

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4875807号
(P4875807)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 2 F 1/035 (2006.01) G 0 2 F 1/035

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2001-233427 (P2001-233427)	(73) 特許権者	000183266 住友大阪セメント株式会社 東京都千代田区六番町6番地28
(22) 出願日	平成13年8月1日(2001.8.1)	(74) 代理人	100098383 弁理士 杉村 純子
(65) 公開番号	特開2003-43437 (P2003-43437A)	(74) 代理人	100116687 弁理士 田村 爾
(43) 公開日	平成15年2月13日(2003.2.13)	(72) 発明者	市川 潤一郎 東京都千代田区六番町六番地28 住友大阪セメント株式会社内
審査請求日	平成20年3月13日(2008.3.13)	(72) 発明者	藤田 貴久 東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光変調器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電気光学効果を有する材料からなる基板と、該基板に形成された光導波路と、該光導波路を通過する光を変調するための電極とを有する光変調器において、

該電極は、信号電極と接地電極とを有し、

該信号電極に印加される電気信号は、マイクロ波帯域の高周波電気信号であり、

該信号電極には、電気信号が供給される電気信号接続パッド部と、該光導波路を進む光波を変調する作用部と、該電気信号接続パッド部と該作用部との間に配置され信号電極を曲げる曲げ部とを設け、

少なくとも該電気信号接続パッド部及び該曲げ部の下部に位置し、かつ該電気信号接続パッド部及び該曲げ部と直接又はバッファ層を介して間接的に連続している基板の厚みが、約250µm以下であり、該作用部の下部を含む基板の他の部分よりも薄く構成されることを特徴とする光変調器。

【請求項2】

請求項1に記載の光変調器において、該基板の側面に溝を形成することにより、該電気信号接続パッド部及び該曲げ部の下部に位置し、かつ該電気信号接続パッド部及び該曲げ部と直接又はバッファ層を介して間接的に連続している基板を薄く構成することを特徴とする光変調器。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の光変調器において、光変調器を支持する筐体を有し、該電気信

号接続パッド部及び該曲げ部の下部に位置し、かつ該電気信号接続パッド部及び該曲げ部から該筐体表面までの間の一部に空間を設けたことを特徴とする光変調器。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれかに記載の光変調器において、該電気光学効果を有する材料からなる基板が、 LiNbO_3 結晶、 LiTaO_3 結晶、又は LiNbO_3 及び LiTaO_3 からなる固溶体結晶のいずれかを材料とすることを特徴とする光変調器。

【請求項5】

請求項1乃至4のいずれかに記載の光変調器において、該光導波路はマッハツェンダ型に形成されてなり、該電気信号接続パッド部及び該曲げ部に直接又はバッファ層を介して間接的に連続した基板の一部の厚みを薄く形成すると共に、該基板全体の厚みの変化が、前記マッハツェンダ型光導波路を形成する分岐導波路間の中心線に対し実質的に左右対称となるように、上記基板の一部以外にも厚みが薄くなる部分を設けたことを特徴とする光変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光変調器に関わり、特に高速、大容量光ファイバ通信に用いられる光強度変調器や位相変調器、また、偏波変調器に適用することができる光変調器に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、高速、大容量光ファイバ通信システムの進歩に伴い、外部変調器に代表されるように、ニオブ酸リチウムなどの電気光学効果を有する材料を基板に用いた高速変調器が実用化されている。このような高速変調器は、図1に示すように、電気光学効果を有する基板1に、光波を導波するための光導波路2と、前記光波にマイクロ波帯域の高速変調信号を印加するための信号電極3及び接地電極4から構成される変調用電極とが形成されている。

光導波路2には光学研磨された基板端面から光波が入射される。光波は、光導波路2を通過する際に、電極に印加された電気信号による基板の屈折率変化のため、位相が変化し、図1のようなマッハツェンダ型光変調器では、位相変化が光の強度変調となる。そして、電気信号に応じた強度変化を受けた光波は、光導波路2の他端より出射される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

光変調器の信号電極3や接地電極4への電氣的な接続は、配線等の取り回しの都合から、通常は基板側面から行われ、また、信号電極3上には、同軸ケーブルからの配線を接続するための電気信号接続パッド6が設けられている。

電気信号であるマイクロ波は、同軸ケーブルにより供給され、電気信号接続パッドを通じて、信号電極3に伝搬し、信号電極3の曲がり部7を経て、光導波路2との作用部8に導かれる。このような配線の場合、電氣的線路特性の急激な変化により、電気信号であるマイクロ波の一部は接続部で反射し、また他の一部は基板に漏洩し、さらにそれら以外の一部は基板の外部に放射する結果となる。このため、信号電極3の作用部8に伝わる電気信号が減衰し、光導波路を伝搬する光波への効果的な変調が困難となる。

【0004】

このため、信号電極3と接地電極4との形状を、同軸ケーブルとインピーダンス整合させたコプレーナ型平面電極構造となるように構成する、または、信号電極3の曲げ部を緩やかにすることなどにより、マイクロ波の反射や漏洩などの損失を低減する試みがなされているが、20GHz以上の高周波領域では効果的な低減は困難となっている。

【0005】

本発明が解決しようとする課題は、高周波領域の電気信号であっても、信号電極の光導波路との作用部まで電気信号を効率良く伝搬する、高周波広帯域動作が可能な光変調器を提供することである。

10

20

30

40

50

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、請求項1に係る光変調器は、電気光学効果を有する材料からなる基板と、該基板に形成された光導波路と、該光導波路を通過する光を変調するための電極とを有する光変調器において、該電極は、信号電極と接地電極とを有し、該信号電極に印加される電気信号は、マイクロ波帯域の高周波電気信号であり、該信号電極には、電気信号が供給される電気信号接続パッド部と、該光導波路を進む光波を変調する作用部と、該電気信号接続パッド部と該作用部との間に配置され信号電極を曲げる曲げ部とを設け、少なくとも該電気信号接続パッド部及び該曲げ部の下部に位置し、かつ該電気信号接続パッド部及び該曲げ部と直接又はバッファ層を介して間接的に連続している基板の厚みが、約250 μm以下であり、該作用部の下部を含む基板の他の部分の厚みよりも薄く構成されることを特徴とする。

10

【0008】

請求項2に係る光変調器は、請求項1に記載の光変調器において、該基板の側面に溝を形成することにより、該電気信号接続パッド部及び該曲げ部の下部に位置し、かつ該電気信号接続パッド部及び該曲げ部と直接又はバッファ層を介して間接的に連続している基板を薄く構成することを特徴とする。

【0009】

請求項3に係る光変調器は、請求項1又は2に記載の光変調器において、光変調器を支持する筐体を有し、該電気信号接続パッド部及び該曲げ部の下部に位置し、かつ該電気信号接続パッド部及び該曲げ部から該筐体表面までの間の一部に空間を設けたことを特徴とする。

20

【0010】

請求項4に係る光変調器は、請求項1乃至3のいずれかに記載の光変調器において、該電気光学効果を有する材料からなる基板が、 LiNbO_3 結晶、 LiTaO_3 結晶、又は LiNbO_3 及び LiTaO_3 からなる固溶体結晶のいずれかを材料とすることを特徴とする。

【0011】

請求項5に係る光変調器は、請求項1乃至4のいずれかに記載の光変調器において、該光導波路はマッハツェンダ型に形成されてなり、該電気信号接続パッド部及び該曲げ部に直接又はバッファ層を介して間接的に連続した基板の一部の厚みを薄く形成すると共に、該基板全体の厚みの変化が、前記マッハツェンダ型光導波路を形成する分岐導波路間の中心線に対し実質的に左右対称となるように、上記基板の一部以外にも厚みが薄くなる部分を設けたことを特徴とする。

30

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を好適例を用いて詳細に説明する。

光変調器を構成する基板としては、電気光学効果を有する材料、例えば、ニオブ酸リチウム(LiNbO_3 ; 以下、LNという)、タンタル酸リチウム(LiTaO_3)、PLZT(ジルコン酸チタン酸鉛ランタン)、及び石英系の材料から構成され、具体的には、これら単結晶材料の、Xカット板、Yカット板、及びZカット板から構成される。特に、光導波路デバイスとして構成しやすく、かつ異方性が大きいという理由から、 LiNbO_3 結晶、 LiTaO_3 結晶、又は LiNbO_3 及び LiTaO_3 からなる固溶体結晶を用いることが好ましい。本実施例では、ニオブ酸リチウム(LN)を用いた例を中心に説明する。

40

【0013】

光変調器を製造する方法としては、LN基板上にTiを熱拡散させて光導波路を形成し、次いで基板の一部又は全体に渡りバッファ層を設けずに、LN基板上に電極を直接形成する方法や、光導波路中の光の伝搬損失を低減させるために、LN基板上に誘電体 SiO_2 等のバッファ層を設け、さらにその上にTi・Auの電極パターンの形成及び金メッキ方

50

法などにより数十 μm の高さの信号電極及び接地電極を構成して、間接的に当該電極を形成する方法がある。

前記バッファ層は、 SiO_2 等の誘電体層上に更に SiN や Si 等の膜体を設けて、当該バッファ層を多層構造とすることも可能である。

一般に、一枚の LN ウェハに複数の光変調器を作り込み、最後に個々の光変調器のチップに切り離すことにより、図1のような光変調器が製造される。

【0014】

本発明では、図1のような光変調器に、さらに次の2つの構造を形成することにより、高周波特性の改善を行っている。

第1の実施例では、 LN 基板の裏面を切削加工し、基板の一部の厚みを肉薄とする。また、第2の実施例では、 LN 基板の側面から、切削加工により、溝部を形成している。

【0015】

第1の実施例では、厚さ1mmの基板1の裏面を、サンドブラスト法やコアドリル法を用いて、厚さ200 μm の肉薄となるように切削加工する(図2参照。Aは切削部を示す)。

次に、切削加工する場所で、最適な場所を判断するため、切削加工する場所の違いによる周波数特性の変化を調べた。

切削加工する部分の種類としては、電気信号接続パッド部のみの下の場合(素子A。図3(a)参照)、該パッド部および曲げ部の下の場合(素子B。図3(b)参照)、該パッド部、曲げ部、および作用部の下の場合(素子C。図3(c)参照)、作用部のみの下の場合(素子D。図3(d)参照)の4種類と、全く切削加工されていないもの(素子E)を用意した。

【0016】

図4に、各素子AからEに関し、各周波数に対するマイクロ波透過減衰量の測定結果を示す。

測定結果が示すように、素子A、B、Cについては、25GHz以上において、素子DとEの場合と比較して、減衰量が大幅に低減している。しかも、40GHz以上においては、素子B、Cについては、更に減衰量の低減効果が見られる。

【0017】

したがって、電気信号接続パッド部の下の基板の厚さを、基板の他の部分より薄くすることにより、マイクロ波の減衰を抑えることが可能であり、特に、該パッド部から信号電極の曲げ部至る範囲で基板を肉薄にすることにより、より高周波帯域の減衰量を低減させることが可能となる。

更に、光導波路を進む光波を変調する作用部まで広げて基板を肉薄とした場合、ある程度の効果が期待できるが、基板全体に肉薄部が増し、機械的な強度が低下し、基板が割れるなどの弊害が生じることとなる。

【0018】

第2の実施例では、図5に示すように、同じく厚さ1mmの基板1の側面に、ダイシングソー加工により、溝部Bを形成する。

加工方法としては、1つ以上のチップ(光変調器)を基板側面が上になるように治具で固定する。治具は、 Si 基盤上に Si で形成された押さえ部材が設けられている。チップと押さえ部材との間は固定用ワックスが塗布され、押さえ部材によりチップを押圧して、チップは Si 基盤上に固定されている。次に加工ブレードを回転しながら、チップの基板側面に接触させ、必要な深さ、長さの溝を基板側面に形成する。

【0019】

次に、溝が形成された基板部分の厚み(肉薄部の厚み)に関し、適切な厚みの値 d (図5参照)を求めるため、溝の形成位置の違いにより厚み d が異なる事例について、周波数特性を調べた。

サンプルとしては、肉薄部の厚み d が、150 μm (素子F)、200 μm (素子G)、250 μm (素子H)、300 μm (素子I)の4種類と、溝を形成しないもの(素子J)

10

20

30

40

50

)を用意した。溝の幅は、いずれも300 μmとした。

【0020】

図6に、各素子FからJに関し、各周波数に対するマイクロ波透過減衰量の測定結果を示す。

測定結果が示すように、素子F, G, Hについては、25 GHz以上において、素子IとJの場合(素子IとJの周波数特性は、ほぼ同じ値を示すため、図6のグラフ上では同一のグラフとなっている)と比較して、減衰量が大幅に低減している。しかも、肉薄部の厚みが薄いほど、その効果は高くなっている。

したがって、電気信号接続パッド部を含む基板の一部の厚さを、約250 μm以下にすることにより、高周波におけるマイクロ波の減衰を抑えることが可能となる。基板の厚さdは、 $d < \lambda / (10n)$ (λ はマイクロ波の波長、 n は基板の屈折率を示す)程度以下に設定することにより、基板外へのマイクロ波の放射を抑制することが可能となる。

なお、溝の幅については、本実施例では、300 μmとしたがこれに限るものではない。一般に、溝の幅が狭くなると、溝を通り越してマイクロ波が漏洩する現象が発生し、溝を形成する効果が弱くなる。他方、溝を大きき取り過ぎると、ダイシングソー加工時に、基板が欠ける原因となる。このため、効果の許容範囲において溝の幅を適宜設定することができる。

さらに、本実施例では、溝の長さは、光変調器の長手方向全体と同じに構成されている。しかしながら、信号電極からのマイクロ波の伝搬損失を抑える観点から、信号電極における電気信号接続パッド部や曲がり部を含む特定の領域にのみ、基板の側面から溝を形成するように構成してもよい。

【0021】

また、光変調器は、真鍮やステンレスからなる筐体に固定されて利用される場合が多い。上記のように、光変調器を構成する基板を加工し、部分的に肉薄な場所を形成したとしても、その形成された空間を筐体が埋めるようでは、筐体側にマイクロ波は漏洩してしまい、基板を肉薄なものとした効果が低下することとなる。

したがって、電気信号接続パッド部の下から筐体との間には、マイクロ波が筐体側に漏洩しない程度に十分な空間を設けることが必要となる。

【0022】

本発明では、電気信号接続パッド部に関連して基板の一部の厚みを薄く構成している。具体的には、図3(a)から(c)のように基板の裏面を、また、図5のように基板の側面を切削加工した場合、基板の一部のみ切削されている。このため、基板全体の温度が変化すると、基板の各所に加わる熱的ストレスが不均一となるため、光変調器の特性が温度変化に大きく依存する結果となる。特に、光導波路を挟んで左右の基板から光導波路に加わる熱的ストレスが大きく異なると、光変調特性が不安定となりやすい。

このため、図1のようなマツハツェンダ型光導波路では、マツハツェンダ型を形成する分岐導波路間の中心線に対し実質的に左右対称となるように、基板の形状を形成することが望ましい。具体的には、図7(a)から(c)の斜線部のように、分岐導波路間の中心線(図においては「光導波路配置の中心」と表示)に対し左右対称となるように、基板を切削することにより、光導波路に加わる熱的ストレスを左右均一にすることが可能となる。

【0023】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1の光変調器によれば、電気信号接続パッド部及び曲げ部が設けられた基板の厚みを薄くしているため、マイクロ波が該パッド部及び該曲げ部において基板内に漏洩したり基板外に放射されるなどの原因を抑制することが可能となるため、高周波広帯域においても安定な動作が可能な光変調器を提供することができる。

【0024】

しかも、電気信号接続パッド部の下の基板の一部の厚みが、約250 μm以下であるため、特に25 GHz以上の高周波広帯域であっても安定な動作を可能とすることができる。また、電気信号接続パッド部及び曲げ部の下の基板の一部の厚みを約250 μm以下と

10

20

30

40

50

した場合には、40 GHz 以上の高周波広帯域であっても安定な動作が可能である。

【0025】

請求項2の光変調器によれば、基板の側面に溝を形成することにより、電気信号接続パッド部及び曲げ部の下の基板の一部を薄く構成しているため、サンドブラスト法など基板裏面から基板を薄く加工する方法と比較して、加工方法が簡便な上、かつ正確な厚みに基板上に肉薄部を形成することが可能となる。

【0026】

請求項3の光変調器によれば、光変調器を支持する筐体と電気信号接続パッド部及び曲げ部との間に空間を設けているため、マイクロ波が筐体側に漏洩することを防止でき、よりマイクロ波の減衰量を抑制した光変調器が提供できる。

10

【0027】

請求項4の光変調器によれば、電気光学効果を有する材料からなる基板が、 LiNbO_3 結晶、 LiTaO_3 結晶、又は LiNbO_3 及び LiTaO_3 からなる固溶体結晶のいずれかを材料とするため、高速応答性に適した光変調器が提供でき、請求項1乃至4のいずれかに記載の光変調器と組み合わせて適用した場合に、より高周波広帯域で利用可能な光変調器を得ることができる。

【0028】

請求項5の光変調器によれば、マッハツェンダ型光導波路を形成する分岐導波路間の中心線に対し実質的に左右対称となるように、基板全体の厚みの変化を調整しているため、光導波路に加わる熱的ストレスも左右対称となり、光変調器特性の温度変化に依存する現象を抑制することが可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】 従来 of 光変調器の概略図。

【図2】 基板裏面の一部を切削した光変調器。

【図3】 光変調器の基板裏面における切削する場所を示す図。

【図4】 第1の実施例における周波数に対するマイクロ波透過減衰量を示す図。

【図5】 基板側面に溝を形成した光変調器。

【図6】 第1の実施例における周波数に対するマイクロ波透過減衰量。

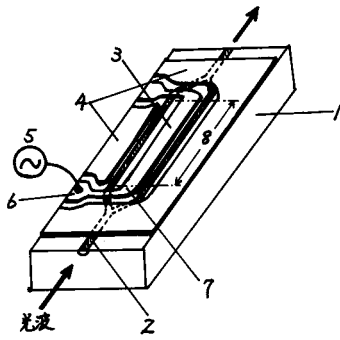
【図7】 温度特性改善のための基板の切削場所を示す図。

【符号の説明】

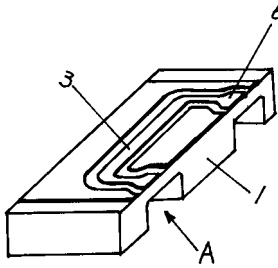
30

- 1 基板
- 2 光導波路
- 3 信号電極
- 4 接地電極
- 5 マイクロ波発生器
- 6 電気信号接続パッド部
- 7 曲がり部
- 8 作用部

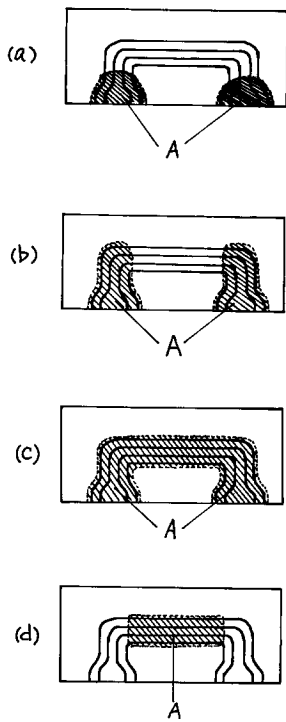
【図1】



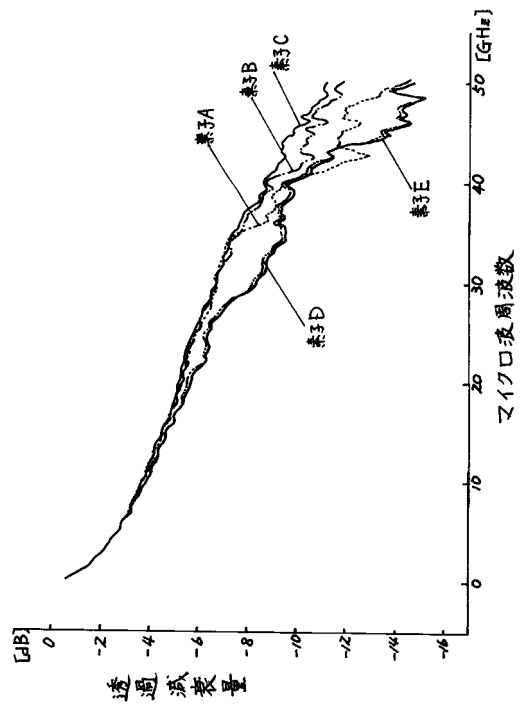
【図2】



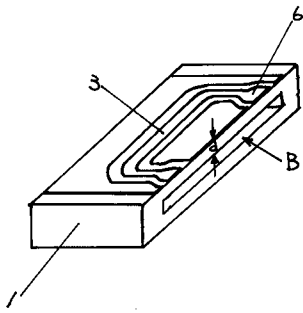
【図3】



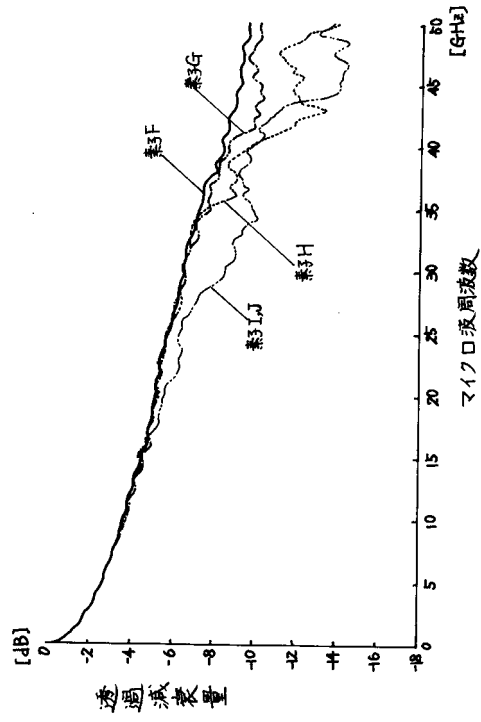
【図4】



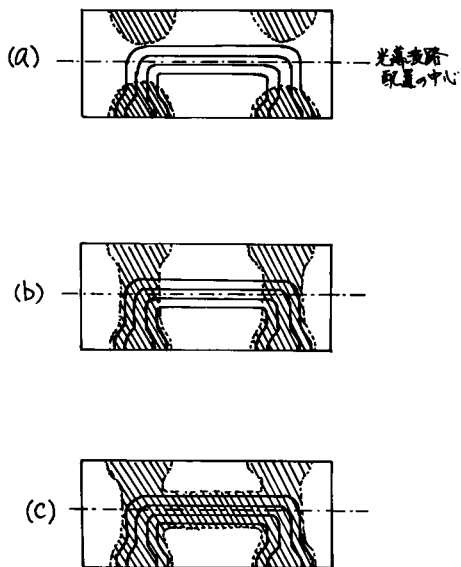
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 山根 裕治
東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内
- (72)発明者 宮崎 徳一
東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内
- (72)発明者 佐久間 満
東京都千代田区六番町6番地28 住友大阪セメント株式会社内

審査官 高 芳徳

- (56)参考文献 特開平01-298313(JP,A)
特開平11-006932(JP,A)
特開平05-080281(JP,A)
特開平10-142567(JP,A)
特開平06-300994(JP,A)
特開平01-219819(JP,A)
特開平10-213787(JP,A)
後藤正憲 他, 完全速度整合型広帯域LiNbO₃光変調器, 1997年電子情報通信学会総合大会講演
文集 エレクトロニクス 1, 1997年 3月 6日, p.359
近藤順悟 他, 40Gb/s x-cut LiNbO₃裏溝付き光変調器, 2001年電子情報通信学会総合大会講演
文集 エレクトロニクス 1, 2001年 3月 7日, p.247

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02F 1/00 - 7/00
JSTPlus(JDreamII)
JST7580(JDreamII)