

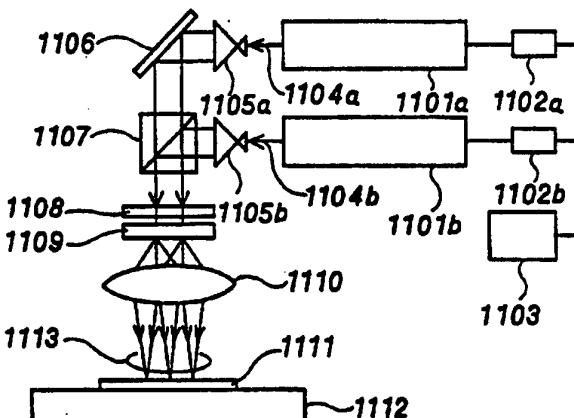


特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 5 B23K 26/00, 26/06	A1	(11) 国際公開番号 WO 94/29069
		(43) 国際公開日 1994年12月22日(22.12.94)
(21) 国際出願番号 PCT/JP94/00912		(74) 代理人 弁理士 鈴木喜三郎, 外(SUZUKI, Kisaburo et al.)
(22) 国際出願日 1994年6月6日(06. 06. 94)		〒163 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号 セイコーエプソン株式会社内 Tokyo, (JP)
(30) 優先権データ 特願平5/134735 1993年6月4日(04. 06. 93) JP 特願平5/167125 1993年7月6日(06. 07. 93) JP 特願平5/167126 1993年7月6日(06. 07. 93) JP 特願平5/186442 1993年7月28日(28. 07. 93) JP 特願平5/240090 1993年9月27日(27. 09. 93) JP 特願平6/4244 1994年1月19日(19. 01. 94) JP		(81) 指定国 JP, US, 欧州特許(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
		添付公開書類 国際調査報告書
(71) 出願人(米国を除くすべての指定国について) セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION)[JP/JP] 〒163 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号 Tokyo, (JP)		
(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人(米国についてのみ) 尼子淳(AMAKO, Jun)[JP/JP] 村井正己(MURAI, Masami)[JP/JP] 太田勉(OTA, Tsutomu)[JP/JP] 曾根原富雄(SONEHARA, Tomio)[JP/JP] 〒392 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano, (JP)		

(54) Title : APPARATUS AND METHOD FOR LASER MACHINING, AND LIQUID CRYSTAL PANEL

(54) 発明の名称 レーザ加工装置及びレーザ加工方法並びに液晶パネル



(57) Abstract

Apparatus and method for machining a thin film on a substrate by use of a laser precisely at a high speed, and a liquid crystal panel patterned by use of the apparatus and method. This apparatus comprises a plurality of pulse laser oscillators, means for driving the plural laser oscillators cyclically by shifting the phase of the oscillation cycle of each of the laser oscillators, means for uniformizing the quality of laser beam from each of the oscillators, means for producing an elliptically polarized beam from the beam from each of the oscillators, means for splitting each of the beams emitted from the laser oscillators into plural beams. The apparatus selectively directs the plural beams thus produced by the splitting means onto an object to be machined. As the splitting means, a phase grating of irregular surface type which is designed to produce plural beams having the same intensity can be used. In this way, it is possible to form electrode gaps having a uniform quality and a uniform shape. The liquid crystal panel has an electrode structure where electrode gaps are formed in an ITO film by use of the laser apparatus and method described above. Since the electrode gaps having approximately the same width of 10 μm or less are formed uniformly in a display area at approximately the same intervals, the contrast and visibility, the major factors for controlling the quality of display of a liquid crystal panel, are significantly enhanced as compared to conventional panels.

(57) 要約

基板上に被着させた薄膜を精密かつ高速に加工するレーザ加工装置および加工方法であり、同加工装置ならびに同加工方法によりパターニングされた電極構造を有する液晶パネルである。

本発明のレーザ加工装置は、複数のパルスレーザ発振器と、前記複数のレーザ発振器のそれぞれの発振サイクルの位相をずらして前記複数のレーザ発振器を順次駆動する手段と、前記複数のレーザ発振器からのビームの品質を同じにする手段と、前記複数のレーザ発振器からのビームを梢円偏光にする手段と、前記複数のレーザ発振器から出射されるビームのそれを複数のビームに分岐する手段を備え、前記分岐する手段により得られた複数のビームを被加工物に選択的に照射することを特徴とする。前記複数のレーザ発振器から出射されるビームのそれを複数のビームに分岐する手段として、分岐後の複数のビームが等強度になるように設計された表面凹凸型位相格子を用いることにより実現できる。

こうして、加工形状ならびに加工品質が均一な開溝を形成することができる。

本発明の液晶パネルは、上記のレーザ加工装置および加工方法によりITO膜上に開溝を形成することにより得た電極構造を有することを特徴とする。10μm以下の開溝（電極ギャップ）が、ほぼ同じ幅かつ同じ間隔で、表示エリア内に一様に形成されているので、液晶パネルの表示品質を支配する主要因であるところの、コントラスト比ならびに視認性は、従来に比べて大きく向上している。

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

AM アルメニア	CZ チェコ共和国	KP 朝鮮民主主義人民共和国	NZ ニュージーランド
AT オーストリア	DE ドイツ	KR 大韓民国	PL ポーランド
AU オーストラリア	DK デンマーク	KZ カザフスタン	PT ポルトガル
BB バルバドス	EE エストニア	LI リヒテンシュタイン	RO ルーマニア
BE ベルギー	ES スペイン	LK スリランカ	RU ロシア連邦
BF ブルキナ・ファソ	FI フィンランド	LT リトアニア	SD スーダン
BG ブルガリア	FR フランス	LU ルクセンブルグ	SE スウェーデン
BJ ベナン	GA ガボン	LV ラトヴィア	SI スロヴェニア
BR ブラジル	GB イギリス	MC モナコ	SK スロヴァキア共和国
BY ベラルーシ	GE グルジア	MD モルドバ	SN セネガル
CA カナダ	GN ギニア	MG マダガスカル	TD チャード
CF 中央アフリカ共和国	GR ギリシャ	ML マリ	TG トーゴ
CG コンゴー	HU ハンガリー	MN モンゴル	TJ タジキスタン
CH スイス	IE アイルランド	MR モーリタニア	TT トリニダードトバゴ
CI コート・ジボアール	IT イタリー	MW マラウイ	UA ウクライナ
CM カメルーン	JP 日本	NE ニジェール	US 米国
CN 中国	KE ケニア	NL オランダ	UZ ウズベキスタン共和国
CS チェコスロバキア	KG キルギスタン	NO ノルウェー	VN ヴィエトナム

明細書

レーザ加工装置及びレーザ加工方法並びに液晶パネル

技術分野

本発明は、加工品質が高く微細加工も可能で量産性に優れたレーザ加工装置及び前記レーザ加工方法、そして、このレーザ加工方法によりパターニングされた電極構造を有する表示品質の優れた液晶パネルに関する。

背景技術

レーザ加工装置としては、CO₂レーザを使った金属板の切断・穴あけ加工や、YAGレーザによる金属薄板の精密加工が広く知られている。とくに、小型でメンテナンス性が良く、直径数10μmの集光スポットが容易に得られるという理由から、YAGレーザは各種の精密加工に適している。さらに、YAGレーザでは第2高調波（波長532nm）が得られるので、アブレーション効果を利用した微細な薄膜加工へも応用できる。レーザアブレーションとは、高分子材料にエキシマレーザやYAG高調波などの短波長・短パルスレーザを照射した時に、瞬時に分解・気化・飛散が起こり、局所的に材料が除去される現象のことである。事実、半導体製造用マスクの欠陥修正、薄膜センサの検出部のパターンニング、液晶パネルの電極パターンニング等に、QスイッチYAGレーザが利用され始めた。Qスイッチを用いる理由は、パルス幅が短くピークパワーが大きいビームを利用することにより、被加工部材への熱的損傷がない高品質な加工が実現できるからである。なお、アブレーション加工については、”短波長・短パルスレーザによる除去加工に関する研究”（精密工学会誌、Vol.3, 473-478(1993))に詳しい。

薄膜加工における最近の大きなニーズのひとつに、液晶パネルの透明電極のパターンニングがあり、加工品質かつ加工能力に優れた加工技術に対する期待が高まっている。液晶パネルの電極のパターンニングは、一般には、透光性導電膜が被着した基板をレーザビームに対して移動させながら、導電膜を所定の間隔で切断することにより行う。この時の加工品質すなわち導電膜の電気特性は、QスイッチYAGレーザの特性（主にピークパワー）から決まる。そして、レーザの特性はQスイッチ周波数に左右される。すなわち、Qスイッチ周波数を低くすると、パルス幅が狭くなり、ピークパワーは大きくなる。逆に、Qスイッチ周波数を高くすると、パルス幅が広がり、ピークパワーは小さくなる。

加工品質の観点からは、Qスイッチ周波数を低くして、ビームのピーク強度を高めることが望ましい。こうすると、アブレーション効果を介して、瞬間的に加工部位を除去することができ、加工部近傍や膜基板へ熱的損傷を与えることがない。このような加工方法が、特開昭60-261142、特開平2-259727に開示されている。しかし、これらの加工方法には、生産性の点に問題がある。なぜならば、Qスイッチ周波数を下げることは、そのぶんだけ、ステージの送り速度を遅らせることにつながり、その結果として、加工速度が著しく低下するからである。

他方、加工速度の観点からは、Qスイッチ周波数を高くして、ステージをすばやく移動させることが望ましい。しかし、Qスイッチ周波数を高くすると、ピークパワーが低下し、パルス幅が広がる。このために、液晶パネルの電極をパターンニングする時に、電極基板であるガラスに熱的損傷を与え、微小なクラックやくぼみを発生させる。このクラックやくぼみは、液晶パネルの表示品質を損ねる要因となる。また、ガラスに微小量含まれているアルカリ金属イオンがクラック及びくぼみから液晶中に溶出し、このことが液晶パネルの表示不良の原因となる。

本発明の目的は上記の問題を解決し、加工品質に優れかつ加工能力の高いレーザ加工装置および加工方法を提供することにある。さらに、同レーザ加工装置ならびに加工方法を用いて製造した、表示品質の高い液晶パネルを提供することにある。

発明の開示

本発明のレーザ加工装置は、複数のパルスレーザ発振器を発振サイクルの位相をずらして順次駆動することと、前記複数のレーザ発振器からのビームの品質を同じにすることと、前記複数のレーザ発振器からのビームを橢円偏光にすることにより、

(1) 実効的な発振周波数を低下させることなく、個々の発振器の発振周波数を下げることが可能になり、

(2) この結果、所要のピークパワーとパルス幅を得て、被加工物に熱的損傷を与えずに高品質の加工を行うことができ、

(3) ビームを橢円偏光にすることにより、被加工物が有する異方性や被加工物上の付着物に左右されることなく、所要の加工品質を恒常的に維持することができる。

さらに、位相変調作用を有する回折素子を使い、前記レーザ発振器からのビームを複数本に分岐することにより、被加工物表面の複数部位を同時に加工することで、加工能力を

大きく向上させることができる。すなわち、ビーム分岐数をNとすると、1本のビームで加工した時の加工能力のN倍の加工能力を達成できる。

本発明のレーザ加工方法により、上記の加工装置を使い、基板上に被着された透光性導電膜に複数のビームを選択的に照射し、前記基板あるいは前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜に複数の開溝を同時に形成することができる。分岐後の複数ビームが等強度になるように設計された表面凹凸型2値位相格子をビーム分岐手段に用いることにより、加工形状ならびに加工品質が均一な開溝を形成できる。

本発明の液晶パネルは、上記のレーザ加工装置及び加工方法により加工されたストライプ状の電極構造を有する液晶パネルである。電極間に存在する切断溝（ギャップ）の幅が $10\mu m$ 以下であり、かつ、前記ギャップが所定の間隔で表示エリア内に一様に形成されているので、液晶パネルの表示品質を左右する主要因であるところの、コントラスト比ならびに視認性が大きく向上している。また、フォトリソグラフィにより電極をパターニングする従来のやり方と比べても、本発明の電極加工方法は、工程数が少なくかつウェット処理工程を要しないという点で優れている。したがって、生産設備が簡素になり、工程管理も容易にかつ確実になることから、液晶パネルの生産コストの削減に大きく貢献することができる。

図面の簡単な説明

第1図は、実施例1のレーザ加工装置の構成を示す図である。

第2図は、2台のレーザ発振機が交互に駆動されることを説明する図である。

第3図は、加工溝の形状を示す平面図である。

第4図は、加工されたITO膜の平面図である。

第5図は、Qスイッチ周波数とビーム特性の関係を示す図である。

(a) Qスイッチ周波数が10KHz

(b) Qスイッチ周波数が30KHz

第6図は、集光スポット径と加工径の関係を説明する図である。

第7図は、ITO膜及びガラス基板の断面図である。

第8図は、1次元位相格子の外観を示す図である。

第9図は、実施例2のレーザ加工装置の構成を示す図である。

第10図は、加工溝の形状を示す平面図である。

- 4 -

第11図は、空間フィルタの振幅透過率分布を示す図である。

第12図は、集光スポットの形状を示す断面図である。

(a) 空間フィルタあり

(b) 空間フィルタなし

第13図は、実施例3のレーザ加工装置の構成を示す図である。

第14図は、加工溝の形状を示す平面図である。

第15図は、アナモルフィック集光レンズを説明する図である。

(a) アナモルフィック集光レンズの作用

(b) 光強度分布

第16図は、実施例4のレーザ加工装置の構成を示す図である。

第17図は、加工溝の形状を示す平面図である。

第18図は、2次元位相格子の平面図である。

第19図は、加工速度比が向上することを説明する図である。

第20図は、実施例5のレーザ加工装置の構成を示す図である。

第21図は、加工溝の形状を示す平面図である。

第22図は、偏光分離素子の構成を示す断面図である。

第23図は、実施例6のレーザ加工装置の構成を示す図である。

第24図は、加工溝の形状を示す平面図である。

第25図は、偏向分離素子の構成を示す図である。

(a) は偏光分離素子の平面図。

(b) は偏光分離素子の断面図。

第26図は、実施例7のレーザ加工装置の構成を示す図である。

第27図は、加工溝の形状を示す平面図である。

第28図は、スリット状の光強度分布をつくる方法を説明する図である。

(a) ビームのS偏向成分がつくる光強度分布。

(b) ビームのP偏向成分がつくる光強度分布。

(c) (a) と (b) のコヒーレント和

第29図は、実施例8のレーザ加工装置の構成を示す図である。

第30図は、加工溝の形状を示す平面図である。

第31図は、スリット状の光強度分布をつくる方法を説明する図である。

(a) ビームの S 偏向成分がつくる光強度分布。

(b) ビームの P 偏向成分がつくる光強度分布。

(c) (a) と (b) のコヒーレント和

第 3 2 図は、実施例 9 のレーザ加工装置の構成を示す図である。

第 3 3 図は、レーザ出力と時間の関係を説明する図である。

第 3 4 図は、加工溝の形状を示す平面図である。

第 3 5 図は、液晶パネルの実装方法を説明する図である。

(a) TAB テープをパネルの片側だけに実装する場合

(b) TAB テープをパネルの両側に千鳥状に実装する場合

(c) TAB テープを中間領域を介して実装する場合

第 3 6 図は、ストライプ電極と TAB テープを接続する中間領域の平面図である。

第 3 7 図は、液晶パネルの電極パターンの平面図である。

(a) 本発明の加工装置及び加工方法により加工した電極パターン

(b) 従来の加工方法により加工した電極パターン

(符号の説明)

1 1 0 1 a レーザ発振機

1 1 0 1 b レーザ発振機

1 1 0 2 a Qスイッチドライバ

1 1 0 2 b Qスイッチドライバ

1 1 0 3 コントローラ

1 1 0 4 a レーザビーム

1 1 0 4 b レーザビーム

1 1 0 5 a エクスパンダコリメータ

1 1 0 5 b エクスパンダコリメータ

1 1 0 6 光路折り曲げミラー

1 1 0 7 偏光合成素子

1 1 0 8 波長板

1 1 0 9 1 次元位相格子

1 1 1 0 集光レンズ

- 6 -

- 1 1 1 1 I T O 膜基板
1 1 1 2 精密ステージ
1 1 1 3 集光スポット
1 2 0 1 加工溝
1 2 0 2 I T O 膜
1 3 0 1 加工溝
1 3 0 2 I T O 膜
1 4 0 1 I T O 膜
1 4 0 2 S i O₂緩衝膜
1 4 0 3 ガラス基板
2 1 0 1 空間フィルタ
2 2 0 1 加工溝
2 2 0 2 I T O 膜
3 1 0 1 アナモルフィック集光レンズ
3 2 0 1 加工溝
3 2 0 2 I T O 膜
3 3 0 1 非球面アナモルフィック集光レンズ
3 3 0 2 レーザビーム
3 3 0 3 楕円形状の集光スポットの並び
4 1 0 1 2 次元位相格子
4 2 0 1 加工溝
4 2 0 2 I T O 膜
5 1 0 1 偏光分離素子
5 2 0 1 加工溝
5 2 0 2 I T O
5 3 0 1 くさび
5 3 0 2 くさび
6 1 0 1 波長板
6 1 0 2 偏光分離素子
6 1 0 3 光路折り曲げミラー

- 7 -

- 6104 偏向分離素子
6201 加工溝
6202 ITO膜
6301 位相格子
6302 格子ベクトル
6303 基板法線
6304 ウエッジ
6305 ウエッジ法線
7101 偏光分離素子
7102 1次元位相格子
7201 加工溝
7202 ITO膜
8101 波長板
8102 偏光分離素子
8103 光路折り曲げミラー
8104 偏向分離素子
8201 加工溝
8202 ITO膜膜
9101 レーザ発振器
9102 Qスイッチドライバ
9103 レーザビーム
9104 エクスパンダコリメータ
9105 光路折り曲げミラー
9106 波長板
9107 位相格子
9108 集光レンズ
9109 ITO膜基板
9110 精密ステージ
9111 集光スポット
10101 画素電極

10102 TABテープ
10201 画素電極
10202 TABテープ
10301 画素電極
10302 TABテープ
10303 中間領域
10401 加工溝
10402 ITO膜
11101 上側電極ギャップ
11102 下側電極ギャップ
11201 上側電極ギャップ
11202 下側電極ギャップ

発明を実施するための最良の形態

ここでは、単純マトリクス駆動方式の液晶パネルに使用されるストライプ電極を加工する事例の中で、本発明の構成及び特徴について詳しく説明する。

(実施例 1)

本発明のレーザ加工装置の構成を図1に示す。レーザ発振機器1101a、1101bはQスイッチYAGレーザであり、直線偏光のTEM₀₀モードを出射する。レーザ発振器のQスイッチ周波数は、Qスイッチドライバ1102a、1102bにより制御される。1103はQスイッチコントローラであり、Qスイッチドライバが与える駆動信号の位相を制御する。発振器内のブリュースター素子の設置形態を工夫して、あるいは、発振器の外に波長板を配置して、発振器から出射される2つのビーム1104a、1104bが互いに直交する直線偏光となるようにする。エクスパンダコリメータ1105a及び1105bにより、それぞれのビームを拡大し、さらに、偏光合成素子1107を用いて、2つのビームの光路を共通にする。そして、波長板1108によりビームの偏光を機能偏光にした後に、ビームを位相格子1109へ入射させる。位相格子1109は、1つの入射ビームを32本の回折ビームに分岐する作用を有する。位相格子1109から出射された32本のビームは、集光レンズ1110を介して、精密ステージ1112の上に保持された透光性導電膜(ITO膜)基板1111の表面に、32個の集光スポット1113を等し

い間隔で形成する。そして、精密ステージ 1112 を移動することにより、直線状あるいは曲線状に ITO 膜を切断する。図中、1106 は光路折り曲げミラーである。

2 本のビーム 1104a と 1104b を、それぞれ、倍率可変なエクスパンダコリメータ 1105a と 1105b に通すことにより、発振器の個体差に起因するビーム品質（広がり角、ビーム径）を等しくする。こうすることにより、後で詳しく述べるように、均一な溝幅で電極膜を切断することができる。また、波長板を用いてビームを橍円偏光することにより、ITO 膜が有する異方性、不均一性や、ITO 膜上の付着物に左右されるとなく、均一な幅と深さで ITO 膜を切断できるので、所要の加工品質を恒常的に維持することが可能となる。

本実施例の構成に用いる位相格子は、1 次元の表面凹凸型位相格子である。断面形状はほぼ矩形であり、学問的には、2 値位相格子として分類されるものである。本実施例の位相格子の位相分布（1 周期分）を図 8 に模式的に示す。図中、白部分の位相値が π rad、斜線部分の位相値が 0 rad である。

位相格子の主要な設計事項は、① 1 周期の長さ、② 全体の大きさ、③ 1 周期内の位相分布の 3 つである。1 周期の長さは ITO 膜上に形成する開溝の間隔から決まり、全体の大きさは入射ビーム径から決まる。そして、1 周期内の位相分布は、所要のビーム分岐数及び所要のビーム強度の均一性から決まる。

回折理論から、位相格子の周期は次式で与えられる。

$$p = m \lambda f / \Delta x ; \quad m = 1 \text{ (ビーム分岐数が奇数の時)} \quad \dots (1)$$

$$m = 2 \text{ (ビーム分岐数が偶数の時)}$$

ただし、 λ はレーザ波長 (532nm)、 f は集光レンズの焦点距離、 Δx は開溝の間隔である。

例えば、分岐数を偶数として、 $f = 100\text{mm}$ 、 $\Delta x = 200\mu\text{m}$ とすると、 $p = 532\mu\text{m}$ となる。

位相格子の全体の大きさ D は、波動光学の理論から、次式のように決まる。

$$D > d = 2f \cdot \tan [\sin^{-1} (2\lambda / \pi w)] \quad \dots (2)$$

ただし、 d は入射ビーム径 ($1/e^2$)、 w は所要の集光スポット径 ($1/e^2$) である。例えば、 $f = 100\text{mm}$ 、 $w = 10\mu\text{m}$ とすると、 $D > d = 4\text{mm}$ となる。

位相格子の位相分布の計算には、シミュレーテッドアニーリング法 (Science 220, 671-680(1983)、以後、SA法と略す) を用いた。これまでにも、SA法を用いて位相格子を設計した事例がいくつか報告されている (Appl. Opt. 32, 2512-2518(1993)、Appl. Opt. 31, 3320-3336(1992)、Appl. Opt. 31, 27-37(1992)、)。しかし、SA法の運用に必要なルールの構築には経験が必要であり、このルールの出来不出来が、”良い解”が得られるかどうかを大きく左右する。”良い解”とは位相格子に要求される光学性能を満足する解のことであり、前記の光学性能は位相格子の使用目的から決まる。

SA法を用いて位相格子を設計するには、少なくとも、①評価関数の定義と重みの設定、②温度スケジューリング、③平衡状態の判定について、運用のルールを定めなければならない。なお、評価関数とは位相格子の性能に関する推定値と目標値の差に対応する量であり、この関数值が最も小さくなる時の解が最適解である。

本実施例で用いる位相格子に要求される光学性能を以下にあげる。

- (1) 光利用効率が80%以上であること。
- (2) 分岐後のビーム強度均一性が0.90以上であること。

ここで、光利用効率とは、所要の回折次数のビームに供給し得る光エネルギーの割合を意味する。ビーム強度均一性とは、分岐された複数の回折ビームにおける強度の最小と最大の比を意味する。上記(1)と(2)の条件は、後で述べるように、レーザ発振器出力と、加工閾値と、要求される加工均一性から決まる。

実際の計算では、(1)と(2)の条件を評価関数の中に取り入れて、(1)と(2)の条件を満足する解の中から、さらに、位相格子の作製誤差を考慮して、以下の(3)と(4)の条件を満足する解を選択した。

- (3) 位相格子の最小線幅ができるだけ太いこと。
- (4) 位相格子の性能が作製誤差に大きく左右されないこと。

上記(3)と(4)の条件は、位相格子の作製に使用するフォトマスク描画装置、露光・現像装置、及びエッチング装置の各装置のパターン転写能力から決まる。

以上のことからも理解できるように、SA法により求めた位相格子の位相分布データには、設計者の創造性が反映されていると言える。この状況は、レンズ設計におけるレンズデータの立場とよく似ている。このような観点から、本出願においては、発明の実施に際して用いた位相格子の位相分布データを全て開示することにした。

以下、表1、表2、表3においては、位相値が0 radから π rad (この逆でもよい) に変

化する位置の座標を 1 周期分について示した。表 4、表 5、表 6 においては、1 周期を 256 または 128 の区間に等分割して、各区間の位相値を 0 と 1 で示した。0 が 0 rad、1 が π rad に対応する（この逆でもよい）。

（位相格子 1）

・分岐数：3 2

表 1. 位相格子 1 の位相分布データ

0.000000	0.246840	0.595123	0.818825
0.048074	0.269661	0.613153	0.844038
0.079016	0.282296	0.628190	0.863233
0.095123	0.318825	0.648391	0.967033
0.113153	0.344038	0.670533	1.000000
0.128190	0.363233	0.686777	
0.148391	0.467033	0.701824	
0.170533	0.500000	0.746840	
0.186777	0.548074	0.769661	
0.201824	0.579016	0.782296	

（位相格子 2）

・分岐数：1 6

表 2. 位相格子 2 の位相分布データ

0.000000	0.253173	0.542033	0.781582
0.042033	0.281582	0.580009	0.828336
0.080009	0.328336	0.660926	0.843765
0.160926	0.343765	0.711175	0.900757
0.211175	0.400757	0.753173	1.000000

- 12 -

(位相格子 3)

・分岐数 : 2

表 3 . 位相格子 3 の位相分布データ

0.000000
0.500000
1.000000

(位相格子 4)

・分岐数 : 1 6

表 4 . 位相格子 4 の位相分布データ

1~ 16	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
17~ 32	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
33~ 48	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1
49~ 64	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1
65~ 80	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1
81~ 96	1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0
97~112	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 1
113~128	0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
129~144	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
145~160	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
161~176	0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0
177~192	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
193~208	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
209~224	0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 0 1
225~240	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0
241~256	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1

(位相格子 5)

・分歧数 : 8

表 5 . 位相格子 5 の位相分布データ

1～ 16	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0
17～ 32	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
33～ 48	0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
49～ 64	1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0
65～ 80	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
81～ 96	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
97～112	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
113～128	1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
129～144	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1
145～160	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
161～176	1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
177～192	0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1
193～208	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
209～224	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
225～240	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
241～256	0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

(位相格子 6)

・分岐数 : 5

表 6 . 位相格子 6 の位相分布データ

1～ 16	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
17～ 32	1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1
33～ 48	1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
49～ 64	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
65～ 80	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0
81～ 96	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
97～112	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1
113～128	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

表 1 から表 6 に示したデータを使い、以下の工程にしたがって、高品質な石英基板へ表面凹凸型位相格子を形成した。

- (1) フォトマスクデータ作成
- (2) フォトマスク作製
- (3) レジスト露光及び現像
- (4) 反応性イオンエッティング及びレジスト除去

作製した回折格子は、どれも、光利用効率80%以上、ビーム強度均一性0.90以上であり、所要の光学性能を満足した。さらに、偏光依存性は存在しなかった。偏光依存性がないということは入射光の偏光状態に関係なく、所要の光利用効率及びビーム強度均一性が得られるということであり、橢円偏光ビームを用いる薄膜加工には欠かせない性質である。

以上のようにして作製した位相格子を図1のレーザ加工装置へ搭載し、ガラス基板上のITO膜を間隔200μm、幅10μmで切断することにより、液晶パネルのストライプ電極を形成した。図7に、ITO膜及びガラス基板の断面を示す。ガラス基板1403の材質はソーダガラスであり、このガラス基板上に、SiO₂の緩衝膜1402を介して、ITO膜1401を1500Åだけ堆積させてある。

ビーム分岐に用いた位相格子は、先に示した位相格子1のデータから作製したものであ

る。10 μm の幅の開溝を200 μm の間隔でITO膜上に形成するために、集光レンズの焦点距離を100mm、位相格子の1周期の長さを532 μm と定め、集光レンズの収差を考慮して、ビーム径を12mm、位相格子の大きさを15mmと定めた。この時の位相格子における最小線幅は6.4 μm であり、先に述べた作製工程にしたがい、設計寸法に忠実に、位相格子の凹凸構造を石英基板へ形成できることを確認している。

使用したレーザ発振器はQuantronix社製のランプ励起型QスイッチYAGレーザであり、発振波長532nm、定格平均出力8Wである。加工条件とガラス基板への損傷について調べるために、位相格子を使用せずに、Qスイッチ周波数を変えて1本の開溝を加工する実験を繰り返した。その結果、Qスイッチ周波数を10KHz以下に設定すれば、ITO膜及び下地のガラス基板にダメージを与えることなく、開溝を形成できることが判明した。また、加工できるかどうかは、Qスイッチ周波数に依らずに、ピークパワーの大小から決まることが判明した。

図5(a) (b)に、それぞれ、Qスイッチ周波数が10KHzと30KHzの時のレーザ出力と時間の関係を示した。加工時のピークパワーを150Wとすると、Qスイッチ周波数が10KHzの時のパルス幅とパルスエネルギーは、それぞれ、150nsec、23 μJ である。他方、Qスイッチ周波数が30KHzの時のパルス幅とパルスエネルギーは、それぞれ、300nsec、45 μJ である。これらのレーザ発振条件でガラス基板上のITO膜を加工すると、Qスイッチ周波数が10KHzの条件では損傷は生じなかつたが、30KHzの条件では溝周縁部ならびにガラス基板表面に微細な損傷が発生した。30KHzの時に損傷が発生した理由は、パルス幅が広がり、過剰のエネルギーが投入されたからである。すなわち、ピークパワーが加工閾値に達している場合でも、Qスイッチ周波数から決まるパルス幅が許容値以上に広がっていると、加工時の損傷が避けられないである。このような場合には、損傷を避けることを目的として、パルスエネルギーを小さくすることは効果がない。なぜならば、ピークパワーが加工閾値を超えるくなり、加工できなくなるからである。

以上の結果をふまえ、ビームの分岐数及び加工速度に配慮して、2台のレーザ発振器のQスイッチ周波数を10KHz、定格平均出力を8Wに定めた。この時のパルス幅は150nsec、ピークパワーは定格出力時の5.3KWである。そして、Qスイッチコントローラ1103から制御信号を送り、それぞれのQスイッチドライバを50 μsec づつ位相をずらして駆動することとした。図2は、本実施例におけるレーザ出力と時間の関係を示す図である。2台の発振器を位相をずらして交互に駆動することにより、個々の発振器は10KHzで発振しながら、実

効的には、20KHzで駆動した時と同じ加工速度が得られることになる。

厚み1500ÅのITO膜に1本の開溝を形成するには、110W以上のピークパワーを要する。そこで、先に述べた位相格子1109を使い、ピークパワー5.3KWのビームを32本のビームに分岐することにした。そして、集光レンズで32本のビームを光学的にフーリエ変換して、ITO膜の表面に間隔が200μmの32個の集光スポットを照射した。この時の集光スポット径は18μmであり、ITO膜上に形成された加工痕の径は10μmである。こうして、1発のパルスにより、直径10μmの加工痕を32個同時に形成することができた。集光スポット径と加工径の関係を図6に示した。ITO膜が有する閾値特性のために、集光スポット径よりも小さい加工痕が得られる点に注目されたい。

次のパルスが発振するまでの50μsecの間欠時間に、精密ステージを使い、加工痕の直径の半分に相当する5μmに等しい距離だけ基板を移動させる。こうして2台の発振器からのパルスビームで、交互に、直径10μmの加工痕を32個同時に形成することを続けると、図3に示すように、間隔200μm、幅10μmの溝を間欠部分なく加工することができた。この間のステージの移動速度は毎秒100mmであり、常に一定である。加工速度を、(加工速度) = (ビーム分岐数) × (ステージ移動速度) と定義すると、同時に32本の溝を加工することにより、毎秒3200mmの加工速度を達成したことになる。図4に、以上のようにして得た電極パターンを示した。

32個の集光スポットの並びの方向をステージ移動方向に対して傾けることにより、スポットの間隔すなわち加工溝の間隔を調節することができる。スポットの並び方向を傾けるには、回転ステージを使い、位相格子をその面内で回転させればよい。この時の回転角度をθとすると、加工溝の間隔Δx'は次式で与えられる。

$$\Delta x' = m \lambda f \cos(\theta) / p ; \quad m = 1 \text{ (ビーム分岐数が奇数の時)} \quad \dots \quad (3)$$

$$m = 2 \text{ (ビーム分岐数が偶数の時)}$$

このような調節機構を備えることにより、液晶パネルの仕様に合わせて、高精度に電極パターンングを行うことが可能になり、さらに、電極間隔が異なる液晶パネルの試作へも容易に対応できる。したがって、商品開発のリードタイムを大幅に短縮できることになる。

本実施例の加工装置ならびに加工方法によれば、ITO膜を10μm以下の切断幅でパターンングすることができる。このことにより、液晶パネルの表示品質を支配する主要因で

あるところの開口率ならびにコントラスト比が大きく向上する。他方、従来のフォトリソグラフィによる電極加工で得られる電極ギャップは $30\mu m$ であり、液晶パネルの開口率ならびにコントラスト比を低下させる大きな原因となっていた。

本実施例では、ランプ励起型QスイッチYAGレーザを用いたが、半導体レーザ励起型QスイッチYAGレーザを用いてもよい。また、YAGレーザの代わりにYLFレーザを使用した場合でも、同等の効果が得られる。さらに、固体レーザに限らずに、パルス発振が可能な気体レーザを用いることもできる。また、加工に適したQスイッチ周波数はレーザ発振器の特性に依存し、本実施例において引用した10KHzに限るものではない。使用するレーザ発振器の特性ならびに被加工物の特性に合わせて、最適なQスイッチ周波数を決定しなければならない。

上記の実施例では、間隔 $200\mu m$ 、幅 $10\mu m$ の溝加工について発明の効果を説明したが、これらの条件が異なる溝加工についても、①位相格子の周期を変えることにより、あるいは、②集光レンズの焦点距離を変えることにより、容易に対応することができる。ビーム分岐数も、32本に限るものではなく、レーザ加工装置の仕様に合わせて決定すればよい。例えば、表2あるいは表4のデータを使い、16分岐用の位相格子を作製して用いることもできる。①被加工物の物性、②使用するレーザ発振器の出力及び台数を考慮し、加工能力の観点から最適な分岐数を定め、所要の位相格子を設計、製作することにより、多くの加工用途へ容易に対応することができる。

(実施例2)

本実施例のレーザ加工装置の構成を図9に示す。実施例1に対する構成上の違いは、空間フィルタを光路上に配置した点にある。空間フィルタでビーム波面に変調を加えることにより、集光スポットの形状を制御する。

空間フィルタを使用する目的は、開溝の幅を狭くして、液晶パネルの表示品質をさらに高めることにある。開溝の幅を狭くするには、他に、①集光レンズの焦点距離を短くする、あるいは、②集光レンズへの入射ビーム径を太くする、という方法もある。しかし、①の方法には、最小線幅が著しく細い($2\mu m$ 以下)位相格子が必要になり、所要の性能を満足する位相格子を作製することが難しいという欠点がある。また、②についても、大口径かつ無収差の集光レンズの設計ならびに作製が困難になり、レンズコストが大きく膨らむことにつながる。

本実施例では、空間フィルタとして、図11に示す振幅透過率分布を有する振幅フィルタを用いた。振幅フィルタとは、このフィルタを透過するビームの位相を変化させず振幅のみを変調する素子である。この振幅フィルタ2101を位相格子1109の直前に配置して、ビーム波面に振幅変調を加えた。振幅フィルタを使用した時と使用しない時の集光スポットの形状を、それぞれ、図12(a)、(b)に示す。ビームの外側の強度を相対的に高めることにより、図12(a)に示すように、集光後のスポット径を細くすることができた。

振幅フィルタを使用した時に得られた開溝の平面図を図10に示す。溝の幅はおよそ6μmであり、実施例1と比べて、より一層、液晶パネルの開口率とコントラスト比を高めることができた。

なお、上記の振幅フィルタの他にも、透過率分布が異なるいくつもの振幅フィルタを用意しておき、要求に合わせて交換して使用することにより、加工溝の幅を太くしたり細くしたりすることができる。また、蒸着等の手段により所要の透過率分布を位相格子基板の裏面（格子が形成されていない面）に形成した場合でも、同様の効果が得られる。

(実施例3)

本実施例のレーザ加工装置の構成を図13に示す。実施例1に対する構成上の違いは、非点収差を有する集光レンズを備えている点にある。非点収差を有する集光レンズを使い、ステージ移動方向に長い楕円状の集光スポットを発生させる。

集光レンズ3101はアナモルフィックであり、直交する2方向(x、y)における波面変換作用が異なる。例えば、x方向には位相格子の透過波面をフーリエ変換する作用を有し、y方向には透過波面の強度分布を制御する作用を有する。このようなアナモルフィック集光レンズは、①非球面レンズにより、あるいは、②球面レンズと円筒レンズの組み合わせにより実現できる。アナモルフィック集光レンズにより、ステージ移動方向に長い楕円状の集光スポットを得て、ステージ移動速度を速めることにより、加工速度を向上させることができる。

図15に、非球面アナモルフィック集光レンズを用いて集光スポットを発生させた時の様子を示す。図15(a)で、1109は位相格子、3301は非球面アナモルフィック集光レンズ、3302はレーザビーム、3303は32個の集光スポットの並びである。位相格子はx方向にだけ周期構造を有する1次元格子であり、実施例1で使用した位相格

子と同じものである。非球面アナモルフィック集光レンズは、 x 方向には波面のフーリエ変換作用を有し、 y 方向には波面の強度分布をガウス分布から矩形分布へ変換する作用を有する。図 15 (b) に、得られた集光スポットの y 軸方向の光強度分布を示す。集光スポットの幅は $18 \mu\text{m}$ 、長さは $28 \mu\text{m}$ である。ただし、ピーク強度の $1/e^2$ 以上を与える部分の幅であり、長さである。この集光スポットを ITO 膜上へ照射することにより、幅 $10 \mu\text{m}$ 、長さ $20 \mu\text{m}$ にわたり、ITO 膜を除去することができた。

本実地例では、アナモルフィック集光レンズで 32 本の回折ビームを光学的にフーリエ変換して、ITO 膜の表面に幅 $10 \mu\text{m}$ 、長さ $20 \mu\text{m}$ の 32 個の加工痕を $200 \mu\text{m}$ の間隔で形成した。そして、 $50 \mu\text{sec}$ のパルス間欠時間に、加工痕の長さの半分に相当する $10 \mu\text{m}$ に等しい距離だけステージを移動させた。こうして 2 台の発振器からのパルスビームで、交互に、幅 $10 \mu\text{m}$ で長さ $20 \mu\text{m}$ の加工痕を 32 個同時に形成することを続けると、図 14 に示すように、間隔 $200 \mu\text{m}$ 、幅 $10 \mu\text{m}$ の溝を間欠部分なく加工することができた。この間のステージの移動速度は毎秒 200mm であり、毎秒 6400mm の加工速度を達成したことになる。

なお、個々の加工痕が分離しない程度までステージ移動量を大きくすることは可能であり、こうすることにより加工速度を最大限大きくできる。

(実施例 4)

本発明のレーザ加工装置の構成を図 16 に示す。実施例 1 に対する構成上の相違は、1 次元格子の代わりに 2 次元位相格子を用いる点にある。2 次元位相格子 4101 を使うことにより、2 列以上のスポット並びを同時に発生させることができる。

2 次元格子の位相分布を決定するには、2 つの 1 次元格子を直交させて重ねればよい。1 次元格子の位相値は 0 または π であるから、以下の規則にしたがい、2 次元格子の位相分布も 0 または π となる。

$$0 + 0 = 0, 0 + \pi = \pi, \pi + \pi = 2\pi (=0) \quad \dots \quad (4)$$

本実施例では、実施例 1 において示した位相格子 1 と位相格子 3 のデータを用いて、 3×2 個の集光スポットを同時に発生させ得る 2 次元格子を設計、作製した。位相格子の位相分布の平面図を図 18 に示した。

1 列目と 2 列目の集光スポットの間隔を $(2k+1) \Delta y$ 、パルス間欠時間におけるス

- 20 -

ステージ移動量を $2 \Delta y$ とする。集光スポット間隔とステージ移動量との関係を詳細に調べると、加工を始めた初期の部分に円形の加工部分がつながらない箇所が生じる。これを考慮すると、1列で加工した時の加工速度に対する加工速度比 β は次式で与えられる。

$$\beta = 2 \{ 1 - k / n \} \quad (k \text{ は自然数}) \quad \dots \quad (5)$$

ただし、 Δy は集光スポット径を考慮して決める量、 n は照射したレーザパルスの数である。1列目と2列目の集光スポットの間には位相差があるので、この位相差に起因する集光スポット形状の変化が加工に悪影響を与えない程度に、集光スポットの間隔 ($2 k + 1$) Δy を広げる必要がある。

式(5)の関係を図19に示した。液晶パネルの画素部を縦断するために要するステージ移動距離（レーザパルス照射数 n とステージ移動量 $2 \Delta y$ の積に等しい）と比べると、集光スポット並びの間隔 ($2 k + 1$) Δy は無視し得るくらいに短いので、加工速度比 β は実効的に2に等しくなる。すなわち、1次元格子の場合の2倍の加工速度が得られるこことになる。

本実地例では、ステージ移動方向のスポット間隔を $15 \mu m$ に定め、 $50 \mu sec$ のパルス間欠時間に、 $10 \mu m$ だけステージを移動させた ($k = 1$, $\Delta y = 5 \mu m$ に相当する)。こうして2台の発振器からのパルスビームで、交互に、直径 $10 \mu m$ の加工痕を 32×2 個同時に形成することを続けると、図17に示すように、間隔 $200 \mu m$ 、幅 $10 \mu m$ の溝を間欠部分なく加工することができた。この間のステージの移動速度は毎秒 $200 mm$ であり、毎秒 $6400 mm$ の加工速度を達成したことになる。図17の左端において加工されていない部分が残っているが、ステージ移動速度と2列のスポット間隔との関係で生じるものであり、無視し得る程度のものである。

さらに、ステージ移動方向のビーム分岐数を増やし、集光スポットの並びの数を m 、それぞれの間隔を $(m k + 1) \Delta y$ とすると、加工速度比 β は次式で与えられる。

$$\beta = m \{ 1 - (m - 1) k / n \} \quad (k \text{ は自然数}) \quad \dots \quad (6)$$

すなわち、集光スポットを1列だけ並べて加工する時と比べて、加工速度比 β は m 倍となり、加工速度を大きく向上させることができる。

(実施例 5)

本発明のレーザ加工装置の構成を図 20 に示す。実施例 1 に対する構成上の相違は、1 次元格子と偏光分離素子を組み合わせることにより、複数列のスポット並びを同時に発生させる点にある。

レーザ発振機 1101a、1101b は Q スイッチ YAG レーザであり、直線偏光の TEM₀₀ モードを出射する。発振器内のブリュスター素子の姿勢を違えて、あるいは、発振器の外に波長板を配置して、発振器から出射される 2 本のビーム 1104a、1104b が互いに直交する直線偏光となるようにする。2 本のビーム 1104a と 1104b は、それぞれ、エクスパンダコリメータ 1105a と 1105b で拡大される。偏光合成素子 1107 を通過した後に、ビームは共通の光路を進み、偏光分離素子 5101 へ入射する。

偏光分離素子 5101 の進相軸（あるいは遅相軸）の方位を、ビームの偏光方位に対して 45° になるように定める。ビームの直交する 2 つの偏光成分は、所定の角度だけ分離された後に、波長板 1108 により橒円偏光になり、位相格子 1109 へ入射する。位相格子 1109 は、実施例 1 で使用した位相格子と同じものであり、1 本のビームを 32 本のビームに分岐する作用を有する。この後で、集光レンズ 110 を介して、ステージ移動方向に所定の間隔だけ離して、32 個の集光スポットの並びを 2 列、ITO 膜上に形成する。1 列目と 2 列目の集光スポットの間には位相差があるので、この位相差に起因する集光スポット形状の変化が加工に悪影響を与えない程度に、集光スポットの間隔を広げる必要がある。こうして、2 次元格子の場合と同じく（実施例 4）、加工速度比を 2 倍に向上させることができる。

本実施例に用いた偏光分離素子の構成を図 22 に示す。この素子は、屈折率が異なる 2 つのくさび（5301、5302）が張り合わされて成る。一方のくさびの屈折率を n_{1e}、n_{1o}、もう片方の屈折率を n_{2e}、n_{2o} とおいて、n_{1e} = n_{1o}、n_{2e} ≠ n_{2o} = n_{1e} なる関係を満足するように、くさび材料を選ぶ。ただし、添字の e、o は異常光線、常光線を表す。このようにすると、S 偏光成分から得た 32 本の回折ビームは直進し、P 偏光成分から得た 32 本の回折ビームは所定の角度だけ偏向される。なお、屈折率の組み合せを違えることにより、2 本のビームをともに互いに反対方向へ所定の角度だけ偏向させることもできる。

- 22 -

1列目と2列目のスポット並びの間隔 $(2k+1) \Delta y$ と、偏光分離素子が与える分離角度 θ の間には次の関係がある。

$$(2k+1) \Delta y = f \cdot \theta \quad \dots \quad (7)$$

式(7)から、分離角度 θ は、

$$\theta = (2k+1) \Delta y / f \quad \dots \quad (8)$$

となる。例えば、 $f = 100\text{mm}$ 、 $(2k+1) \Delta y = 15\mu\text{m}$ 、とすると、 $\theta = 0.15\text{rad}$ となる。

偏光分離素子のくさびの角度を ϕ 、偏向に要する屈折率差を Δn とすると、

$$\phi \cdot \Delta n \div \theta \quad \dots \quad (9)$$

であるから、 $\phi = 150\text{mrad}$ とすると $\Delta n \div 0.001$ となる。 Δn としては、十分に実現できる値である。

本実地例では、ステージ移動方向のスポット間隔を $15\mu\text{m}$ に定め、 $50\mu\text{sec}$ のパルス間欠時間に、 $10\mu\text{m}$ だけステージを移動させた。こうして2台の発振器からのパルスビームで、交互に、直径 $10\mu\text{m}$ の加工痕を 32×2 個同時に形成することを続けると、図17に示すように、間隔 $200\mu\text{m}$ 、幅 $10\mu\text{m}$ の溝を間欠部分なく加工することができた。この間のステージの移動速度は毎秒 200mm であり、毎秒 6400mm の加工速度を達成したことになる。

なお、本実施例では、1枚の偏光分離素子を使い、 32×2 個の集光スポットを同時に発生させたが、複数の偏光分離素子を波長板を挟んで重ねることにより、 32 個の集光スポットの並びを2列以上同時に発生させることもできる。

(実施例6)

本発明のレーザ加工装置の構成を図23に示す。実施例1に対する構成上の相違は、1次元格子と偏向分離素子を組み合わせることにより、集光スポットの並びを2列同時に発生させる点にある。

レーザ発振機1101a、1101bはQスイッチYAGレーザであり、直線偏光のT

EM₀₀モードを出射する。レーザ発振器内のブリュースター偏光素子の姿勢を違えて、あるいは、波長板を用いて、レーザ発振器から出射される2本のビーム1104a、1104bが互いに直交する直線偏光となるようにする。2本のビームはエクスパンダコリメータ1105aと1105bで拡大される。偏光合成素子1107により合成され、先のふたつのビームは共通の光路を進む。波長板6101を用いて、ビームの偏光方位を、偏光分離素子6102の進相軸（あるいは遅相軸）の方位に対して45°に定める。こうすることにより、偏光分離素子6102へ入射したビームは、等しく振幅分割される。分割されたそれぞれの成分は、波長板1108により橢円偏光になり、偏向分離素子6104へ入射する。

偏向分離素子6104の構造を図25に示した。偏向分離素子6104の表面には位相格子が形成されていて、裏面にはウェッジが形成されている。位相格子6301は2つの領域（図中のA、B）を有し、領域Aは偏向分離素子により分割された半分の振幅成分を、領域Bは残りの半分の振幅成分を受ける。領域A、Bに形成した位相格子はどちらも、実施例1に示した位相データ1から作製した位相格子であり、等しく振幅分割された2つの成分のそれを32本のビームに分岐する作用を有する。ウェッジ6304のウェッジ法線6305は、位相格子の格子ベクトル6302と基板法線6303がつくる平面内にある。

偏向分離素子6104の裏面に形成されたウェッジ6304により、位相格子を透過した2つの振幅成分の間には所定の角度が与えられる。この結果、半分の振幅成分から得た32本のビームと残りの半分の振幅成分から得た32本のビームは、それぞれ、集光レンズ1110を介して、ステージ移動方向に所定の間隔だけ離れた位置に、32個の集光スポットの並びをITO膜上に形成する。

本実施例では、スポット間隔を15μmに定め、50μsecのパルス間欠時間に、10μmだけステージを移動させた。この結果、図24に示すように、幅10μmの溝を間欠部分なく加工することができた。この間のステージの移動速度は毎秒200mmであり、毎秒6400mmの加工速度を達成したことになる。こうして、2次元格子の場合と同じく、加工速度比を2倍に向上させることができた。

（実施例7）

本発明のレーザ加工装置の構成を図26に示す。実施例1に対する構成上の相違は、複

数の開溝を同時に形成する代わりに、ステージ移動方向に長い棒状の集光強度分布をつくり、ステージをより速く移動させることで、加工速度を高める点にある。

レーザ発振機 1101a、1101bはQスイッチYAGレーザであり、直線偏光のTEM₀₀モードを出射する。発振器の内のブリュースター素子の姿勢を違えて、あるいは、発振器の外に波長板を配置して、それぞれの発振器から出射される2本のビーム1104a、1104bが互いに直交する直線偏光となるようにする。2本のビーム1104aと1104bは、それ、エクスパンダコリメータ1105aと1105bで拡大される。この後で、ビームは、偏光合成素子1107により合成され、共通の光路を進み、偏光分離素子7101へ入射する。本実施例で用いた偏光分離素子の構造は、基本的には、先に図22に示したものと同じである。なお、図26の構成には、ビームを橍円偏光化するための波長板は使用しない。

各々のビームの直交するふたつの偏光成分は、所定の角度だけ分離された後に、位相格子7102へ入射する。位相格子7102は、実地例1に示した位相格子6のデータから作製した位相格子であり、1本のビームを5本のビームに分岐する作用を有する。そして、一方の偏光成分から得た5本の回折ビームと、もう一方の偏光成分から得た5本の回折ビームに集光レンズ1110を作用させることにより、ITO膜の表面に、スポット間隔の半分だけ互いにずれたスポット列を、ステージ移動方向と平行な同一直線上に形成する。

図28に、集光スポットが照射されるITO膜の表面における光強度分布を示す。図28(a)は、一方の偏光成分がつくる光強度分布、図28(b)は、もう一方の偏光成分がつくる光強度分布である。それぞれの光強度分布は互いに、スポット間隔の半分だけ位置がずれている。これらの光強度分布をコヒーレントに足し合わせると(振幅と位相を配慮して足し合わせる)、図28(c)のようになる。すなわち、幅がスポット径にほぼ等しく、長さがスポット径のおよそ5.5倍の光強度分布をつくることができる。図28(a)(b)に示した光強度分布は、偏光方向が互いに直交するので、干渉する事がない。したがって、隣接する集光スポット間の位相差の影響を受ける事がないので、ほぼ均一な光強度分布が得られる。

均一な幅と深さの溝を形成するには、ITO膜上での光強度分布を均一にする必要がある。ITO膜上での光強度分布の均一性は、位相格子とビームの相対的な大きさから決まる。本実施例では、位相格子へ入射するビーム径を格子周期の長さのほぼ2倍に等しくし、エクスパンダコリメータを用いてビーム径を調節することにより、スポットの並びの複素

- 25 -

振幅分布の形状を最適化した。ビーム径を12mm ($1/e^2$) とすると、位相格子の周期 p は、 $p = 6.5\text{mm}$ となる。

集光スポットのずらし量 Δs と偏光分離素子が与える分離角度 θ の間には、つぎの関係がある。

$$\Delta s = f \cdot \theta \quad \dots \dots (10)$$

これから、スポット径の半分だけスポットの並びをステージ移動方向へずらすには、 $\Delta s = w/2$ から、 $w = 10\mu\text{m}$ 、 $f = 100\text{mm}$ とすると、 $\theta = 50\mu\text{rad}$ となる。

偏光分離素子のくさびの角度を ϕ 、偏向に要する屈折率差を Δn とすると、

$$\phi \cdot \Delta n \doteq \theta \quad \dots \dots (11)$$

であるから、 $\phi = 50\text{mrad}$ とすると $\Delta n \doteq 0.001$ となる。 Δn としては、十分に実現できる値である。

本実施例では、ピークパワー5.3KWのビーム1本を偏光分離素子で2本に分岐して、それぞれの偏光成分から、位相格子7102により5本の回折ビームを得た。そして、集光レンズ1110により、合計10本の回折ビームを光学的にフーリエ変換し、ITO膜の表面に、幅 $18\mu\text{m}$ で長さ $99\mu\text{m}$ の集光強度分布を形成した。この集光強度分布により、幅 $10\mu\text{m}$ 、長さ $91\mu\text{m}$ にわたり、ITO膜を除去することができた。

本実施例では、 $50\mu\text{sec}$ のパルス間欠時間にステージを $45\mu\text{m}$ だけ移動させた。こうして、図27に示すように、幅 $10\mu\text{m}$ の溝を間欠部分なく、ITO膜の表面に加工することができた。この時の加工速度は、ステージの移動速度に等しく、毎秒 900mm である。

本実施例では5分岐用の位相格子を用いたが、ステージ制御系からの要求に合わせて、分岐数を増減することは可能である。

①被加工物の閾値特性、②使用するレーザ発振器の出力及び台数、③ステージ制御系への負荷を考慮してビーム径と位相格子の大きさを決めることにより、集光スポットの並びの複素振幅分布を最適化して均一な加工溝を得ることができる。

(実施例 8)

本実施例のレーザ加工装置の構成を図 29 に示す。実施例 1 に対する構成上の相違は、複数の開溝を同時に形成する代わりに、ステージ移動方向に長い棒状の集光強度分布をつくり、ステージ移動速度を速くすることにより加工速度を高める点にある。

レーザ発振機 1101a、1101b は Qスイッチ YAG レーザであり、直線偏光の TEM₀₀モードを出射する。レーザ発振器内のブリュスター偏光素子の姿勢を違えて、あるいは、発振器の外に波長板を配置して、それぞれの発振器から出射されるビームが互いに直交する直線偏光となるようにする。2 本のビーム 1104a と 1104b は、エクスパンダコリメータ 1105a と 1105b で拡大される。この後で、偏光合成素子 1107 により合成され、先のふたつのビームは共通の光路を進む。波長板 8101 を用いて、ビームの偏光方位を、偏光分離素子 8102 の進相軸（あるいは遅相軸）の方位に対して 45° に定める。こうすることにより、偏光分離素子 8102 へ入射したビームは、等しく振幅分割される。分割されたそれぞれの成分は、偏向分離素子 8104 へ入射する。

本実施例で用いた偏向分離素子の構造は、基本的には、先に図 25 に示したものと同じである。位相格子が形成されていて、裏面にはウエッジが形成されている。位相格子は 2 つの領域を有し、一方の領域は偏光分離された半分の振幅成分を、もう一方の領域は残りの半分の振幅成分を受ける。ふたつの領域に形成した位相格子はどちらも、実施例 1 に示した位相格子 4 のデータから作製した位相格子である。

偏向分離素子 8103 の裏面に形成されたウエッジにより、位相格子を透過した 2 つの振幅成分の間には所定の角度が与えられるので、半分の振幅成分から得た 8 本のビームと、残りの半分の振幅成分から得た 8 本のビームに集光レンズ 1110 を作用させることにより、ITO 膜の表面に、スポット間隔の半分だけ互いにずれたスポット列を、ステージ移動方向と平行な同一直線上に形成する。

図 31 に、集光スポットが照射される ITO 膜の表面における照射強度分布を示す。図 31 (a) は、一方の偏光成分がつくる光強度分布、図 31 (b) は、もう一方の偏光成分がつくる光強度分布である。それぞれの光強度分布は互いに、スポット間隔の半分だけ位置がずれている。これらの照射強度分布を足し合わせると、図 31 (c) のようになる。すなわち、幅がスポット径にほぼ等しく、長さがスポット径のおよそ 8.5 倍の光強度分布をつくることができる。図 31 (a) (b) に示した光強度分布は、偏光方向が互いに直交するので、干渉することができない。したがって、隣接する集光スポット間の位相差の影

響を受けることがないので、ほぼ均一な光強度分布が得られる。なお、図29の構成には、ビーム1113を橢円偏光化するための波長板は使用しない。

均一な幅と深さの溝を形成するには、ITO膜上での光強度分布を均一にする必要がある。ITO膜上での光強度分布の均一性は、位相格子とビームの相対的な大きさから決まる。本実施例では、位相格子へ入射するビーム径を格子周期の長さと等しくし、エクスパンダコリメータを用いてビーム径を調節することにより、スポットの並びの複素振幅分布の形状を最適化した。ビーム径を12mm ($1/e^2$) とすると、位相格子の周期 p は、 $p = 12\text{mm}$ となる。

集光スポットのずらし量 Δs と偏光分離素子が与える分離角度 θ の間には、つぎの関係がある。

$$\Delta s = f \cdot \theta \quad \dots \quad (12)$$

これから、スポット径の半分だけスポットの並びをステージ移動方向へずらすには、 $\Delta s = w/2$ から、 $w = 10\mu\text{m}$ 、 $f = 100\text{mm}$ とすると、 $\theta = 50\mu\text{rad}$ となる。

偏光分離素子のくさびの角度を ϕ 、偏向に要する屈折率差を Δn とすると、

$$\phi \cdot \Delta n \div \theta \quad \dots \quad (13)$$

であるから、 $\phi = 50\mu\text{rad}$ とすると $\Delta n \approx 0.001$ となる。 Δn としては、十分に実現できる値である。

本実施例では、ピークパワー5.3KWのビーム1本を偏向分離素子で2本に分岐して、それぞれの振幅成分から、位相格子8104で8本の回折ビームを得た。そして、集光レンズにより、合計16本の回折ビームを光学的にフーリエ変換し、ITO膜の表面に、幅18 μm で長さ153 μm の集光強度分布を形成した。この集光強度分布により、幅10 μm 、長さ145 μm にわたり、ITO膜を除去することができた。

本実施例では、50 μsec のパルス間欠時間にステージを70 μm だけ移動させた。こうして、図31に示すように、幅10 μm の溝を間欠部分なく、ITO膜の表面に加工することができた。この時の加工速度は、ステージの移動速度に等しく、毎秒1400mmである。

本実施例では8分岐用の位相格子を用いたが、ステージ制御系からの要求に合わせて、分岐数を増減することは可能である。①被加工物の閾値特性、②使用するレーザ発振器の出力及び台数、③ステージ制御系への負荷を考慮してビーム径と位相格子の大きさを決めることにより、集光スポットの並びの複素振幅分布を最適化して均一な加工溝を得ることができる。

(実施例9)

本発明のレーザ加工装置の構成を図32に示す。実施例1ないし8に対する構成上の相違点は、レーザ発振器を1台だけ備えている点にある。

レーザ発振機器9101はQスイッチYAGレーザであり、直線偏光のTE_{M₀₀}モードを出射する。レーザ発振器のQスイッチ周波数は、Qスイッチドライバ9102により制御される。エクスパンダコリメータ9104により、発振器から出射されるビーム9103を拡大する。波長板9106によりビームの偏光を橙円偏光にした後に、位相格子9107へ入射させる。位相格子9107は、1本の入射ビームを32本の回折ビームに分岐する作用を有する。位相格子9107から出射された32本のビームは、集光レンズ9108を介して、精密ステージ9110の上に保持されたITO膜9109の表面に、32個の集光スポット9111を所定の間隔で形成する。そして、精密ステージ9110を移動することにより、直線状あるいは曲線状にITO膜を切断する。図中、9105は光路折り曲げミラーである。

波長板を用いてビームを橙円偏光にすることにより、ITO膜が有する異方性、不均一性や、ITO膜上の付着物に左右されることなく、均一な幅と深さでITO膜を切断できるので、所要の加工品質を恒常的に維持することが可能となる。

使用したレーザ発振器はQuantronix社製のランプ励起型QスイッチYAGレーザであり、発振波長532nm、定格平均出力8Wである。加工条件とガラス基板への損傷について調べるために、位相格子を使用せずに、Qスイッチ周波数を変えて1本の開溝を加工する実験を繰り返した。その結果、Qスイッチ周波数を10KHz以下に設定すれば、ITO膜及び下地のガラス基板にダメージを与えることなく、開溝を形成できることが判明した。また、加工できるかどうかは、Qスイッチ周波数に依らずに、ピークパワーの大小から決まることが判明した。

図5(a) (b)に、それぞれ、Qスイッチ周波数が10KHzと30KHzの時のレーザ出力と

時間の関係を示した。加工時のピークパワーを150Wとすると、Qスイッチ周波数が10KHzの時のパルス幅とパルスエネルギーは、それぞれ、150nsec、 $23\mu J$ である。他方、Qスイッチ周波数が30KHzの時のパルス幅とパルスエネルギーは、それぞれ、300nsec、 $45\mu J$ である。これらのレーザ発振条件でガラス基板上のITO膜を加工すると、Qスイッチ周波数が10KHzの条件では損傷は生じなかつたが、30KHzの条件では溝周縁部ならびにガラス基板表面に微細な損傷が発生した。30KHzの時に損傷が発生した理由は、パルス幅が広がり、過剰のエネルギーが投入されたからである。すなわち、ピークパワーが加工閾値に達している場合でも、Qスイッチ周波数から決まるパルス幅が許容値以上に広がっていると、加工時の損傷が避けられないである。このような場合には、損傷を避けることを目的に、パルスエネルギーを小さくすることは効果がない。なぜならば、ピークパワーが加工閾値を超えるくなり、加工できなくなるからである。

以上の結果をふまえ、ビームの分岐数及び加工速度に配慮して、レーザ発振器のQスイッチ周波数を10KHz、定格平均出力を8Wに定めた。この時のパルス幅は150nsec、ピークパワーは定格出力時の5.3KWである。図33は、本実施例におけるレーザ出力と時間の関係を示す図である。

厚み1500ÅのITO膜に1本の開溝を形成するには、110W以上のピークパワーを要する。そこで、先に述べた位相格子1109を使い、ピークパワー5.3KWのビームを32本のビームに分岐することにした。そして、集光レンズで32本のビームを光学的にフーリエ変換して、ITO膜の表面に間隔が $200\mu m$ の32個の集光スポットを照射した。この時の集光スポット径は $18\mu m$ であり、ITO膜上に形成された加工痕の径は $10\mu m$ である。こうして、1発のパルスにより、直径 $10\mu m$ の加工痕を32個同時に形成することができる。集光スポット径と加工径の関係を図6に示した。ITO膜が有する閾値特性のために、集光スポット径よりも小さい加工痕が得られる点に注目されたい。

次のパルスが発振するまでの $100\mu sec$ の間欠時間に、精密ステージを使い、加工痕の直径の半分に相当する $5\mu m$ に等しい距離だけ基板を移動させる。こうして2台の発振器からのパルスビームで、交互に、直径 $10\mu m$ の加工痕を32個同時に形成することを続けると、図34に示すように、間隔 $200\mu m$ 、幅 $10\mu m$ の溝を間欠部分なく加工することができた。この間のステージの移動速度は毎秒50mmであり、常に一定である。同時に32本の溝を加工することにより、毎秒1600mmの加工速度を達成したことになる。

32個の集光スポットの並び方向をステージ移動方向に対して傾けることにより、スポ

ットの間隔すなわち加工溝の間隔を自由に調節することもできる。スポットの並び方向を傾けるには、回転ステージを使い、位相格子をその面内で回転させればよい。このような調節機構を備えることにより、液晶パネルの仕様に合わせて、高精度に電極パターニングを行うことが可能になり、さらに、電極間隔が異なる液晶パネルの試作へも容易に対応できる。したがって、商品開発のリードタイムを大幅に短縮できることになる。

本実施例の加工装置ならびに加工方法によれば、ITO膜を $10\mu m$ 以下の切断幅でパターニングすることができる。このことにより、液晶パネルの表示品質を支配する主要因であるところの開口率ならびにコントラスト比が大きく向上する。他方、従来のフォトリソグラフィによる電極加工で得られる電極ギャップは $30\mu m$ であり、液晶パネルの開口率ならびにコントラスト比を低下させる大きな原因となっていた。

本実施例では、ランプ励起型QスイッチYAGレーザを用いたが、半導体レーザ励起型QスイッチYAGレーザを用いてもよい。また、YAGレーザの代わりにYLFレーザを使用した場合でも、同等の効果が得られる。さらに、固体レーザに限らずに、パルス発振が可能な気体レーザを用いることもできる。また、加工に適したQスイッチ周波数はレーザ発振器の特性に依存し、本実施例において引用した10KHzに限るものではない。使用するレーザ発振器の特性ならびに被加工物の特性に合わせて、最適なQスイッチ周波数を決定しなければならない。

上記の実施例では、間隔 $200\mu m$ 、幅 $10\mu m$ の溝加工について発明の効果を説明したが、これらの条件が異なる溝加工についても、①位相格子の周期を変えることにより、あるいは、②集光レンズの焦点距離を変えることにより、容易に対応することができる。ビーム分岐数も、32本に限るものではなく、レーザ加工装置の仕様に合わせて決定すればよい。例えば、表2あるいは表4のデータを使い、16分岐用の位相格子を作製して用いることもできる。①被加工物の物性、②使用するレーザ発振器の出力及び台数を考慮し、加工能力の観点から最適な分岐数を定め、所要の位相格子を設計、製作することにより、多くの加工用途へ容易に対応することができる。

(実施例10)

実施例1ないし9の加工装置により加工されたITO膜基板上に配向膜を形成し、この配向膜に対して所要の配向処理（例えば、ラビング処理）を加える。配向処理を終えた、電極パターンが直交する2枚のITO膜基板の間に液晶を封入し、液晶パネルを組み立て

る。組み上げた液晶パネルに駆動回路を実装するには、図35に示すように、3つの方法がある。なお、以下の説明で用いるTABなる語は、Tape Automated Bondingの略称であり、一般には、駆動回路をテープ上に形成することを意味する。ここでは、駆動回路が形成されたテープという意味で、TABテープなる語を用いる。

(1) TABテープをパネルの片側だけに実装する方法

TABテープ10102における配線間隔は、液晶パネルの画素電極10101の間隔に等しい。この実装方法によれば、液晶パネルとTABテープをつなぐ中間領域（例えば、図36において開溝が傾斜している領域）が不要になり、液晶パネルの上下の一方ならびに左右の一方だけにTABテープを配置すれば足りるので、液晶パネルの収納スペースを大幅に節約できる。液晶パネルの収納スペースを節約することにより、表示装置を小さくかつ軽くできる、多彩なオプション機能を付加できる、といった効果が生まれる（図35（a）参照）

(2) TABテープをパネルの両側に千鳥状に実装する方法

TABテープには熱収縮があるので、液晶パネルの一辺の長さにわたり、TABテープの配線間隔の精度を確保することが難しい場合がある。この点に、上記（1）の実装方法の技術的困難さがある。そこで、適当な長さのTABテープ10202を複数用意して、液晶パネルの上下及び左右に千鳥状に配置することにより、TABテープの配線精度を確保することができる。このような実装方法でも、画素電極10201とTABテープ10202をつなぐ中間領域が不要になるので、液晶パネルの収納スペースを節約する効果は大きい。（図35（b）参照）

(3) TABテープを中間領域を介して実装する方法

例えばガルバノミラーを使い、ステージ移動方向と直交する方向にビームをふることにより、図36に示すような電極パターンを形成する。このような電極パターンを中間領域10303として設けて、画素電極10301とTABテープ10302を接続する。この方法は、液晶パネルの収納スペースを節約する効果は小さいが、従来の実装部品をそのまま使用できるので、上記（1）（2）の方法に比べて、実装コストを低く抑える効果は格段に大きい。（図35（c）参照）

実施例1ないし9の加工装置により加工された、単純マトリクス駆動型液晶パネルのストライプ電極の平面図を図37（a）に示した。電極ピッチは $200\mu m$ 、電極ギャップは1

$0\mu\text{m}$ である。図中、11101は上側基板の電極ギャップであり、11102は下側基板の電極ギャップである。上側と下側の区別は、液晶パネルの前に立った視認者から見た時に、手前が上側、奥が下側というふうに定めた。

他方、従来のやり方にしたがい、フォトマスク露光によりパターニングされたストライプ電極の拡大図を図37(b)に示す。図中、11201は上側基板の電極ギャップであり、11202は下側基板の電極ギャップである。電極ピッチは $200\mu\text{m}$ 、電極ギャップは $30\mu\text{m}$ である。

液晶パネルの表示品質を決定する主たる要因は、電極開口率と、コントラスト比である。電極開口率とは、光の透過率（あるいは反射率）を制御することが可能な有効電極面積のことである。電極開口率を次式により定義する。

$$\alpha = (P - g)^2 / P^2 = (1 - g / P)^2 \quad \dots \quad (14)$$

ただし、 P は電極ピッチ、 g は電極ギャップである。当然、 $\alpha < 1$ である。

他方、コントラスト比とは、光の透過率（あるいは反射率）の最大値と最小値の比のことであり、次式により定義できる。

$$C = \chi \cdot P^2 / [P^2 - (P - g)^2] = \chi / (1 - \alpha) \quad \dots \quad (15)$$

ただし、 χ は、主に、液晶の配向条件、液晶層の厚さ、駆動条件から決まる変数である。式(14)と式(15)から、電極開口率とコントラスト比の間には、大きな相関があることが理解できる。

式(14)と式(15)を使い、図37に示した2種類の液晶パネルの電極開口率とコントラスト比を計算した。本発明の液晶パネルについては、電極開口率0.90、コントラスト比20を得た。他方、従来の液晶パネルでは、電極開口率0.72、コントラスト比3.6を得た。これらの計算値に対して、実測値は、本発明の液晶パネルが、電極開口率0.90、コントラスト比45であり、従来の液晶パネルが、電極開口率0.70、コントラスト比30であった。

本発明のレーザ加工装置及び加工方法を用いて液晶パネルの電極パターニングを行うことにより、電極ギャップを従来の3分の1以下($10\mu\text{m}$ 以下)狭め、電極開口率を1.3倍に、

コントラスト比を1.5倍にできた。この結果、本発明の液晶パネルの視認性は、従来の液晶パネルと比べて、格段に向上した。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明のレーザ加工装置は、微細切断加工や微細穴開け加工へ幅広く利用できる。本発明のレーザ加工方法は、とくに、液晶パネルの電極パターニングに適している。本発明の液晶パネルは、開口率およびコントラスト比が高く、従来の液晶パネルよりも表示品質において格段に優れている。

請求の範囲

1. 少なくとも、複数のパルスレーザ発振器と、前記複数のパルスレーザ発振器のそれぞれの発振位相をずらして前記複数のパルスレーザ発振器を順次駆動する手段と、前記複数のパルスレーザ発振器から出射されるビームのそれぞれを複数のビームに分岐する手段を備え、前記分岐する手段により得られた複数のビームを被加工物に照射することを特徴とするレーザ加工装置。
2. 前記複数のパルスレーザ発振器が、Qスイッチレーザ発振器であることを特徴とする請求の範囲第1項記載のレーザ加工装置。
3. 前記複数のQスイッチレーザ発振器が、第2高調波を出射する固体レーザ発振器であることを特徴とする請求の範囲第2項記載のレーザ加工装置。
4. 前記複数の固体レーザ発振器がランプ励起型発振器であることを特徴とする請求の範囲第3項記載のレーザ加工装置。
5. 前記複数の固体レーザ発振器が半導体レーザ励起型発振器であることを特徴とする請求の範囲第3項記載のレーザ加工装置。
6. 前記複数のレーザ発振器から出射されるビームの光路を一致させる手段を備えて成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載のレーザ加工装置。
7. 被加工物を照射する前記複数のビームを橜円偏光にする手段を備えて成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載のレーザ加工装置。
8. 前記分岐する手段を少なくとも光路と直交する面内で回転させる手段を備えて成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載のレーザ加工装置。
9. 前記分岐する手段が位相格子であることを特徴とする請求の範囲第1項記載のレーザ加工装置。
10. 前記複数のレーザ発振器から出射されるビームに振幅変調または位相変調を加える空間フィルタを備えて成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載のレーザ加工装置。
11. 前記分岐する手段により得られた複数のビームのそれとに少なくとも非点収差を加える手段を備えて成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載のレーザ加工装置。
12. 前記分岐する手段の他に、ビームを偏向分離する手段を備え、分岐方向と分離方向が異なることを特徴とする請求の範囲第1項記載のレーザ加工装置。
13. 前記分岐する手段の他に、ビームを偏向分離する手段を備え、分岐方向と分離方向

が同じであることを特徴とする請求の範囲第1項記載のレーザ加工装置。

14. 少なくとも、パルスレーザ発振器と、前記パルスレーザ発振器を駆動する手段と、前記パルスレーザ発振器から出射されるビームを複数のビームに分岐する手段を備え、前記分岐する手段により得られた複数のビームを被加工物に照射することを特徴とするレーザ加工装置。

15. 前記パルスレーザ発振器が、Qスイッチレーザ発振器であることを特徴とする請求の範囲第14項記載のレーザ加工装置。

16. 前記Qスイッチレーザ発振器が、第2高調波を出射する固体レーザ発振器であることを特徴とする請求の範囲第15項記載のレーザ加工装置。

17. 前記複数の固体レーザ発振器がランプ励起型発振器であることを特徴とする請求の範囲第16項記載のレーザ加工装置。

18. 前記固体レーザ発振器が半導体レーザ励起型発振器であることを特徴とする請求の範囲第16項記載のレーザ加工装置。

19. 被加工物を照射する前記複数のビームを橜円偏光にする手段を備えて成ることを特徴とする請求の範囲第14項記載のレーザ加工装置。

20. 前記分岐する手段を少なくとも光路と直交する面内で回転させる手段を備えて成ることを特徴とする請求の範囲第14項記載のレーザ加工装置。

21. 前記分岐する手段が位相格子であることを特徴とする請求の範囲第14項記載のレーザ加工装置。

22. 前記レーザ発振器から出射されるビームに振幅変調または位相変調を加える空間フィルタを備えて成ることを特徴とする請求の範囲第14項記載のレーザ加工装置。

23. 前記分岐する手段により得られた複数のビームのそれぞれに少なくとも非点収差を加える手段を備えて成ることを特徴とする請求の範囲第14項記載のレーザ加工装置。

24. 前記分岐する手段の他に、ビームを偏向分離する手段を備え、前記分岐する手段により分岐されたビームの分岐方向と前記偏光分離する手段により偏光分離されたビームの分岐方向が異なることを特徴とする請求の範囲第14項記載のレーザ加工装置。

25. 前記分岐する手段の他に、ビームを偏向分離する手段を備え、前記分岐する手段により分岐されたビームの分岐方向と前記偏光分離する手段により偏光分離されたビームの分岐方向が同じであることを特徴とする請求の範囲第14項記載のレーザ加工装置。

26. 少なくとも、第2高調波を出射する2台のQスイッチ固体レーザ発振器と、前記2

台のレーザ発振器のそれぞれのQスイッチの位相をずらしてレーザ発振器を順次に駆動する手段と、前記2台のレーザ発振器から出射されるビームの光路を一致させる手段と、前記ビームを複数のビームに分岐する透過型位相格子を備え、前記透過型位相格子により得られた複数のビームを被加工物に照射することを特徴とするレーザ加工装置。

27. 前記2台のQスイッチ固体レーザ発振器がランプ励起型発振器であることを特徴とする請求の範囲第26項記載のレーザ加工装置。

28. 前記2台のQスイッチ固体レーザ発振器が半導体レーザ励起型発振器であることを特徴とする請求の範囲第26項記載のレーザ加工装置。

29. 被加工物を照射する前記複数のビームを橭円偏光にする手段を備えて成ることを特徴とする請求の範囲第26項記載のレーザ加工装置。

30. 前記透過型位相格子を少なくとも光路と直交する面内で回転する手段を備えて成ることを特徴とする請求の範囲第26項記載のレーザ加工装置。

31. 前記2台のQスイッチ固体レーザ発振器から出射されるビームに振幅変調または位相変調を加える空間フィルタを備えて成ることを特徴とする請求の範囲第26項記載のレーザ加工装置。

32. 前記透過型位相格子により得られた複数のビームのそれとに少なくとも非点収差を加える手段を備えて成ることを特徴とする請求の範囲第26項記載のレーザ加工装置。

33. 前記透過型位相格子に加えて、他のビーム分岐手段を備え、それぞれの分岐方向が互いに平行であることを特徴とする請求の範囲第26項記載のレーザ加工装置。

34. 前記透過型位相格子に加えて、他のビーム分岐手段を備え、それぞれの分岐方向が互いに直交することを特徴とする請求の範囲第26項記載のレーザ加工装置。

35. 複数のパルスレーザ発振器のそれぞれの発振位相をずらして前記複数のパルスレーザ発振器を順次駆動し、前記複数のパルスレーザ発振器から出射されるビームのそれを複数のビームに分岐し、分岐された複数のビームを、基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜に溝を形成することを特徴とするレーザ加工方法。

36. 前記透光性導電膜がITO膜であることを特徴とする請求の範囲第35項記載のレーザ加工方法。

37. 前記レーザ発振器が第2高調波用YAGレーザ発振器であることを特徴とする請求の範囲第35項記載のレーザ加工方法。

3 8 . 前記レーザ発振器が第 2 高調波用 Y L F レーザ発振器であることを特徴とする請求の範囲第 3 5 項記載のレーザ加工方法。

3 9 . 前記複数のビームをほぼ垂直に前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第 3 5 項記載のレーザ加工方法。

4 0 . 前記複数のビームを斜めに前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第 3 5 項記載のレーザ加工方法。

4 1 . 前記分岐する手段により得られたひとつのビーム列を前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第 3 5 項記載のレーザ加工方法。

4 2 . 前記分岐する手段により得られた複数のビーム列を前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第 3 5 項記載のレーザ加工方法。

4 3 . パルスレーザ発振器から出射されるビームを複数のビームに分岐し、分岐された複数のビームを、基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜に溝を形成することを特徴とするレーザ加工方法。

4 4 . 前記透光性導電膜膜が I T O 膜であることを特徴とする請求の範囲第 4 3 項記載のレーザ加工方法。

4 5 . 前記レーザ発振器が第 2 高調波用 Y A G レーザ発振器であることを特徴とする請求の範囲第 4 3 項記載のレーザ加工方法。

4 6 . 前記レーザ発振器が第 2 高調波用 Y L F レーザ発振器であることを特徴とする請求の範囲第 4 3 項記載のレーザ加工方法。

4 7 . 前記複数のビームをほぼ垂直に前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第 4 3 項記載のレーザ加工方法。

4 8 . 前記複数のビームを斜めに前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第 4 3 項記載のレーザ加工方法。

4 9 . 前記分岐する手段により得られたひとつのビーム列を前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第 4 3 項記載のレーザ加工方法。

5 0 . 前記分岐する手段により得られた複数のビーム列を前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第 4 3 項記載のレーザ加工方法。

5 1 . 第 2 高調波を出射する 2 台の Q スイッチ固体レーザ発振器のそれぞれの Q スイッチの位相をずらしてレーザ発振器を順次に駆動し、前記 2 台のレーザ発振器から出射される

ビームの光路を一致させ、前記ビームを複数のビームに分岐する透過型位相格子により得られた複数のビームを、基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜に溝を形成することを特徴とするレーザ加工方法。

52. 前記透光性導電膜がITO膜であることを特徴とする請求の範囲第51項記載のレーザ加工方法。

53. 前記レーザ発振器が第2高調波用YAGレーザ発振器であることを特徴とする請求の範囲第51項記載のレーザ加工方法。

54. 前記レーザ発振器が第2高調波用YLFレーザ発振器であることを特徴とする請求の範囲第51項記載のレーザ加工方法。

55. 前記複数のビームをほぼ垂直に前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第51項記載のレーザ加工方法。

56. 前記複数のビームを斜めに前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第51項記載のレーザ加工方法。

57. 前記分岐する手段により得られたひとつのビーム列を前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第51項記載のレーザ加工方法。

58. 前記分岐する手段により得られた複数のビーム列を前記透光性導電膜に照射することを特徴とする請求の範囲第51項記載のレーザ加工方法。

59. 複数のパルスレーザ発振器のそれぞれの発振位相をずらして前記複数のパルスレーザ発振器を順次駆動し、前記複数のパルスレーザ発振器から出射されるビームのそれぞれを複数のビームに分岐し、分岐された複数のビームを、基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜にストライプ状の溝を形成された電極を備えて成ることを特徴とする液晶パネル。

60. パルスレーザ発振器から出射されるビームを複数のビームに分岐し、分岐された複数のビームを、基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜にストライプ状の溝を形成された電極を備えて成ることを特徴とする液晶パネル。

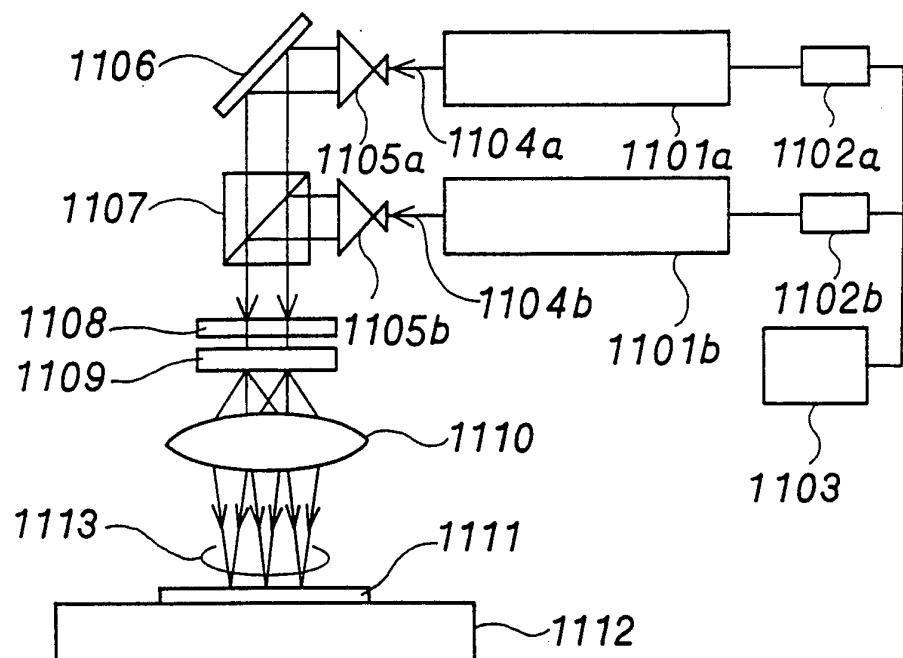
61. 第2高調波を出射する2台のQスイッチ固体レーザ発振器のそれぞれのQスイッチの位相をずらしてレーザ発振器を順次に駆動し、前記2台のレーザ発振器から出射されるビームの光路を一致させ、前記ビームを複数のビームに分岐する透過型位相格子により得

- 39 -

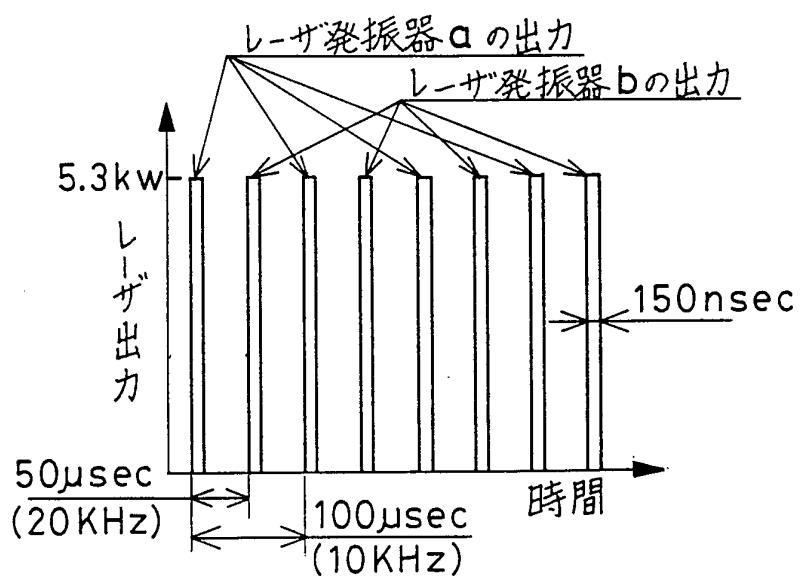
られた複数のビームを、基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜にストライプ状の溝を形成された電極を備えて成ることを特徴とする液晶パネル。

1/24

第 1 図

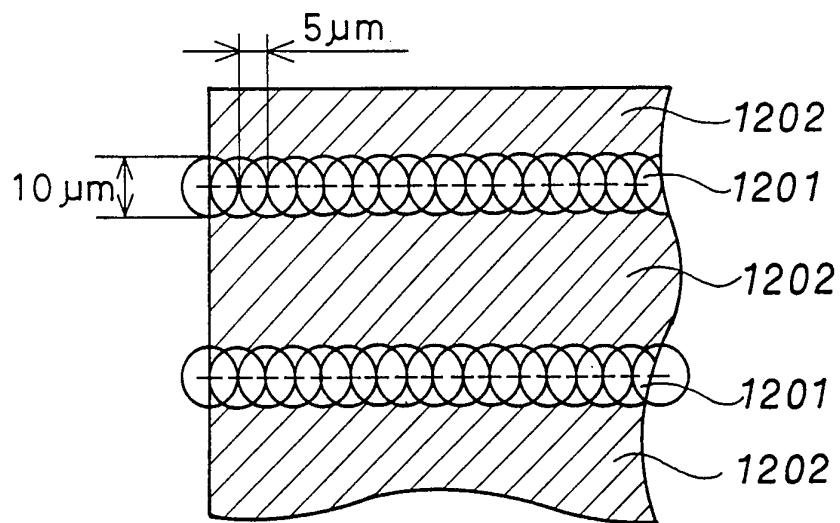


第 2 図

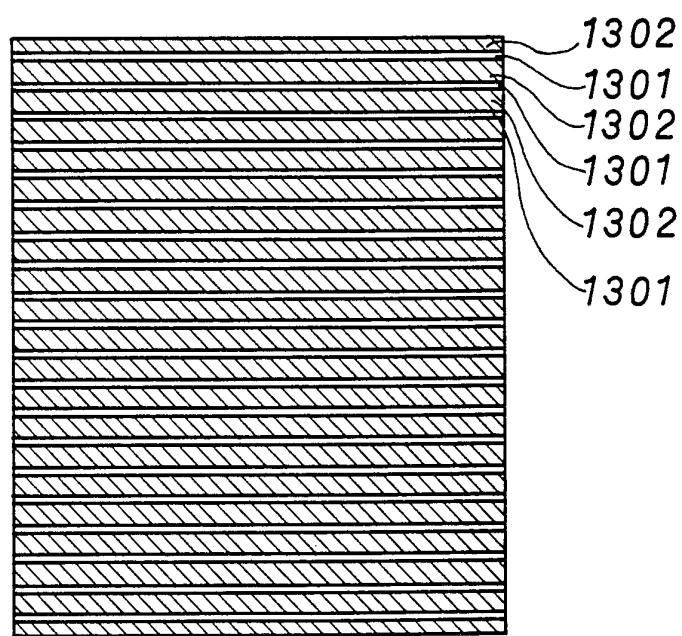


2 / 24

第 3 図

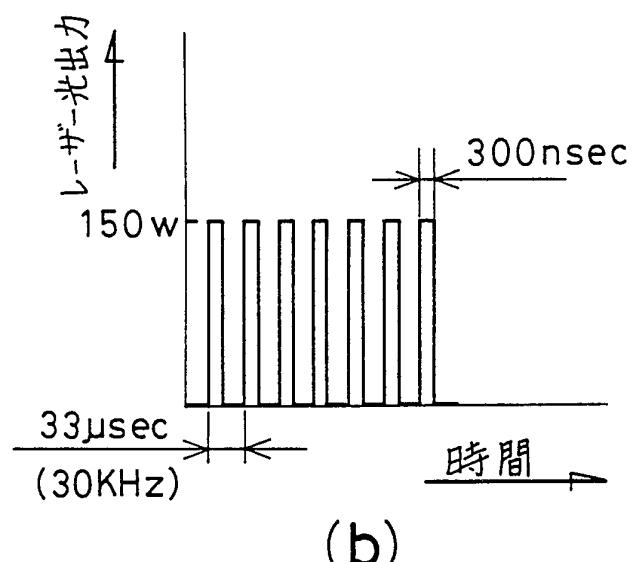
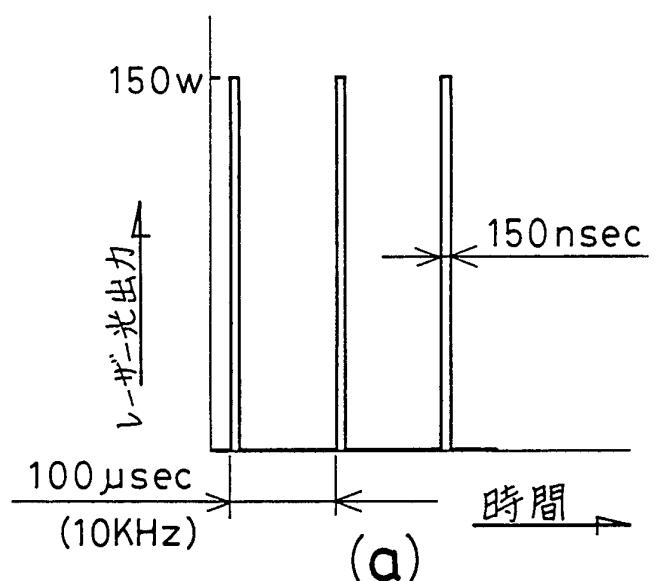


第 4 図



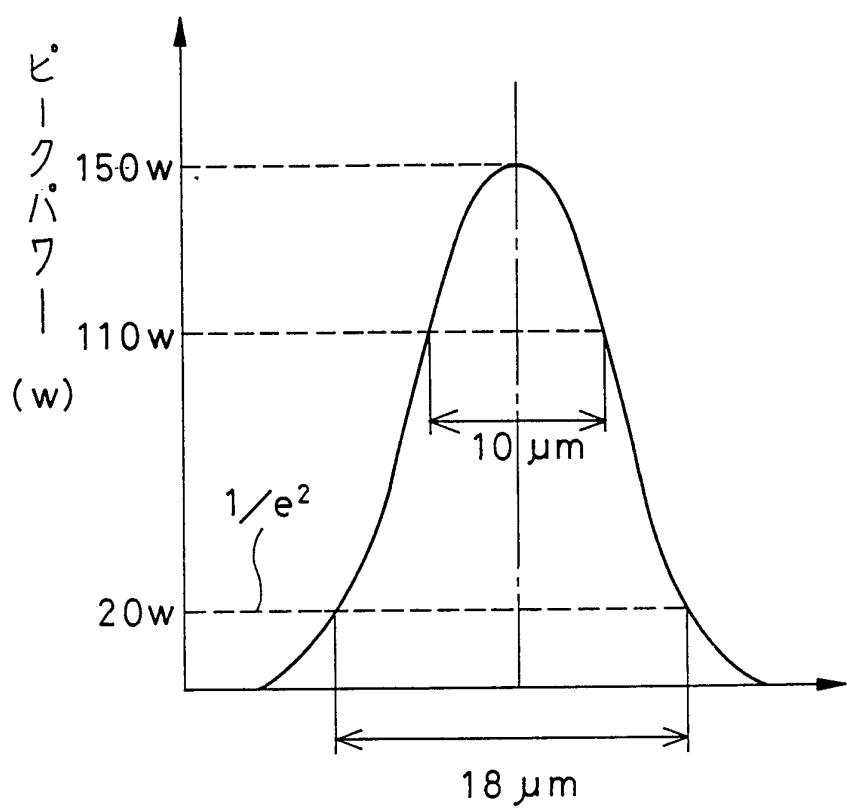
3/24

第 5 図



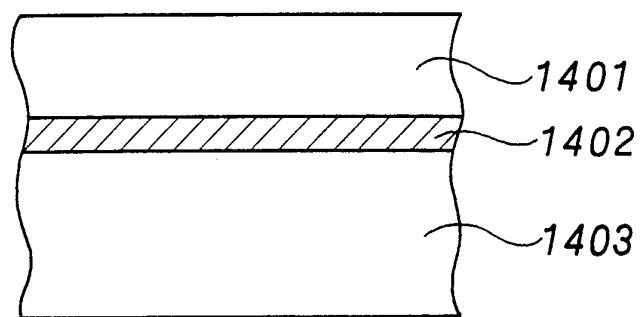
4/24

第 6 図

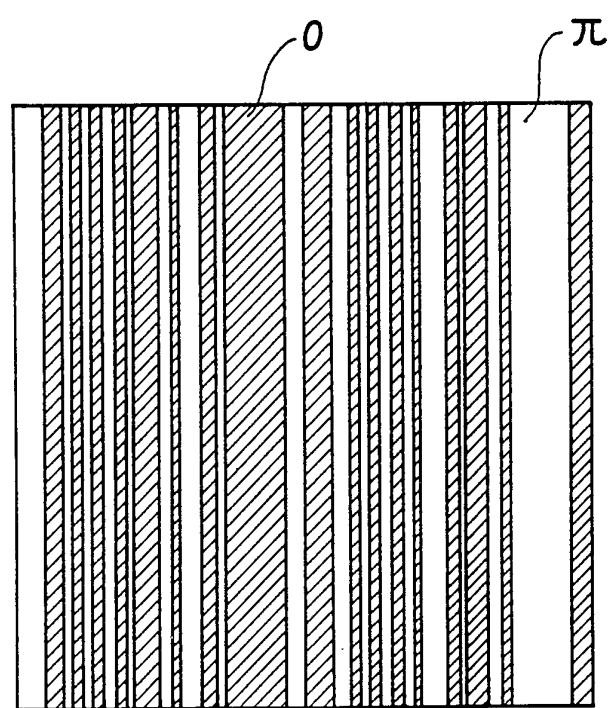


5/24

第 7 図

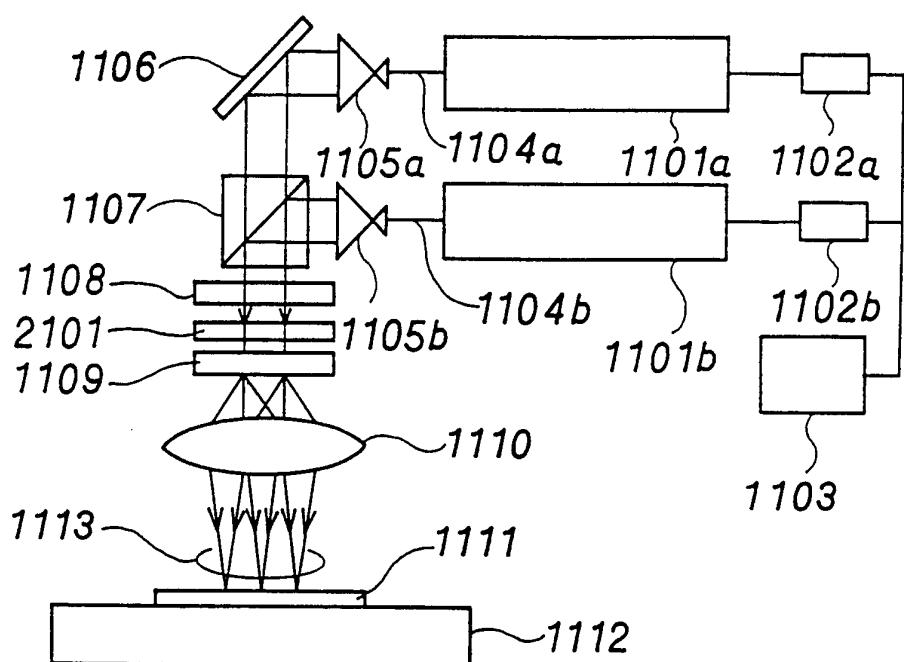


第 8 図

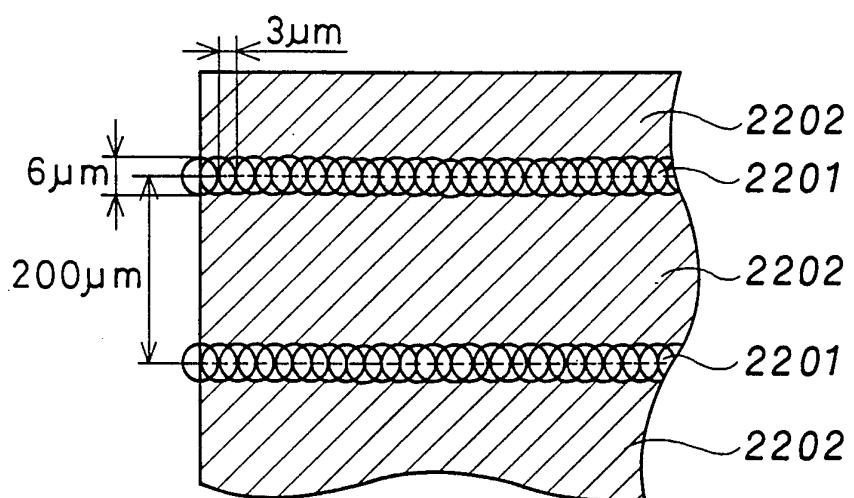


6/24

第9図

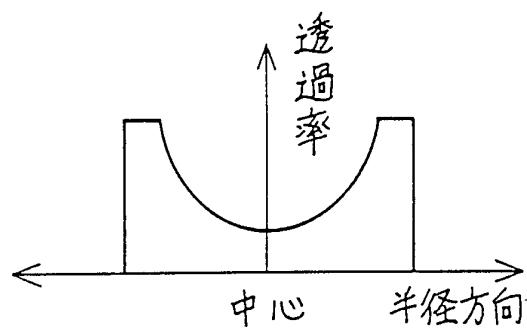


第10図

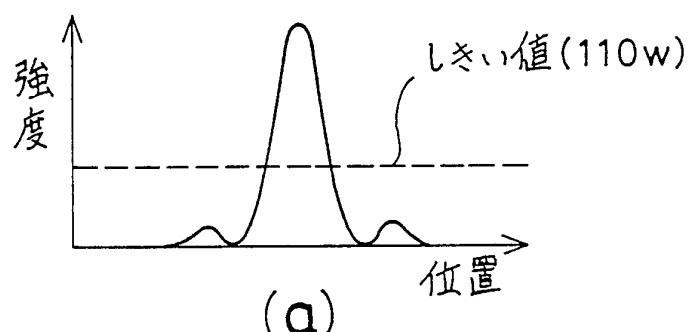


7/24

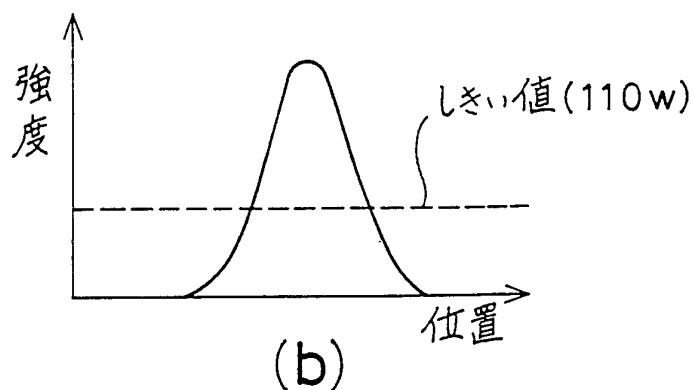
第11図



第12図



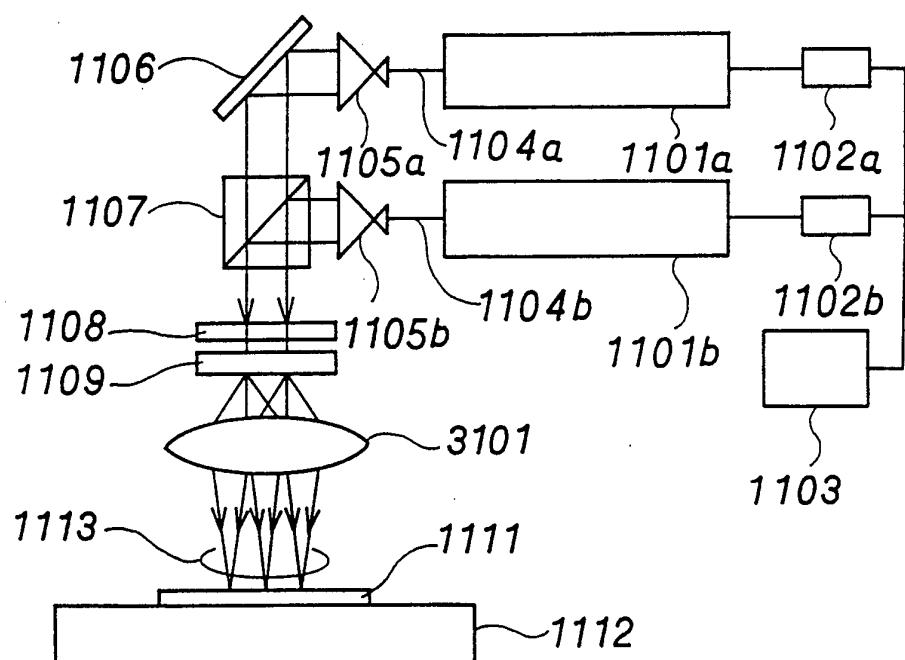
(a)



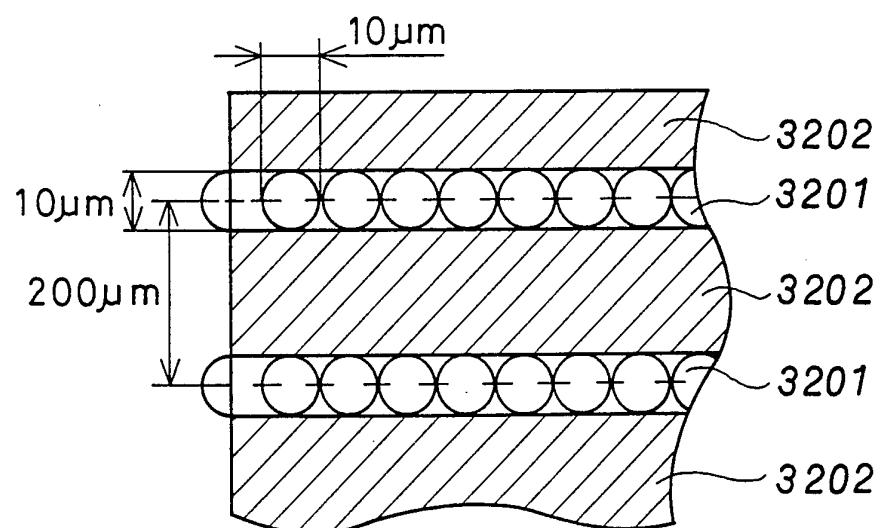
(b)

8/24

第13図

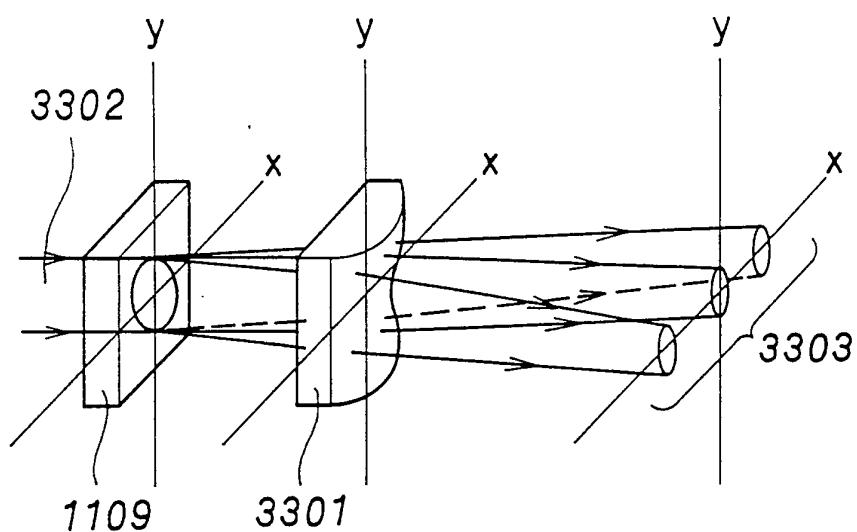


第14図

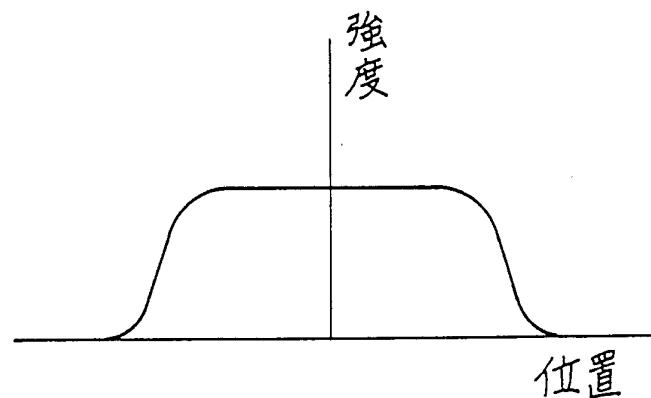


9 / 24

第15図



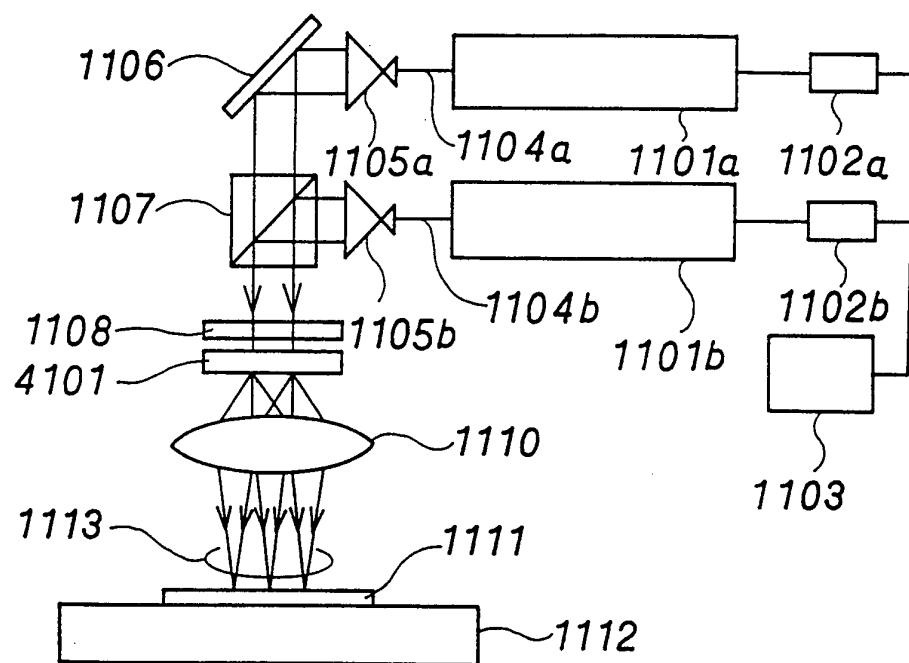
(a)



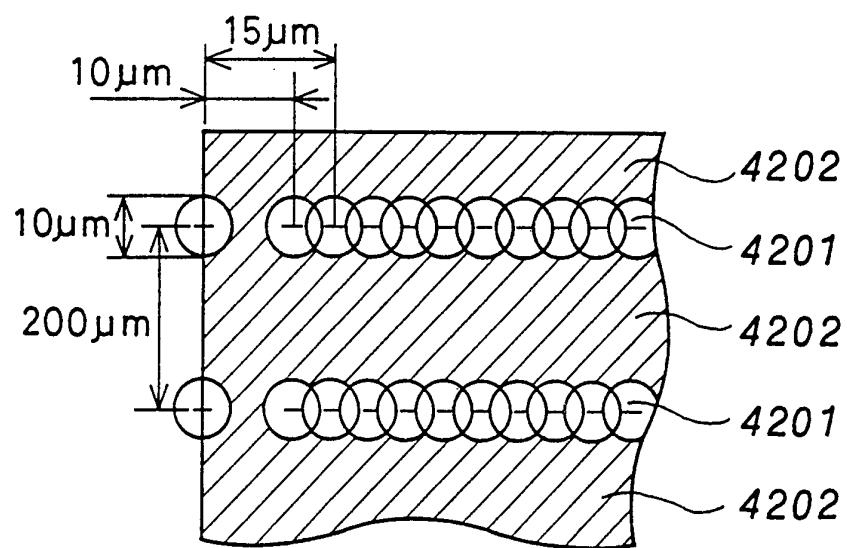
(b)

10/24

第16図

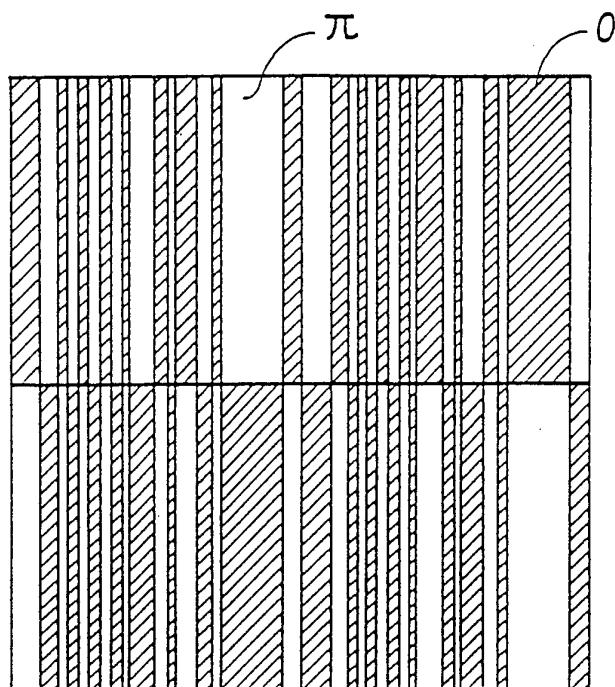


第17図

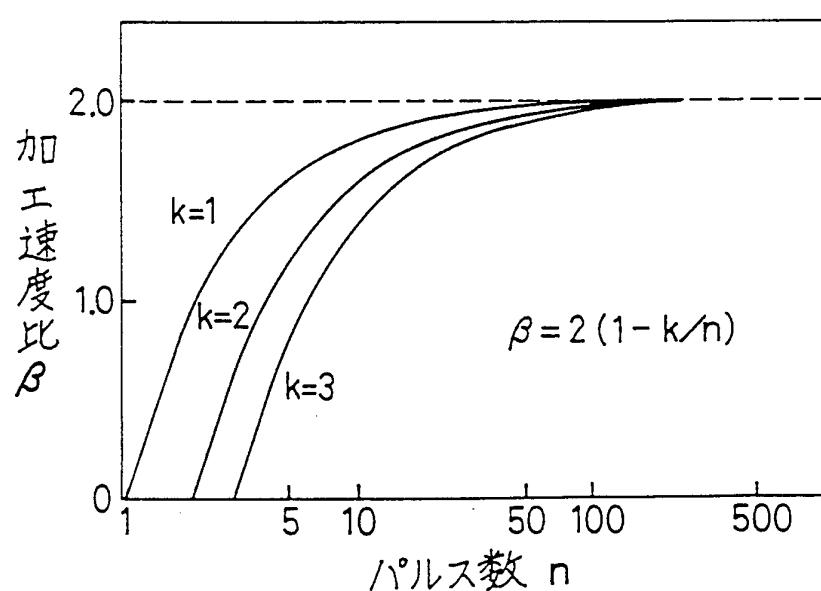


11 / 24

第18図

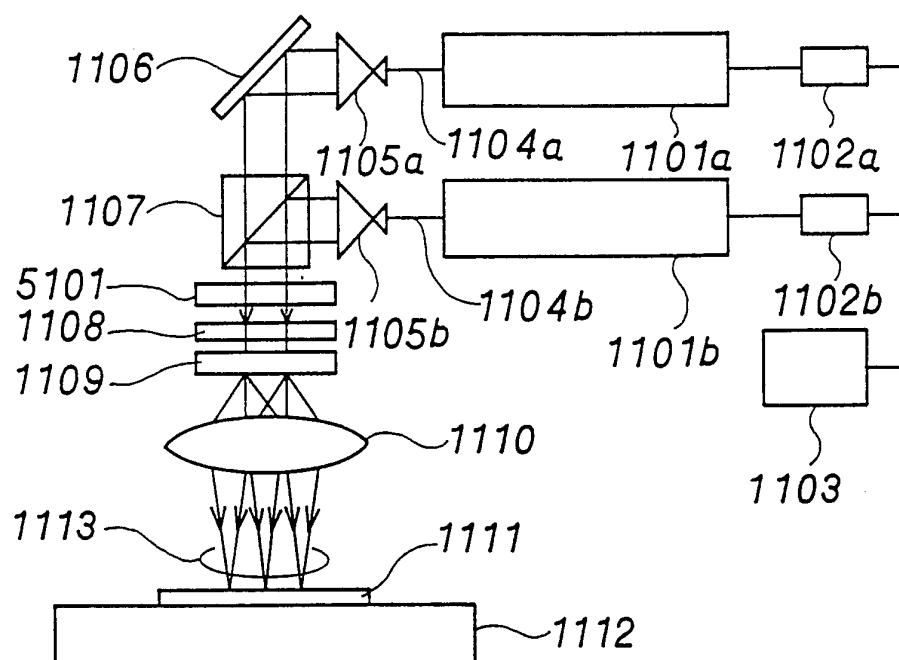


第19図

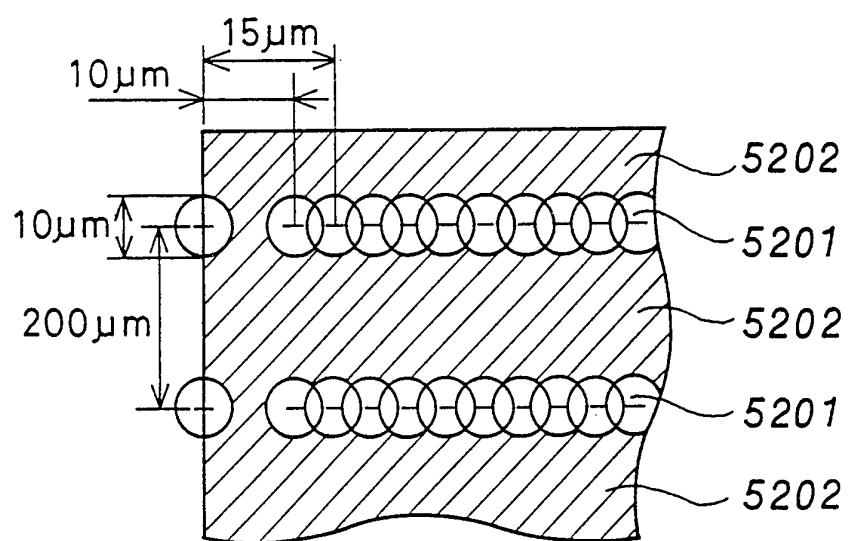


12/24

第20図

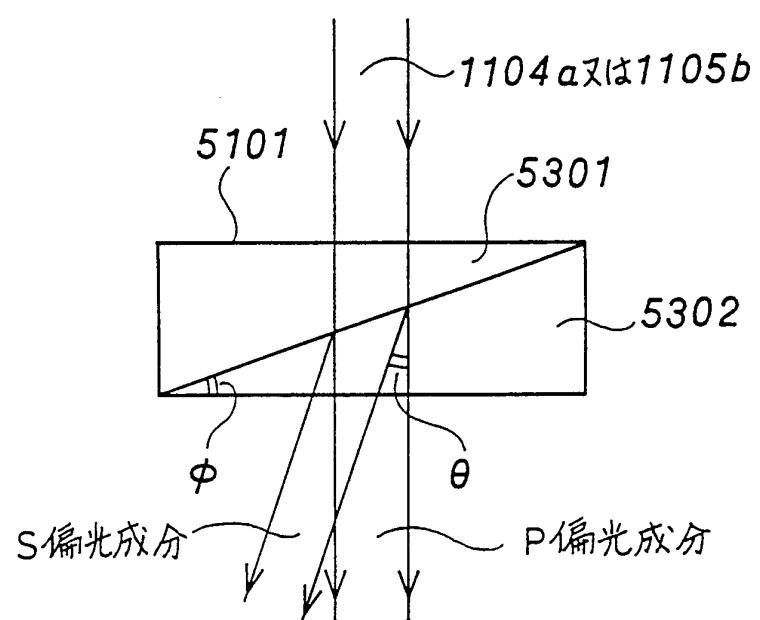


第21図



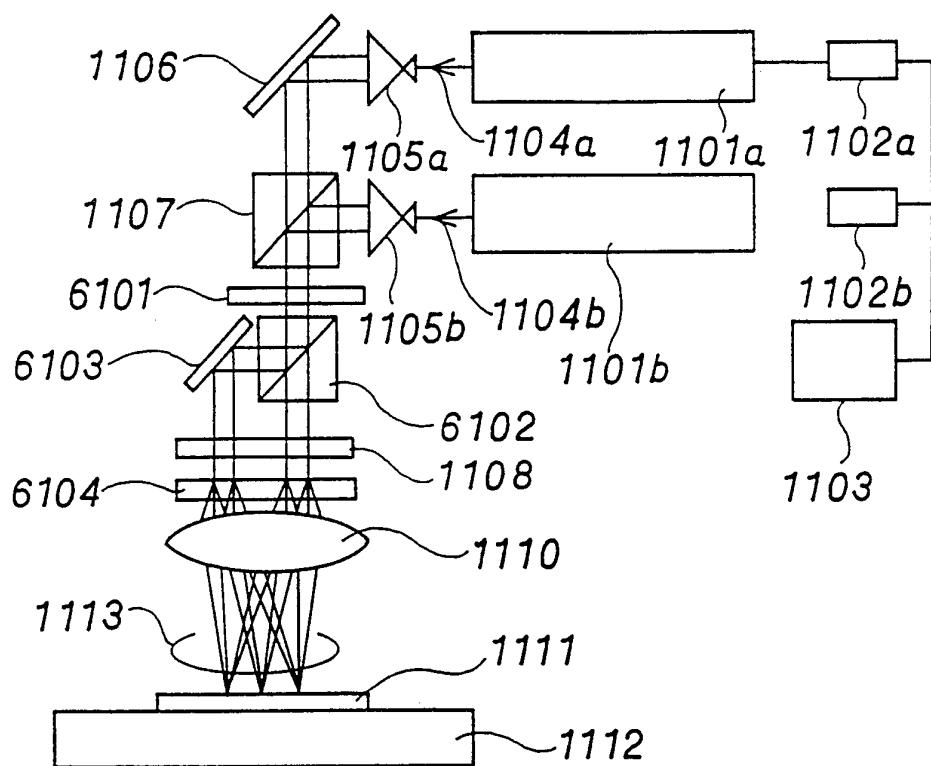
13/24

第22図

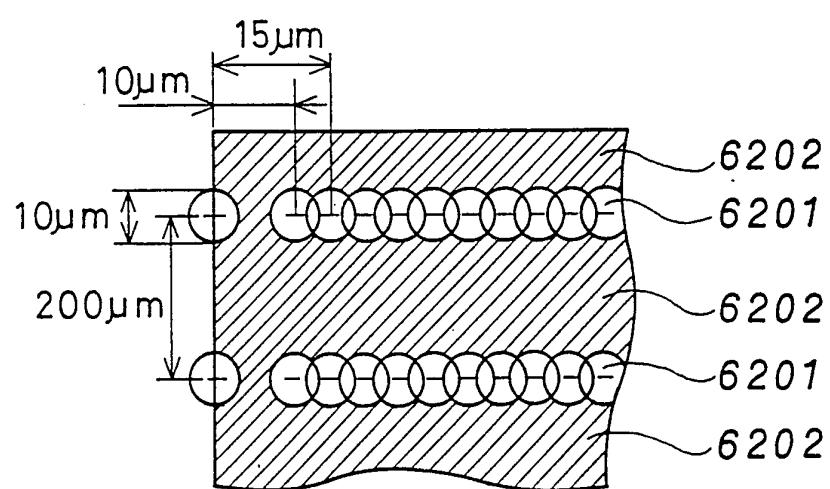


14/24

第23図

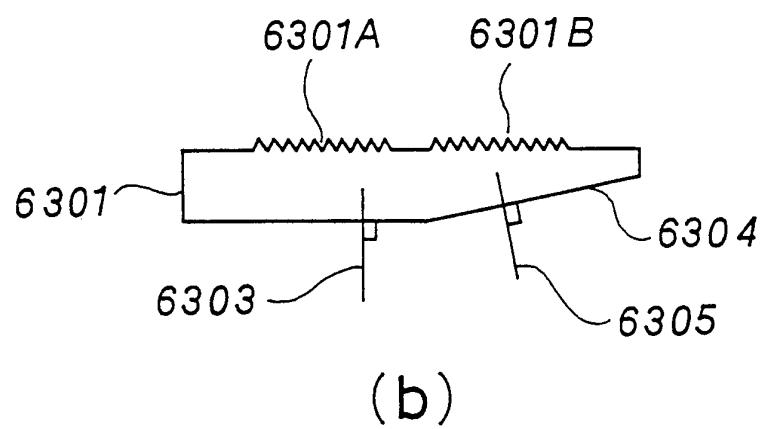
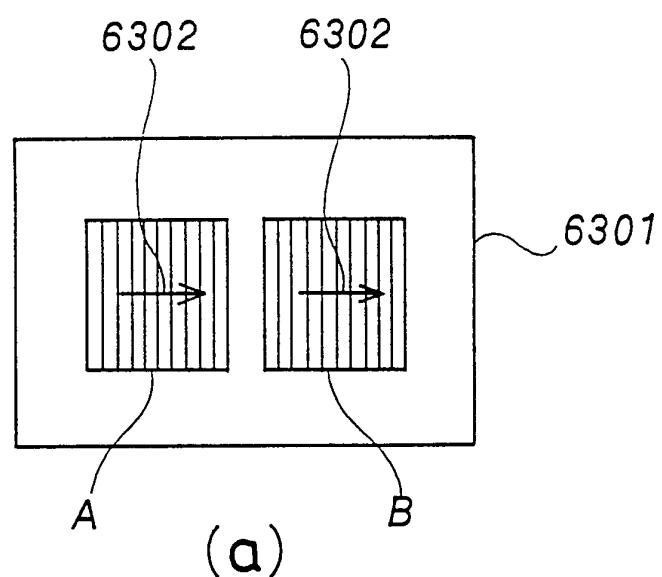


第24図



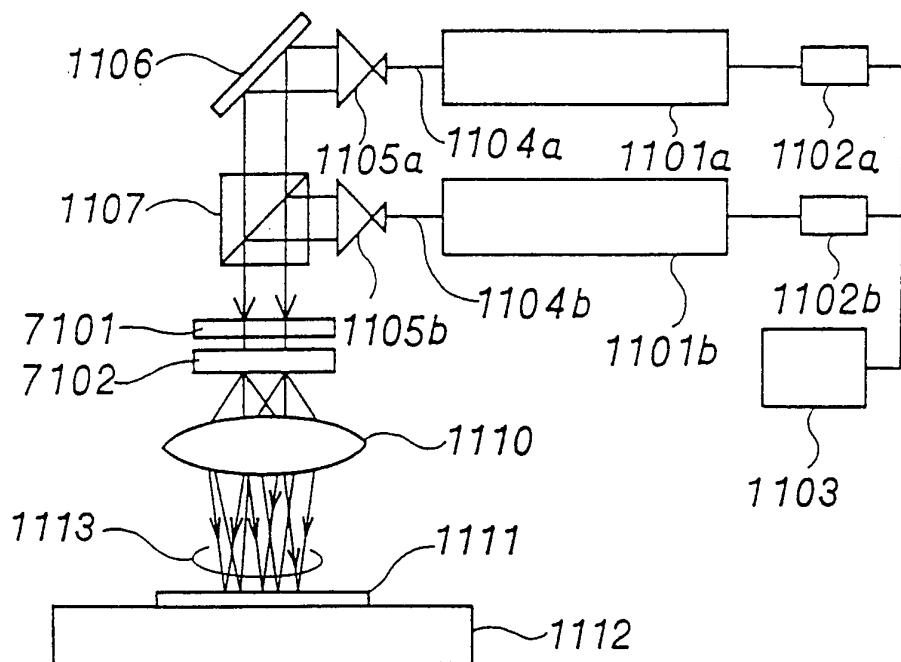
15/24

第25図

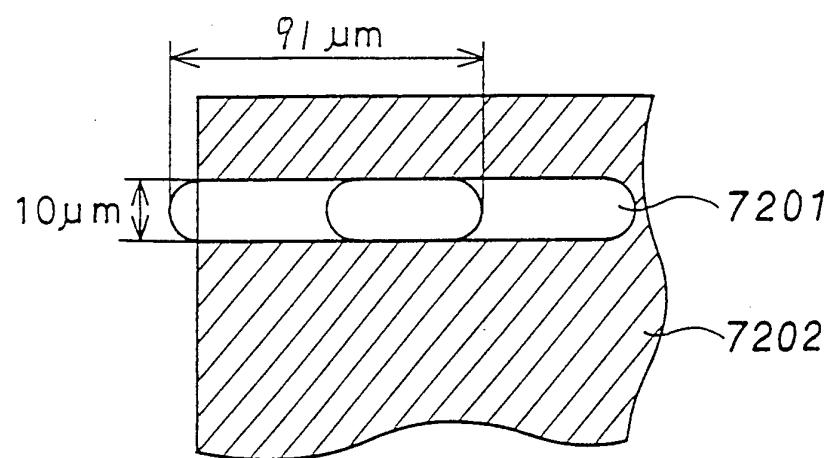


16/24

第26図

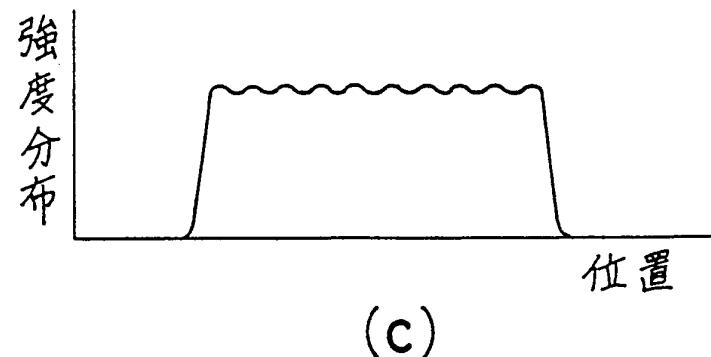
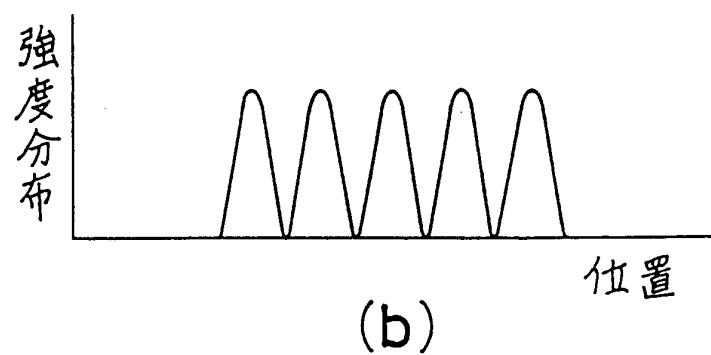
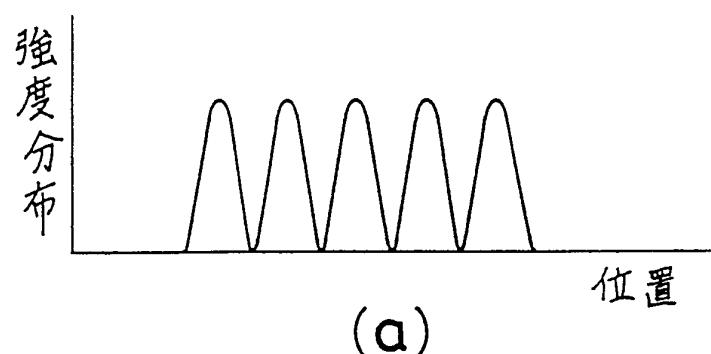


第27図



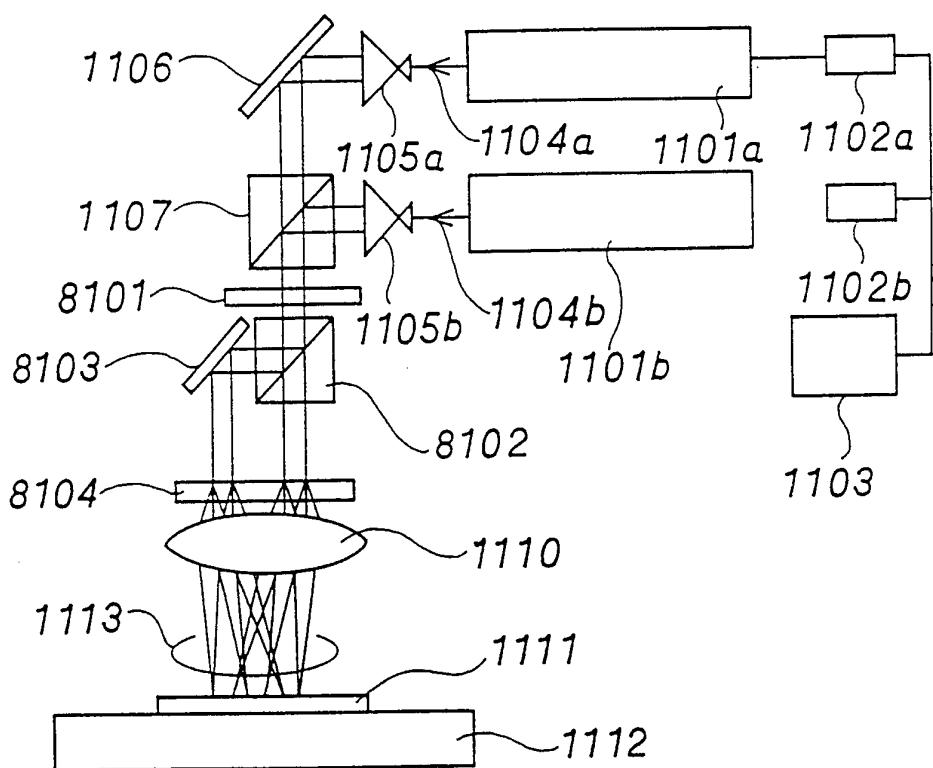
17/24

第28図

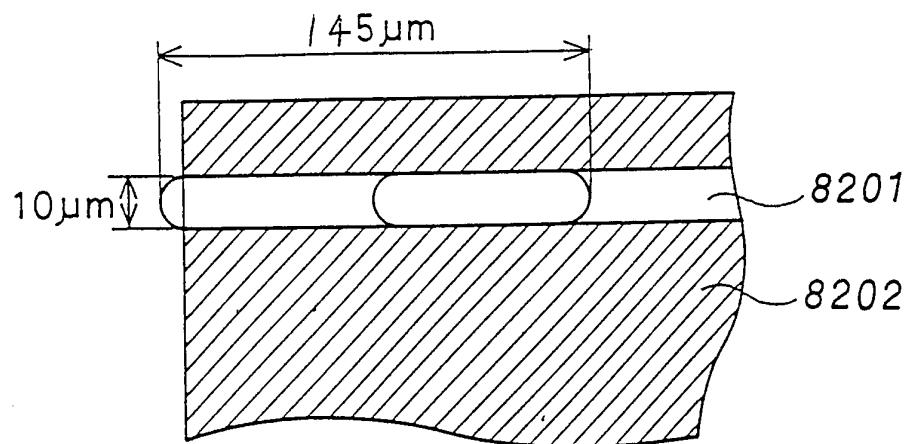


18/24

第29図

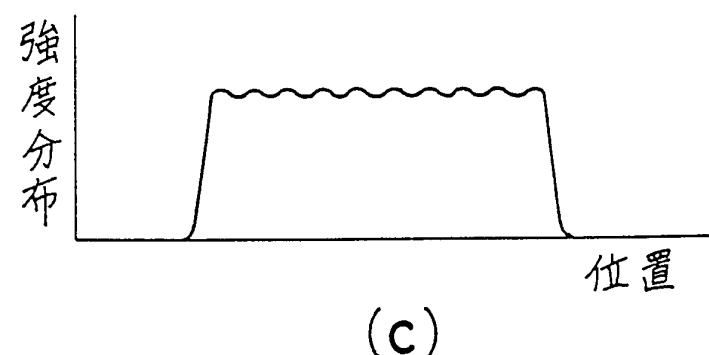
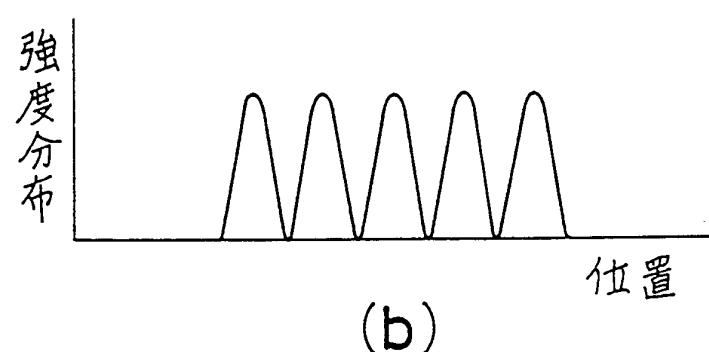
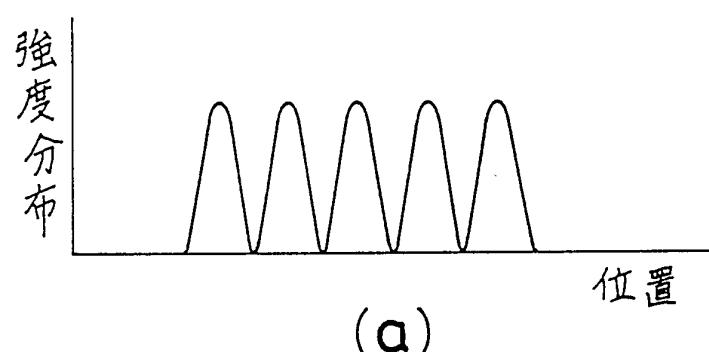


第30図



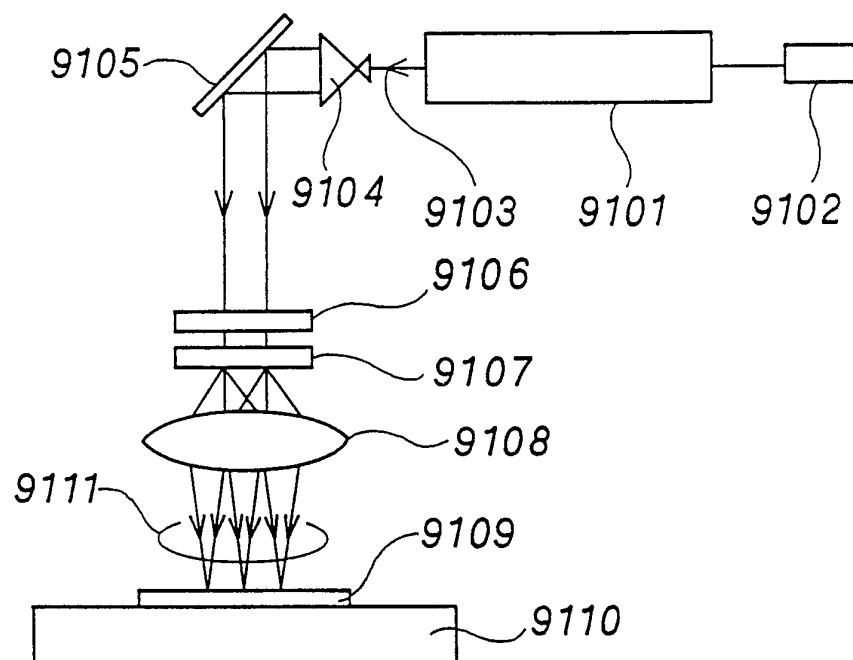
19/24

第31図

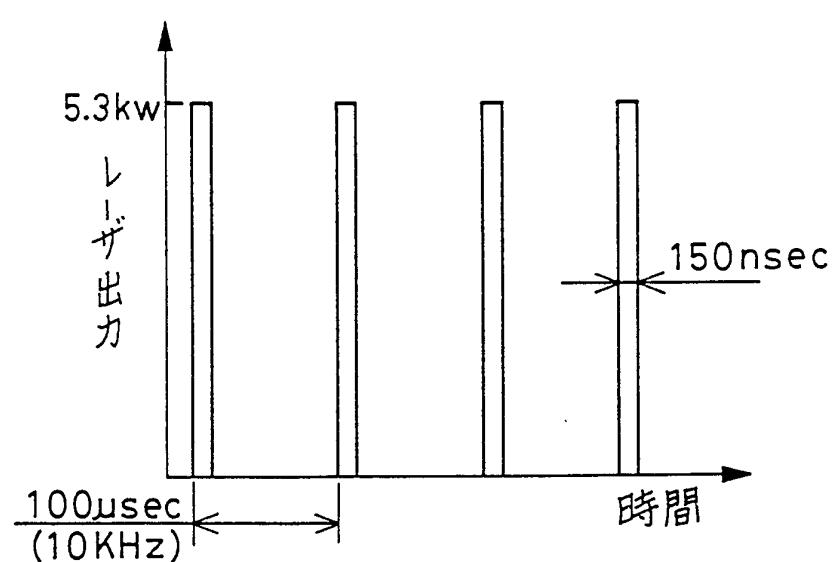


20/24

第32図

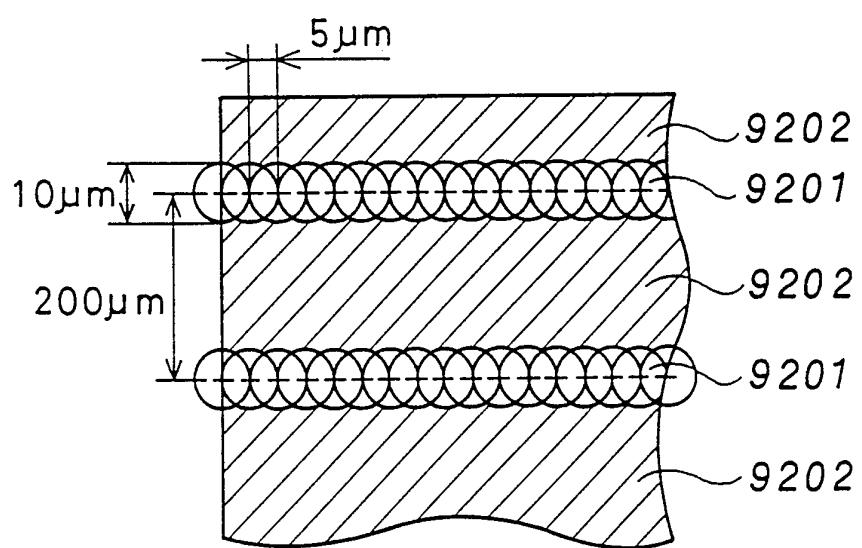


第33図



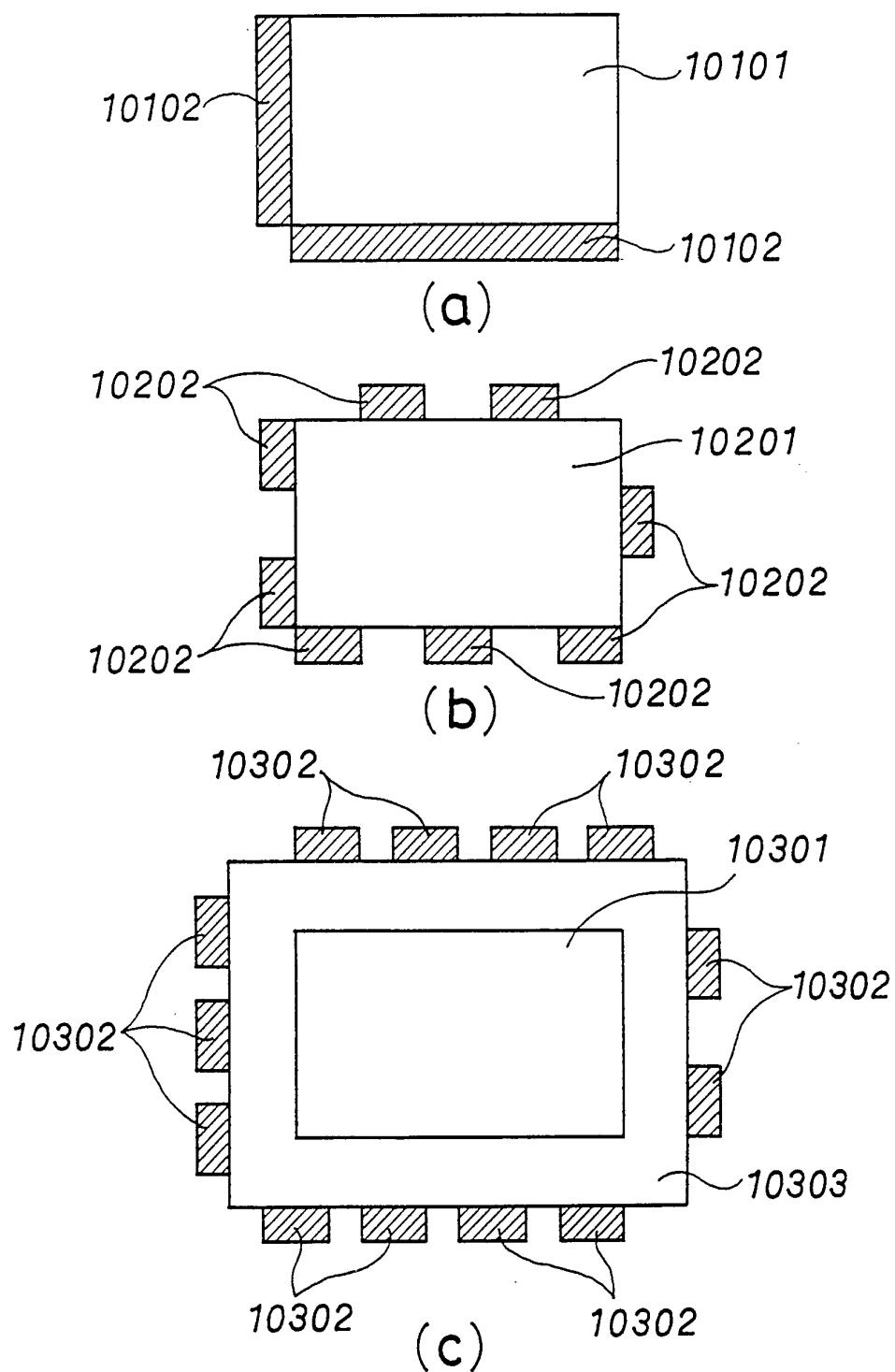
21/24

第34図



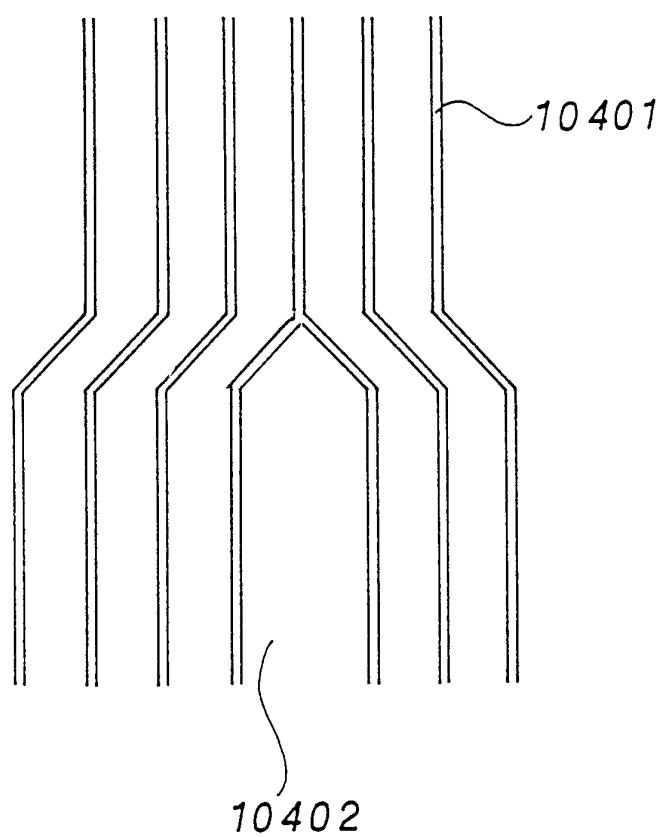
22/24

第35図



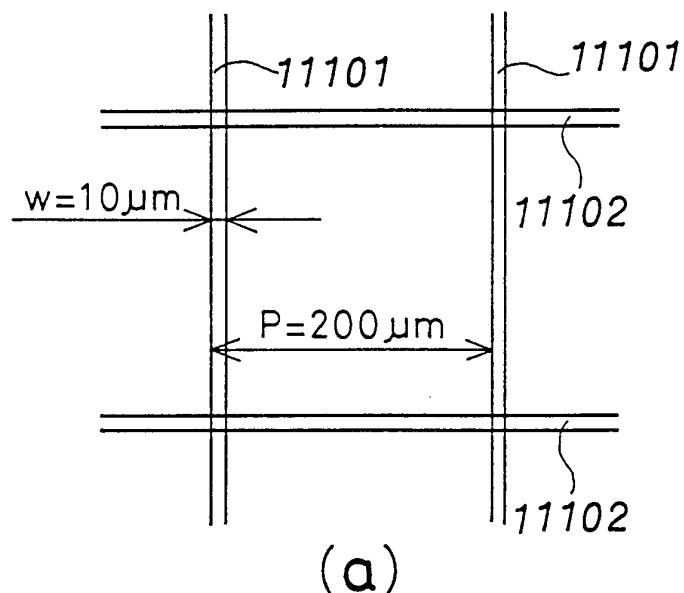
23/24

第36図

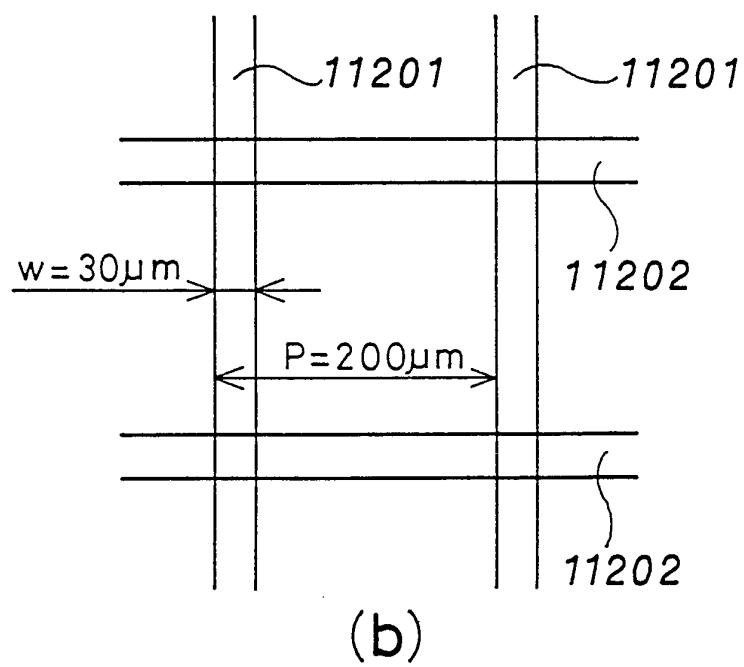


24/24

第37図



(a)



(b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP94/00912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. C15 B23K26/00, 26/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. C15 B23K26/00, 26/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1994
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1994

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, A, 1-254392 (Nippon Steel Corp.), October 11, 1989 (11. 10. 89), Claim, drawings & EP, A, 308512	1, 2, 6, 12-15 24, 25
Y X	JP, A, 61-249693 (Siemens AG.), November 6, 1986 (06. 11. 86), Claim, drawings & EP, A, 200089	3-5, 16-18 14, 16-18, 43-45 47, 49, 50
Y X	JP, A, 4-89192 (Shiguma Koki K.K.), March 23, 1992 (23. 03. 92), Claim, drawings, (Family: none)	15, 46 14, 16, 17, 20 24, 25
Y Y	JP, A, 4-266492 (Sanyo Electric Co., Ltd.), September 22, 1992 (22. 09. 92), Claim, drawings, (Family: none)	15, 18 9, 21

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "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 when the document is taken alone

"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

Date of the actual completion of the international search
August 18, 1994 (18. 08. 94)

Date of mailing of the international search report
September 6, 1994 (06. 09. 94)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office
Facsimile No.

Authorized officer
Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C21B 23K26/00, 26/06

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C21B 23K26/00, 26/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1994年
 日本国公開実用新案公報 1971-1994年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

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	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, A, 1-254392 (新日本製鐵株式会社), 11. 10月. 1989 (11. 10. 89), 特許請求の範囲, 図面 & EP, A, 308512	1, 2, 6, 12-15 24, 25
Y	JP, A, 61-249693 (シーメンス、アクチングゼルシャフト) 6. 11月. 1986 (06. 11. 86), 特許請求の範囲, 図面 & EP, A, 200089	3-5, 16-18 14, 16-18, 43-45 47, 49, 50

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 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日の
 の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日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文献

国際調査を完了した日 18. 08. 94	国際調査報告の発送日 06.09.94
名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官(権限のある職員) 鈴木 由紀夫 電話番号 03-3581-1101 内線 3425 印

C(続き) 関連すると認められる文献

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	関連する 請求の範囲の番号
Y X	JP, A, 4-89192(シグマ光機株式会社), 23. 3月. 1992(23. 03. 92), 特許請求の範囲, 図面 (ファミリーなし)	<u>15, 46</u> 14, 16. 17, 20 24, 25
Y Y	JP, A, 4-266492(三洋電機株式会社), 22. 9月. 1992(22. 09. 92), 特許請求の範囲, 図面 (ファミリーなし)	<u>15, 18</u> 9, 21