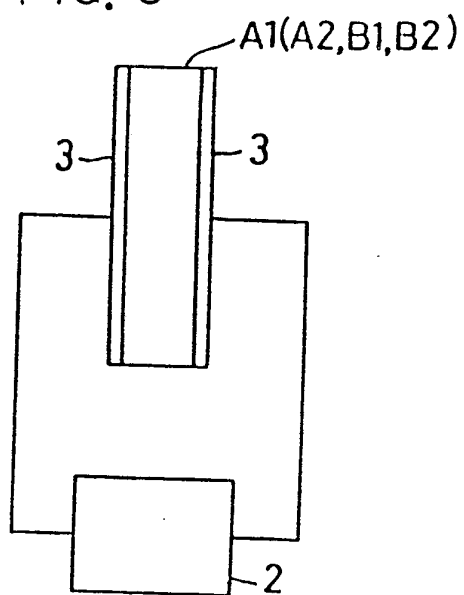


FIG. 13

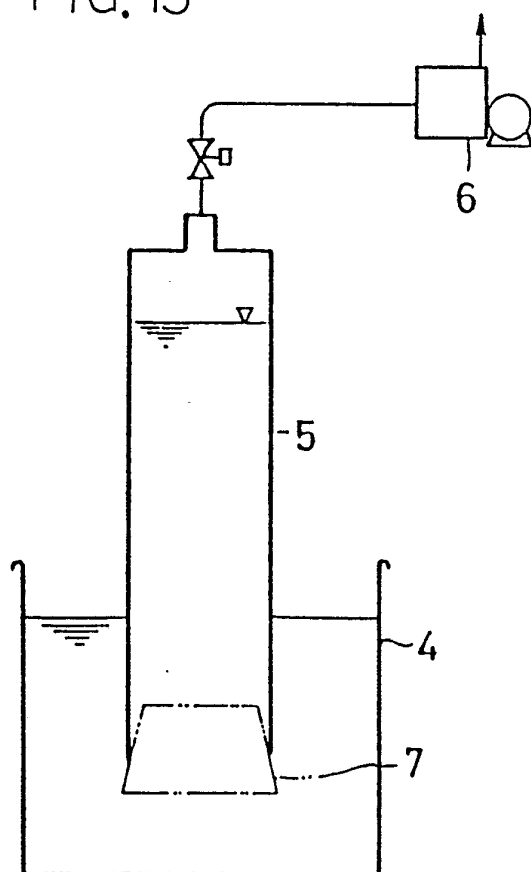


FIG. 6

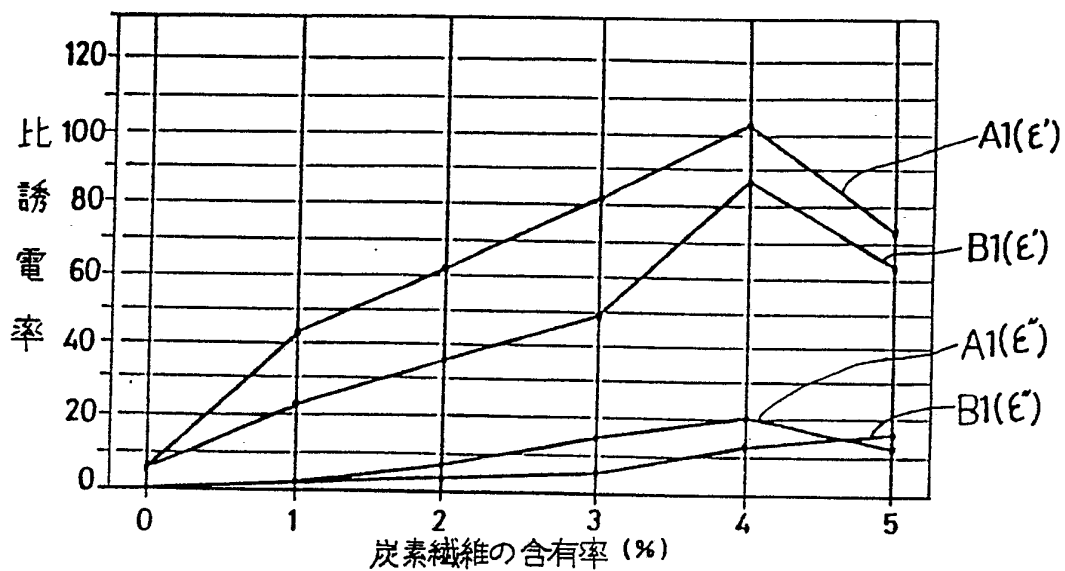


FIG. 7

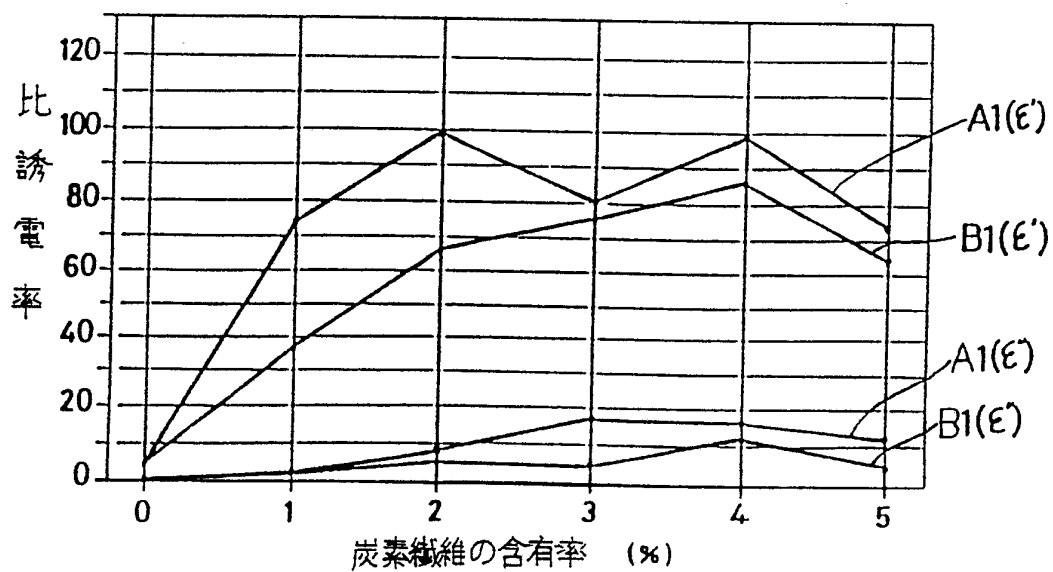


FIG. 9

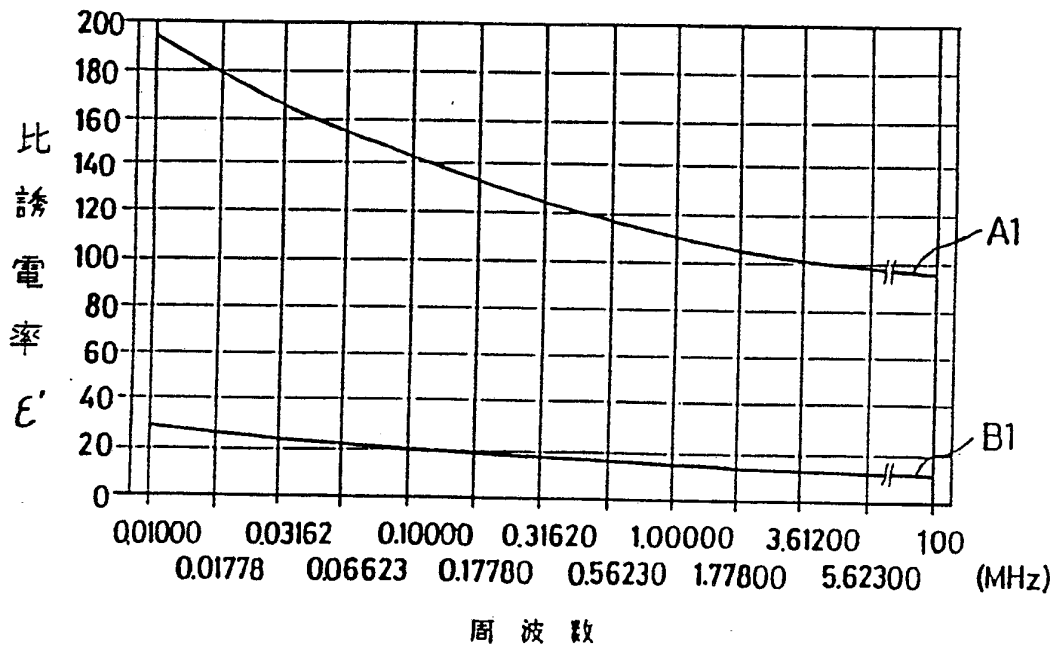
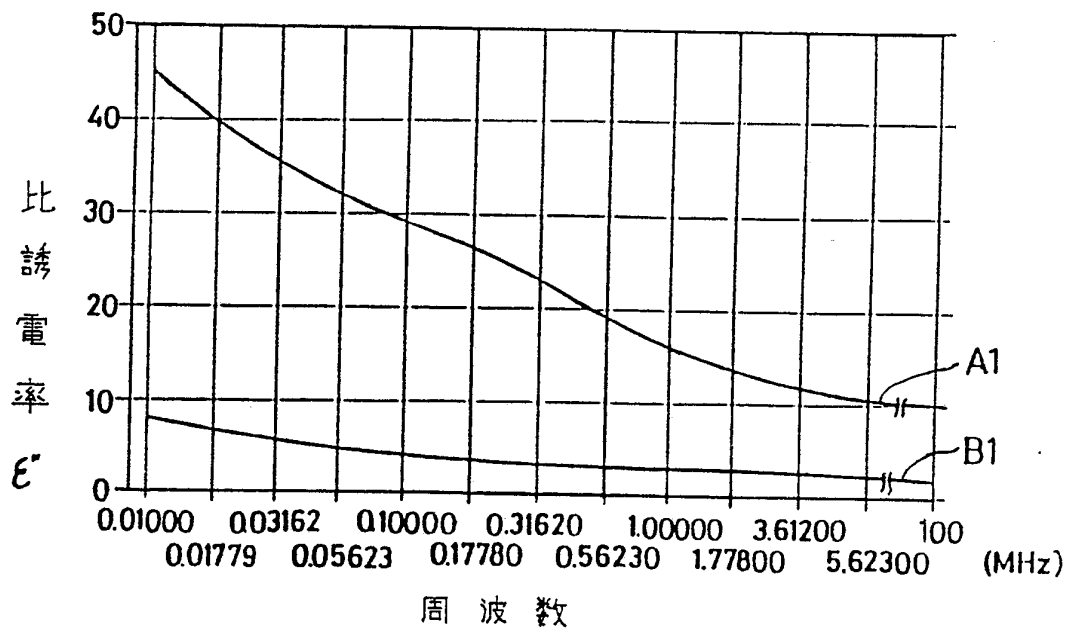


FIG. 10



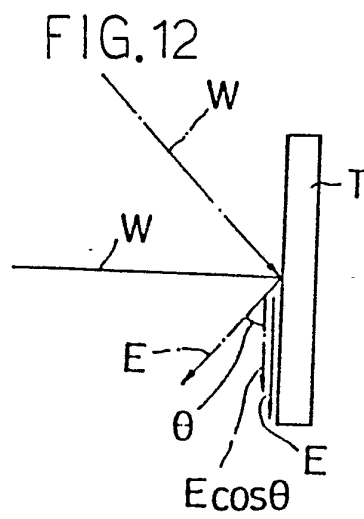
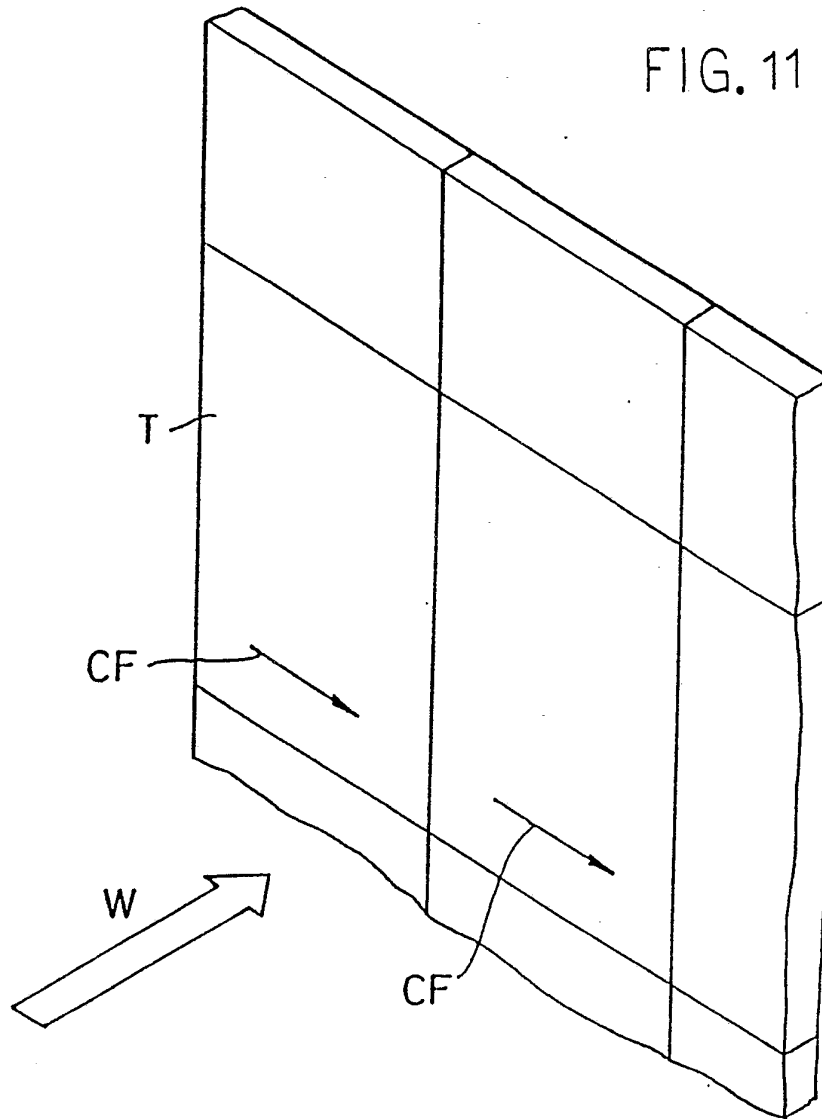
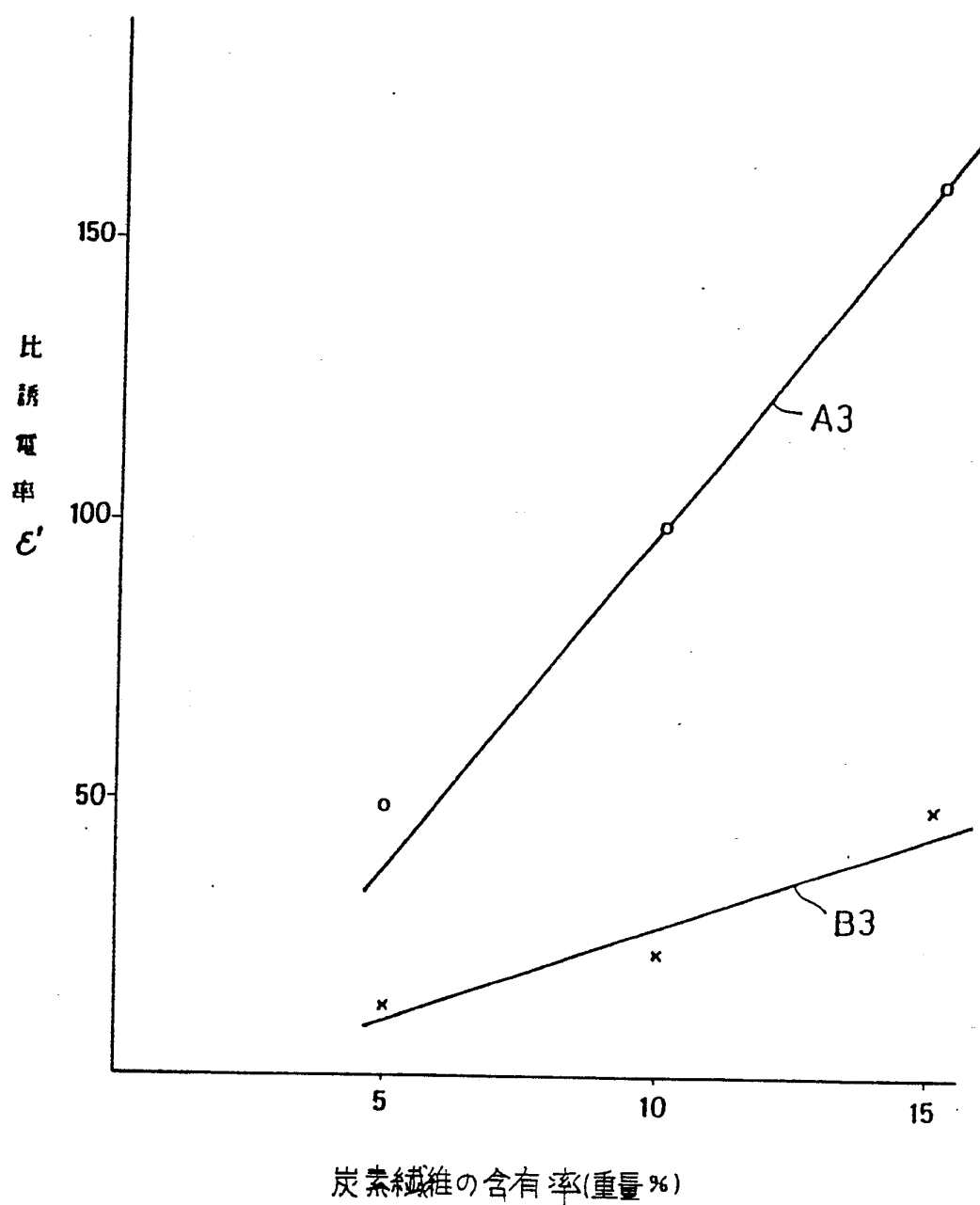
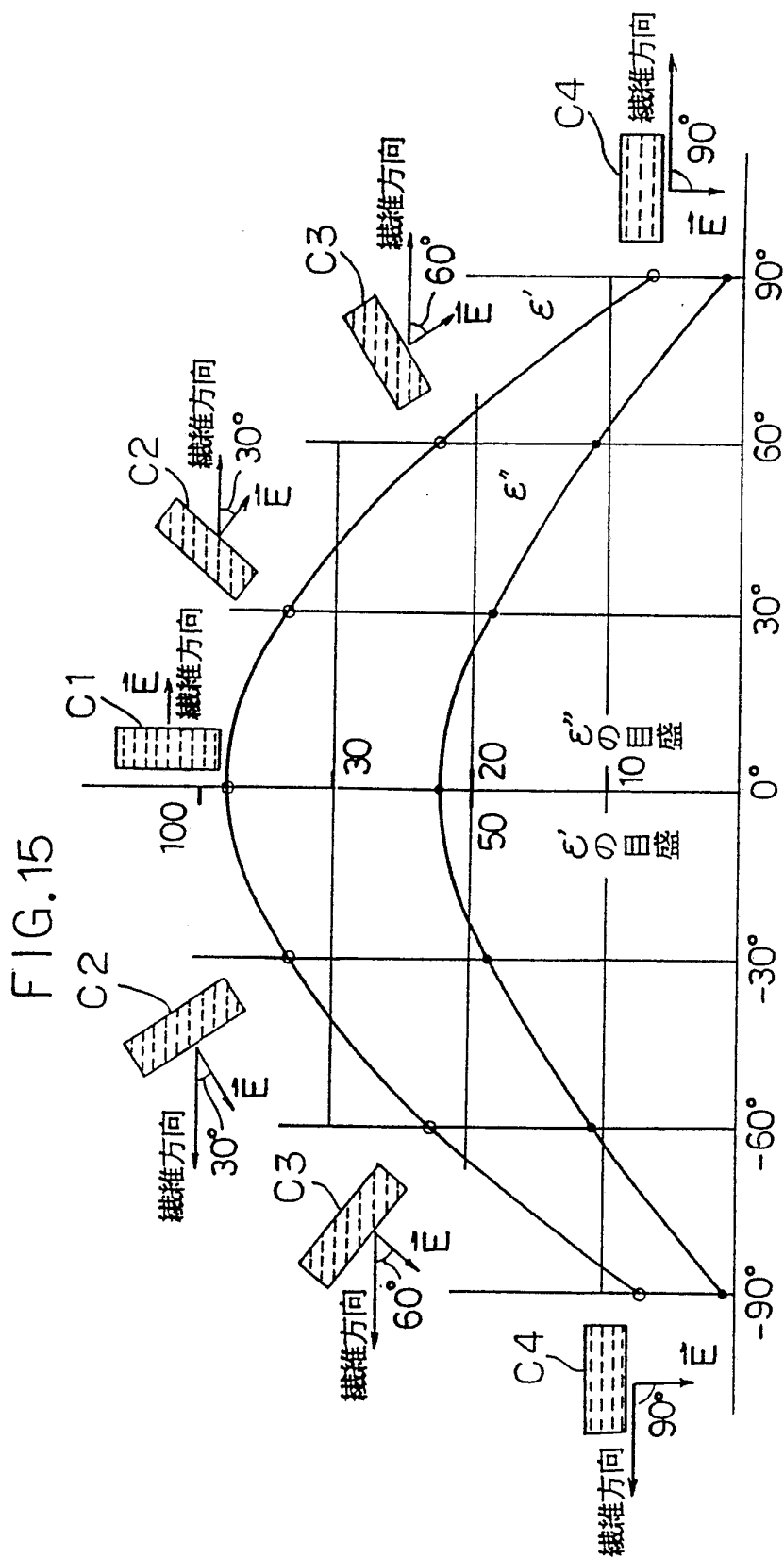


FIG. 14





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/JP91/01544

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) ⁶ According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC Int. Cl ⁵ H05K9/00		
II. FIELDS SEARCHED Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
IPC	H05K9/00	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1991 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1991		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
X	JP, B2, 01-39240 (Toray Industries, Inc.), August 18, 1989 (18. 08. 89), Lines 2 to 9, column 1, lines 13 to 19, column 3, lines 22 to 23, column 4, Fig. 1 (Family: none)	1, 4
X	JP, B2, 01-56559 (Boeicho Gijutsu Kenkyu Honbu-cho, Toray Industries, Inc.), November 30, 1989 (30. 11. 89), Lines 2 to 14, column 1, lines 8 to 13, column 5, lines 7 to 15, column 6, Fig. 1 (Family: none)	1, 4
Y	JP, A, 58-108603 (Yasutaka Shimizu), June 28, 1983 (28. 06. 83), Lines 5 to 6, lower left column, page 1 (Family: none)	3
* Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
January 20, 1992 (20. 01. 92)	February 12, 1992 (12. 02. 92)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
Japanese Patent Office		

国 際 調 査 報 告

国際出願番号PCT/JP 91 / 01544

I. 発明の属する分野の分類			
国際特許分類 (IPC)			
Int. Cl. ⁴ H05K9/00			
II. 国際調査を行った分野			
調 査 を 行 っ た 最 小 限 資 料			
分 類 体 系	分 類 記 号		
IPC	H05K9/00		
最小限資料以外の資料で調査を行ったもの			
日本国実用新案公報		1926-1991年	
日本国公開実用新案公報		1971-1991年	
III. 関連する技術に関する文献			
引用文献の カテゴリー※	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	請求の範囲の番号	
X	JP, B2, 01-39240 (東レ株式会社), 18. 8月. 1989 (18. 08. 89), 第1欄, 第2-9行, 第3欄, 第13-19行, 第4欄, 第22-23行, 第1図 (ファミリーなし)	1, 4	
X	JP, B2, 01-56559 (防衛庁技術研究本部長, 東レ株式会社), 30. 11月. 1989 (30. 11. 89), 第1欄, 第2-14行, 第5欄, 第8-13行, 第6欄, 第7-15行, 第1図 (ファミリーなし)	1, 4	
Y	JP, A, 58-108603 (清水康敬), 28. 6月. 1983 (28. 06. 83), P. 1, 左下欄, 第5-6行 (ファミリーなし)	3	
※引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日の後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリーの文献			
IV. 認 証			
国際調査を完了した日 20. 01. 92		国際調査報告の発送日 12.02.92	
国際調査機関 日本国特許庁 (ISA/JP)		権限のある職員 特許庁審査官 市川裕司	
		4 E 7 1 2 8	