

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 669 674 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94119638.8**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **H01Q 17/00**

(22) Anmeldetag: **13.12.94**

(30) Priorität: **24.02.94 DE 4405996**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**30.08.95 Patentblatt 95/35**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT**

(71) Anmelder: **Daimler-Benz Aerospace  
Aktiengesellschaft**

**D-81663 München (DE)**

(72) Erfinder: **Kaiser, Joachim, Dr.  
Heinrich-Gross-Strasse 45  
D-28277 Bremen (DE)**

(54) **Vorrichtung zur Tarnung von Antennen.**

(57) Die Vorrichtung zur Tarnung von Antennen gegen die Ortung durch Mikrowellen besteht aus einem elektromagnetisch nicht-reziproken Bauelement, das in Einfallsrichtung der Mikrowellen gesehen, vor der Antenne angeordnet ist.

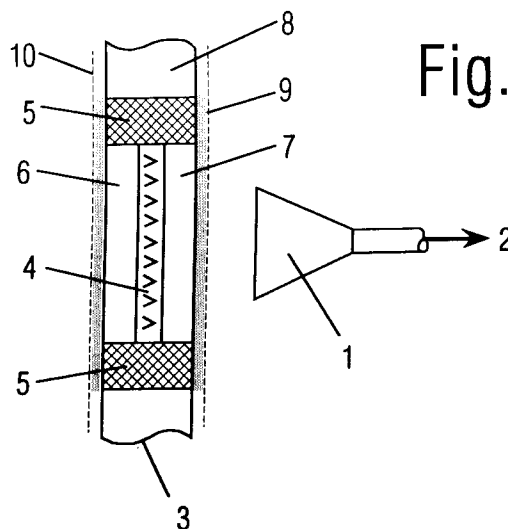


Fig. 1

EP 0 669 674 A1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Tarnung von Antennen gegen die Ortung durch Mikrowellen.

Bei der Tarnung gegen Radar militärischer Geräte stellen Antennen ein besonderes Problem dar. Die herkömmliche Tarnung besteht darin, unter Ausnutzung sehr schmalbandiger frequenzselektiver Schichten nur die Nutzfrequenz des zur Antenne gehörenden Funksystems zum Detektor gelangen zu lassen, alle anderen Frequenzen jedoch abzulenken und/oder zu absorbieren. Beispielsweise kann der Hauptreflektor einer Parabolantenne aus einem breitbandigen Radarabsorber aufgebaut werden, dessen Außenfläche eine auf die Funkfrequenz abgestimmte frequenzselektive Reflexionsfolie besitzt. Alternativ kann auch das Radom in frequenzselektiver Weise aufgebaut werden, d.h. nur für die Nutzfrequenz transparent und für andere Frequenzen reflektierend sein.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Tarnung von Antennen gegen die Ortung durch Mikrowellen zu schaffen, die eine erheblich bessere Tarnung ermöglicht, insbesondere gegen auftreffende Mikrowellen, deren Frequenzen sich nur geringfügig von den Frequenzen der Nutzwellen der Antenne unterscheiden.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, daß die Vorrichtung aus einem elektromagnetisch nicht-reziproken Bauelement besteht, das in Einfallsrichtung der Mikrowellen gesehen vor der Antenne angeordnet wird.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist das nicht-reziproke Bauelement die Form eines im Abstand vor der Antenne angeordneten Radoms auf und enthält eine magnetooptische Schicht, die von einem Ringmagneten umgeben ist und die auf beiden Seiten von je einer Polarisatorschicht bedeckt ist, welche eine hohe Transparenz für eine gegebene lineare Polarisationsrichtung aufweisen und eine hohe Absorption für die dazu senkrechten Polarisationsrichtungen aufweisen, wobei die beiden Polarisationschichten um  $45^\circ$  zueinander verdreht angeordnet sind.

Vorteilhafterweise ist die magnetooptische Schicht ein sogenannter Faraday-Dreher, der die sie durchsetzenden elektromagnetischen, linear polarisierten Wellen um  $45^\circ$  verdreht und der aus einem Ferrit und/oder Granat besteht.

Die Polarisatorschichten bestehen vorteilhafterweise aus parallel zueinander angeordneten dünnen Streifen eines Absorbers.

Jede Polarisatorschicht kann auf der dem Faraday-Dreher abgewandten Oberfläche mit einer Viertelwellenlängenschicht aus einem einachsigen anisotropen Material zur Transformation zirkular polarisierter Wellen in linear polarisierte Wellen versehen sein.

Im Falle von Parabolantennen ist es besonders vorteilhaft, wenn die magnetooptische Schicht direkt auf der den einfallenden Mikrowellen zugewandten Oberfläche der Antenne aufgebracht ist und wenn die beiden um  $45^\circ$  zueinander verdrehten Polarisatorschichten zum einen auf einer Radomapertur und zum anderen auf dem Subreflektor bzw. Erreger oder Detektor angeordnet sind.

Durch die erfindungsgemäße Verwendung elektromagnetisch nicht-reziproker Schichten wird der Vorteil erzielt, daß Funksignale im Bereich der Nutzfrequenz zu einer bestimmten Zeit nur entweder von außen bis zur Antenne vordringen oder von der Antenne nach außen abgestrahlt werden können. Funksignale abweichender Frequenz können in bekannter Weise abgelenkt und/oder absorbiert werden, wobei auch hier wieder frequenzselektive Schichten und breitbandige Radarabsorber zusätzlich unterstützend sein können.

Gegenüber der konventionellen Tarnung mittels frequenzselektiver Schichten wird auch die Rückstreuung im Bereich der Nutzfrequenz unterbunden. Dies ist besonders vorteilhaft, da sich die Arbeitsfrequenzen der Radarsysteme um typische Frequenzstellen im Mikrowellenspektrum gruppieren.

Ein Ortung durch ein gegnerisches Radarsystem, welches auf der nahezu gleichen Frequenz arbeitet, wie die zu tarnende Antenne, ist somit bei konventioneller Tarnung durchaus möglich, nicht jedoch bei Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß die Trennschärfe einer frequenzselektiven Schicht zur ergänzenden Fremdfrequenz-Tarnung geringeren Anforderungen unterliegt; sie kann auf die Bandbreite der Wirksamkeit der nicht-reziproken Schicht abgeschwächt werden; bei ausreichender wirksamer Bandbreite der nicht-reziproken Schicht erübrigt sich gegebenenfalls die Ergänzung durch konventionelle Tarnmaßnahmen.

Unter nicht-reziproken Erscheinungen werden hier vorzugsweise magnetooptische Effekte verstanden, die auf dem von Helmholtz formulierten Reziprozitätsgesetz für elektromagnetische Wellen beruhen und die voraussetzen, daß ein zusätzliches Magnetfeld vorhanden ist (Bergmann/Schaefer "Lehrbuch der Experimentalphysik", Band III Optik (Walter de Gruyter-Verlag, Berlin). Andere nicht-reziproke Effekte könnten eventuell auch nützlich sein.

Eine bekannte Anwendung des nicht-reziproken Effektes im Zusammenhang mit Spiegel für Ringlaser ist beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung P 32 33 035 beschrieben.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert, in der vorteilhafte Ausführungsbeispiele dargestellt sind. Es zeigen:

- Fig. 1 einen Schnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel und  
 Fig. 2 einen Schnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel.

In Fig. 1 ist mit 1 eine Antenne bezeichnet, die über eine Leitung 2 mit einem nicht dargestellten Funksystem verbunden ist. Mit 3 ist die Ebene in der Radomapertur bezeichnet, wobei in dieser Ebene eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Tarnung der Antenne 1 gegen die Ortung durch gegnerische Mikrowellen angeordnet ist. Die Vorrichtung besteht aus einem elektromagnetisch nicht-reziproken Bauelement, das eine nicht-reziproke Schicht 4 aufweist, die in der Ebene 3 der Radomapertur angeordnet ist. Die nicht-reziproke Schicht 4 ist von einem Ringmagneten 5 umgeben, der das notwendige Magnetfeld in der Apertur erzeugt. Es können sowohl Elektro- als auch Permanentmagnete verwendet werden. Elektromagnete bieten den Vorteil eines Umschaltens zwischen den Transparenzzuständen des Bauelementes. Durch geeignete Formgebung kann ein homogenes Feld im Bereich der nicht-reziproken Schicht 4 des Bauelementes erzielt werden. Andererseits kann eine Variation des Magnetfeldes über der Apertur gegebenenfalls zu einer Erhöhung der wirksamen Bandbreite ausgenutzt werden oder verhindert bei gegenüber der Apertur kleineren Querschnittsfläche der Antenne eine Wirksamkeitsreduzierung der Tarnung, da am Rande der Apertur eindringende Wellen des Ortungsradars nicht auf die Antenne treffen und somit nicht reflektiert werden.

Als Material für die nicht-reziproke Schicht 4, welches unter dem Einfluß des Magnetfeldes, das durch den Ringmagneten 5 erzeugt wird, die Polarisationsebene elektromagnetischer linear polarisierter Wellen verdreht, kommt ein sogenannter Faraday-Dreher aus Ferriten und/oder Granaten in Frage, wie sie in der HF-Technik auch für Richtungsleitungen verwendet werden. Die Schicht 4 ist ausgelegt für eine Drehung um  $45^\circ$  für Frequenzen im hier interessierenden Bereich.

Auf beiden Seiten dieser nicht-reziproken Schicht 4 ist eine Polarisatorschicht 6, 7 aufgebracht, die jeweils eine hohe Transparenz für eine vorgegebene Polarisationsrichtung und eine hohe Absorption für die dazu senkrechte Polarisationsrichtung aufweisen. Die beiden Polarisatorschichten 6, 7 sind um  $45^\circ$  gegeneinander verdreht angeordnet. Mit 8 ist ferner eine Halterung für den Ringmagneten, die nicht-reziproke Schicht und die beiden Polarisatorschichten bezeichnet.

Im Falle eines Elektromagneten bestimmt die Richtung des angelegten Magnetfeldes (nach innen oder nach außen gerichtet) den Transparenzzustand des Radoms, d.h. die Sende- oder Empfangstransparenz.

Die Polarisatorschichten 6, 7 können vorteilhaft teilweise aus parallel angeordneten dünnen Streifen eines Absorbers aufgebaut werden, wobei die Feldanteile parallel zu den Streifen absorbiert werden, solche senkrecht dazu hingegen transmittiert werden.

Wie aus der Beschreibung dieses Ausführungsbeispiels deutlich geworden ist, führt die Verwendung nicht-reziproker Effekte zum Zwecke der Tarnung der Antenne dazu, daß die Rückstreuung der zur Ortung eingesetzten gegnerischen elektromagnetischen Wellen weitgehend vermieden wird. Bei ungetarnten Antennen kann der Rückstreuquerschnitt sehr große Werte annehmen und so die an anderen Stellen angewandten Tarnmaßnahmen zunichte machen. Wenn jedoch die Transmission des Radoms in der Empfangsrichtung sehr hohe Werte und in der Senderichtung sehr niedrige Werte annimmt, so kann die einfallende Welle des Ortungsradars zwar zur Antenne vordringen, nicht jedoch wieder austreten, um so dem Ortungsradar ein Echo zu liefern. Andererseits kann die so getarnte Antenne einfallende Signale mit nur geringer Dämpfung empfangen.

Soll die Antenne auch senden, so muß die Transparenzrichtung umgekehrt werden, wofür die Ursache der nicht-reziproken Effekte hervorruhenden Maßnahmen (beim magnetooptischen Effekt das angelegte Magnetfeld) umgekehrt werden müssen. In diesem Zustand kann die elektromagnetische Welle des Ortungsradars das Radom nicht durchdringen. Bei geeigneten Entspiegelungsschichten auf dem Radom, wie sie aus der Optik bekannt sind, dringt die Welle in das Radom ein und wird dort absorbiert. Die getarnte Antenne kann dagegen ihre Signale mit nur geringer Dämpfung aussenden.

Soll eine Bordradar-Antenne auf diese Weise getarnt werden, so muß in den relativ kurzen Sendephasen das Radom auf "Sendetransparenz" und in der übrigen Zeit auf "Empfangstransparenz" geschaltet werden.

Entspiegelungsschichten auf dem Radom sind außer für die Absorption einfallender Wellen im Zustand der Sendetransparenz auch nützlich für die Erhöhung der Radomtransparenz für die jeweils durchgelassenen Nutzsignale, sowie die Reflexionsminderung im Zustand der Empfangstransparenz.

Handelt es sich bei der zu tarnenden Antenne um eine Spiegelantenne, z.B. eine Parabolantenne 11, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, so kann anstelle des Radoms oder in Kombination mit ihm ein Teil der Antenne selbst nicht-reziprok ausgeführt werden. Zu diesem Zweck wird die nicht-reziproke Schicht 14, d.h. der Faraday-Dreher, in der Form der Antennenoberfläche 19 auf diese aufgebracht. Die beiden um  $45^\circ$  zueinander verdrehten Polari-

satorschichten 16, 17 können in diesem Fall zum einen auf der Radomapertur, deren Ebene in Fig. 2 mit 13 bezeichnet ist, und zum anderen auf dem Subreflektor bzw. Erreger und/oder Detektor 20 angeordnet werden. Mit 18 ist auch hier wieder eine Halterung für die Radomapertur, mit 15 ein die nicht-reziproke Schicht umgebender Ringmagnet und mit 12 eine Verbindung zu einem Funksystem bezeichnet.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung bleibt das Nutzsignal der zu tarnenden Antenne praktisch ungestört, wenn es linear polarisiert ist, wobei die Orientierung der Polarisationschichten 6, 7; 16, 17 und der Antenne 1 bzw. 11 auf die gewünschte Polarisationsrichtung abgestimmt werden muß.

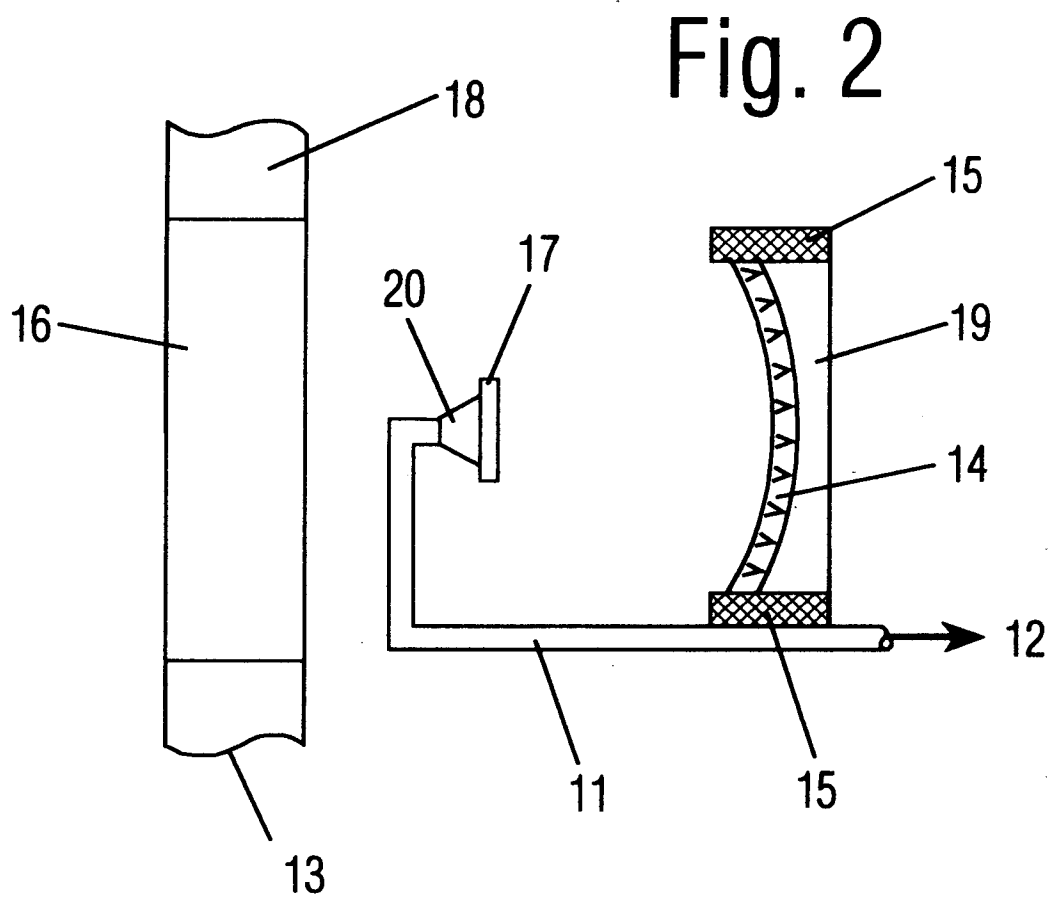
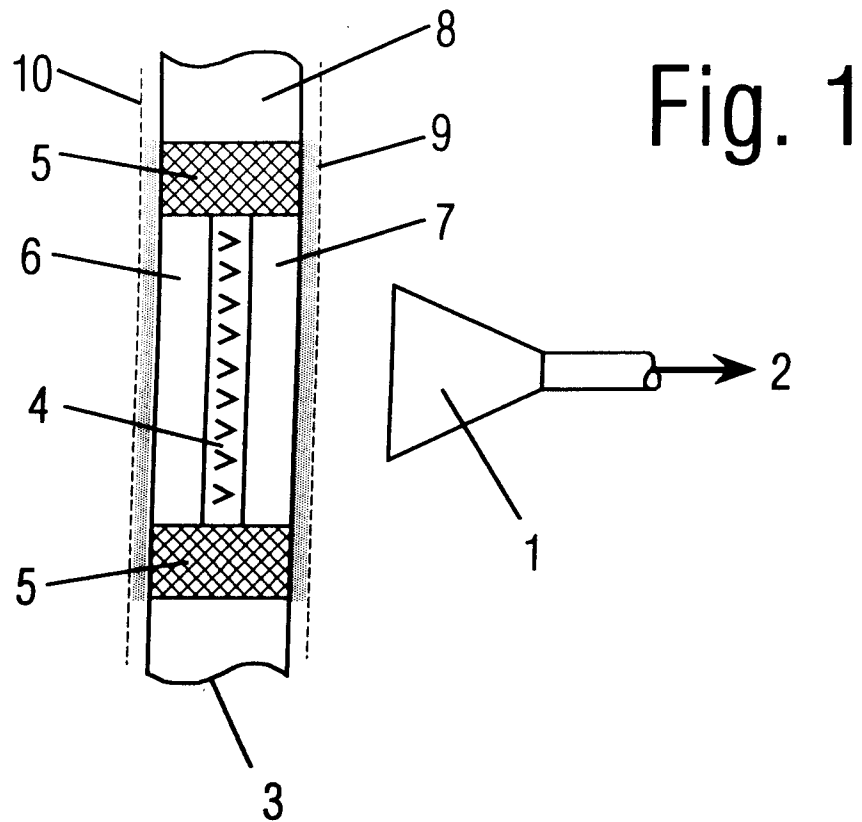
Soll bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel die zu tarnende Antenne 1 zirkular polarisierte Wellen empfangen oder senden, so kann dies dadurch erfolgen, daß zusätzlich auf den beiden, dem Faraday-Dreher 4 abgewandten Außenseiten der Polarisatorschichten 6, 7 je eine sogenannte Viertelwellenlängenschicht 9, 10 aus einachsigen anisotropem Material aufgebracht wird. Die Zusatzschichten 9, 10 transformieren zirkular polarisierte Wellen in linear polarisierte Wellen und umgekehrt.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Tarnung von Antennen gegen die Ortung durch Mikrowellen, insbesondere durch Mikrowellen, deren Frequenzen sich nur geringfügig von den Frequenzen der Nutzwellen der zu tarnenden Antennen unterscheiden, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus einem elektromagnetisch nicht reziproken Bauelement besteht, das in Einfallsrichtung der Mikrowellen gesehen, vor der Antenne angeordnet ist und das zwei um  $45^\circ$  zueinander verdrehte Polarisatorschichten aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das nicht-reziproke Bauelement die Form eines im Abstand vor der Antenne angeordneten Radoms aufweist und eine magnetooptische Schicht (4) enthält, die von einem Ringmagneten (5) umgeben ist und die auf beiden Seiten von je einer Polarisatorschicht (6, 7) bedeckt ist, welche eine hohe Transparenz für eine gegebene lineare Polarisationsrichtung aufweist und eine hohe Absorption für die dazu senkrechte Polarisationsrichtung aufweist und daß die beiden Polarisatorschichten (6, 7) um  $45^\circ$  zueinander verdreht angeordnet sind.
3. Vorrichtung nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetoopti-

sche Schicht ein sogenannter Faraday-Dreher ist, der die sie durchsetzenden elektromagnetischen, linear polarisierten Wellen um  $45^\circ$  verdreht und daß er aus einem Ferrit und/oder Granat besteht.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisatorschichten (6, 7) aus parallel zueinander angeordneten dünnen Streifen eines Absorbers bestehen.
5. Vorrichtung nach Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß jede Polarisatorschicht (6, 7) auf der dem Faraday-Dreher (4) abgewandten Oberfläche mit einer Viertelwellenlängenschicht (9,10) aus einem einachsigen anisotropen Material zur Transformation zirkular polarisierter Wellen in linear polarisierte Wellen versehen ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle von Parabolantennen die magnetooptische Schicht (14) direkt auf der den einfallenden Mikrowellen zugewandten Oberfläche (19) der Antenne (11) aufgebracht ist und daß die beiden um  $45^\circ$  zueinander verdrehten Polarisatorschichten (16, 17) zum einen auf der Radomapertur und zum anderen auf dem Subreflektor bzw. Erreger oder Detektor (20) angeordnet sind.





Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 94 11 9638

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                            | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile              | Betrifft<br>Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | KLASSIFIKATION DER<br>ANMELDUNG (Int.Cl.6) |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US-A-3 309 704 (KLINGLER)<br>* Abbildung 1 *<br>* Spalte 6, Zeile 49 - Zeile 63 *<br>---         | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | H01Q17/00                                  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                    | EP-A-0 517 976 (RAYTHEON COMPANY)<br>* Abbildung 3 *<br>* Spalte 7, Zeile 12 - Zeile 32 *<br>--- | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                    | WO-A-90 10958 (CAMBRIDGE COMPUTER LTD.)<br>* Zusammenfassung; Abbildung 3 *<br>---               | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                    | GB-A-1 416 343 (SECRETARY OF STATE FOR<br>DEFENCE, LONDON)<br>* das ganze Dokument *<br>---      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                    | EP-A-0 568 511 (NOBELTECH ELECTRONICS AB)<br>* das ganze Dokument *<br>-----                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (Int.Cl.6)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | H01Q                                       |
| Recherchenort<br>BERLIN                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                  | Abschlußdatum der Recherche<br>26. Mai 1995                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Prüfer<br>Danielidis, S                    |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer<br>anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                  | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder<br>nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes<br>Dokument |                                            |