

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年5月6日(06.05.2010)

PCT

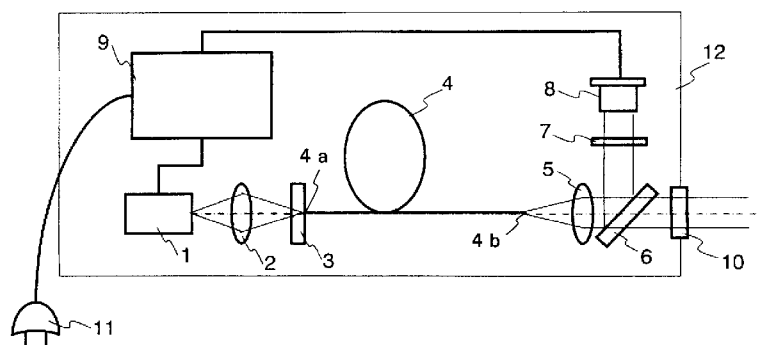
(10) 国際公開番号
WO 2010/050341 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/067398
- (22) 国際出願日: 2009年10月6日(06.10.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-276285 2008年10月28日(28.10.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): セントラル硝子株式会社(CENTRAL GLASS COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒7550001 山口県宇部市大字沖宇部5253番地 Yamaguchi (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岡本 英之(OKAMOTO, Hideyuki). 久保田 能徳(KUBOTA, Yoshinori). 春日 健(KASUGA, Ken). 原 育成(HARA, Ikunari).
- (74) 代理人: 橋本 剛, 外(HASHIMOTO, Takeshi et al.); 〒1040044 東京都中央区明石町1番29号 掖済会ビル SHIGA 内外国特許事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ULTRAVIOLET LIGHT SOURCE DEVICE

(54) 発明の名称: 紫外光源装置

[図1]



(57) Abstract: Provided is an ultraviolet light source device comprising an excitation light source, an optical waveguide having a core portion for generating light by absorbing the excitation light from the excitation light source, an optical coupling portion for coupling the excitation light from the excitation light source optically with the core portion of the optical waveguide, and a light radiation section for radiating light generated from the optical waveguide to the outside, and is characterized in that the excitation light from the excitation light source has any wavelength selected from a wavelength range of 340-500 nm, the core portion of the optical waveguide contains of at least one kind of rare earth element selected from Nd, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, or Tm, and the light generated from the optical waveguide has a wavelength of 405 nm or less and shorter than the wavelength of the excitation light.

(57) 要約: 本発明によれば、励起光源と、励起光源からの励起光を吸収して光を発生するコア部を有する光導波路と、励起光源からの励起光を光導波路のコア部に光学的に結合する光学的結合部と、光導波路から発生した光を外部に放射する光放射部を備え、励起光源からの励起光は340nm～500nmの波長範囲から選ばれるいずれかの波長を有し、光導波路のコア部はNd、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tmから選ばれる少なくとも一種の希土類元素を含有し、光導波路から発生した光の波長は405nm以下かつ励起光波長よりも短波長であることを特徴とする、紫外光源装置が提供される。

WO 2010/050341 A1

明 細 書

発明の名称： 紫外光源装置

技術分野

[0001] 本発明は、簡易な構成で紫外光を発生する紫外光源装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、紫外光源としては高圧水銀ランプやハロゲン系ランプなどのランプ光源、エキシマレーザに代表されるガスレーザ、固体レーザの波長変換によるレーザ装置などが知られている。特に近年ではファイバレーザを用いた波長変換による紫外光発生が盛んに研究されている。また、フッ化物結晶にNdを添加して77Kまで冷却し、赤外または590nmの黄色レーザで励起して紫外レーザ光を得た例がある（非特許文献1）。Ndを添加したフッ化物ファイバを590nmの黄色レーザで励起し、室温で紫外レーザ光を得た例（非特許文献2）および紫色レーザ光を得た例（非特許文献3）もある。しかしながら、Nd添加フッ化物結晶からの紫外発光または紫外レーザ発振は、低温冷却が必要であり、実用的でない。Nd添加フッ化物ファイバおよびNd添加フッ化物結晶の励起には、波長590nmの黄色レーザが使用されるが、このレーザは特殊なレーザであって簡易な構成では実現できない。具体的には、波長590nmの励起光源として、Arイオンレーザ励起の色素リングレーザを用いており、大型で調整も煩雑である。

[0003] 紫外光を発生するランプ光源の特徴は、高電圧の電源によって発生する高エネルギーの放電内で、特定の分子や原子が乖離と再結合あるいは励起と脱励起を繰り返すことで、物質固有の多数の輝線を同時に得ることができる点である。このため、比較的広い波長範囲にわたって輝線を発生させることができる。一方、放電には一定の物理的な体積が必要であるため、広い範囲を照射するには適しているが、微小範囲の照射には不向きである。また、発光効率が低く発熱が非常に多いことから、空冷の場合は冷却ファンの音や振動や熱風、水冷の場合は装置が大型化するなどの問題がある。

[0004] エキシマレーザは、高出力紫外光を得ることができる上に、大面積のレーザ光を得られるという特徴があり、半導体製造分野で広く用いられている。しかし、エキシマレーザは発振媒質にハロゲン系のガスを使用しており、危険であるだけでなく、装置が大型であり整備も煩雑である。また、レーザ発振はパルス発振に限られるため、分光用途や検査用途では使用できない。これ以外のガスレーザとしてA r イオンレーザが知られているが、レーザ発振効率は極めて低い。このため冷却装置など付帯設備が必要である。

[0005] 固体レーザの波長変換は近年著しく進歩している。従来は固体レーザの波長変換に、 LiNbO_3 (LN) や $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ ($\beta\text{-BBO}$) などの強誘電性光学結晶がバルク形状で使用されているが、変換効率が極めて低い。最近では高効率波長変換材料としてこれらの強誘電性光学結晶の導波路を周期分極反転したデバイスが使用されつつあり、従来のバルク型を遙かに上回る高効率が達成されている。しかし、周期分極反転素子として加工しなければならない分極周期は出力波長と関係があり、500 nm以下の短波長では加工周期が短くなり作製が非常に困難である。また、最適な波長変換効率を維持するためには温度制御が必須であり、装置が複雑化する。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1: R. M. Macfarlane, F. Tong, A. J. Silversmith, and W. Lentz, "Violet cw neodymium upconversion laser", Applied Physics Letter, vol. 52, pp. 1300-1302.

非特許文献2: D. S. Funk, J. W. Carlson, and J. G. Eden, "Ultraviolet (381 nm), room temperature laser in neodymium-doped fluorozirconate fibre", Electronics Letters, vol. 30, pp. 1859-1860

非特許文献3: D. S. Funk, J. W. Carlson, and J. G. Eden, "Room-temperature fluorozirconate glass fiber laser in the violet (412 nm)", Optics Letters, vol. 20 pp. 1474-1476.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記の通り、小型高効率で構成が単純な紫外光源装置は実現していない。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明は、このような従来の技術課題を解決し、小型高効率で構成が単純な紫外光源装置の提供を目的とするものである。

[0009] すなわち、本発明によれば、励起光源と、励起光源からの励起光を吸収して光を発生するコア部を有する光導波路と、励起光源からの励起光を光導波路のコア部に光学的に結合する光学的結合部と、光導波路から発生する光を外部に放射する光放射部を備え、励起光源からの励起光は340nm～500nmの波長範囲から選ばれるいずれかの波長を有し、光導波路のコア部はNd、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tmから選ばれる少なくとも一種類の希土類元素を含有し、光導波路から発生する光の波長は405nm以下かつ励起光波長よりも短波長であることを特徴とする、紫外光源装置が提供される。

[0010] 光導波路の少なくともコア部はフッ化物ガラス、フッ素酸化物ガラス、フッリン酸塩ガラスのいずれかからなることが好ましい。

[0011] 添加光導波路で発生する自然放出光のうち、波長405nm以下の光を反射するミラーが、光導波路の光放射部と反対側の端面に配置され、光放射部から放射される光を自然放出光または増幅された自然放出光としてもよい。また、光導波路で発生する自然放出光のうち、波長が405nm以下の光を反射するミラーが、光導波路の両端面に配置され、光放射部より放射される

光をレーザ光としてもよい。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]本発明の第1実施形態に係る紫外光源装置の概略図である。
- [図2]本発明の第2実施形態に係る紫外光源装置の概略図である。
- [図3]本発明の実施例1に係る紫外光源装置の概略構成図である。
- [図4]本発明の実施例1に係る紫外光源装置の発光スペクトル例を示す図である。
- [図5]本発明の実施例1に係る紫外光源装置の発光スペクトル例を示す図である。
- [図6]本発明の実施例2に係る紫外光源装置の概略構成図である。
- [図7]本発明の実施例2に係る紫外光源装置のレーザ発振スペクトルを示す図である。

発明を実施するための形態

- [0013] 以下、本発明について詳細に説明する。
- [0014] 図1は、本発明の第1実施形態に係る紫外光源装置12の概略図を示す。第1実施形態の紫外光源装置12は、励起光源1、集光レンズ2、ダイクロイックミラー3、希土類添加光導波路4、コリメートレンズ5、パワーモニタ用ミラー6、励起光カットフィルタ7、フォトダイオード8、制御回路9、出射ウィンドウ10、および電源プラグ11を備えている。
- [0015] 励起光源1からは波長340nmから500nmの範囲から選ばれるいずれかの波長の励起光が放出される。励起光源1と希土類添加光導波路4の間には集光レンズ2、ダイクロイックミラー3が設置され、励起光源1からの励起光は、集光レンズ2によって集光され、さらにダイクロイックミラー3を通して希土類添加光導波路4の入射端4aに集光されて、希土類添加光導波路4の入射端4a端面のコア部に光学的に結合される。コア部は、結合された励起光を吸収し、波長405nm以下かつ励起光波長よりも短波長で発光する。発光した光のうち、希土類添加光導波路4中を入射端4a側に伝搬するものは、ダイクロイックミラー3で全反射して折り返される。希土類添

加光導波路 4 の光入射端 4 a と反対側の出射端 4 b に伝搬する光は、そのまま出射端 4 b から放射される。希土類添加光導波路 4 から放射された光は、コリメートレンズ 5 でコリメートされ、その先のパワーモニタ用ミラー 6 で反射光と透過光に分岐される。パワーモニタ用ミラー 6 を透過する光は、さらに出射ウィンドウ 10 を透過し、紫外光発生装置 12 から外部へ出射される。一方、パワーモニタ用ミラー 6 で反射された光は、励起光カットフィルタ 7 で励起光を除去した後、フォトダイオード 8 に入射され、光パワーに対応した電気信号に変換される。この電気信号は制御回路 9 に入力され、制御回路 9 は、紫外光発生装置 12 の出力が一定となるように演算することにより励起光源 1 の出力を制御する。制御回路 9 の駆動に必要な電気は電源プラグ 11 から得る。尚、第 1 実施形態では、集光レンズ 2 が光学的結合部（手段）を構成し、コリメートレンズ 5、ミラー 6 及び出射ウィンドウ 10 が光放射部（手段）を構成している。

[0016] 希土類添加光導波路 4 より外部へ放出された光を再度、希土類添加光導波路 4 の中へ結合するミラーは、入射端 4 に設けられたダイクロイックミラー 3 だけであるため、レーザ共振器は構成されていない。すなわち、紫外光源装置 12 の出射光は自然放出光（S E）または増幅された自然放出光（A S E）である。また、後述する実施例 2 のように、希土類添加光導波路 4 の両端 4 a、4 b に波長 405 nm 以下の光を反射するミラーを配置してレーザ共振器を構成することにより、紫外光源装置 12 の出射光をレーザ光とすることができる。図 6 のように 1 つのミラーを光導波路の両端に設けてもよいが、2 つのミラーを光導波路の両端に別途設けてもよい。

[0017] 図 2 は、本発明の第 2 実施形態に係る紫外光源装置 26 の概略図を示す。第 2 実施形態の紫外光源装置 26 は、励起光源 20、透明サポート板 21、希土類添加光導波路 22、折り返し全反射ミラー 23、コリメートレンズ 24、励起光カットフィルタ 25、制御基板、励起光源の電源、および筐体を備えている。但し、図 2 では制御基板、励起光源の電源、筐体などを省略して表示を簡略化している。

[0018] 励起光源 20 には、波長 340 nm から 500 nm の範囲から選ばれるいずれかの波長の光を放出する平面発光体のような面状の広がりがある光源または点光源を多数アレイ状に配列した光源を用いる。一方、希土類添加光導波路 22 は、側面のクラッド部が励起光源 20 に対向した状態で、励起光波長で透明な透明サポート板 21 に固定されている。励起光源 20 からの励起光は、希土類添加光導波路 22 のクラッド部に照射される。希土類添加光導波路 22 のコア部にクラッド部を透過した励起光が結合されると、コア部は励起光を吸収して波長 405 nm 以下かつ励起光波長よりも短波長で発光する。発生した光は光導波路 22 のコア中を伝搬する。希土類添加光導波路 22 の片側の端面に波長 405 nm 以下の光を反射する反射ミラー 23 が設置され、反対側の端面に隣接してコリメートレンズ 24 が設置されている。希土類添加光導波路 22 のコア部で発生した光のうち、反射ミラー 23 側の端面に到達したものは、反射ミラー 23 で反射されて折り返される。この結果、希土類添加光導波路 22 のコア部で発生した光は全て、コリメートレンズ 24 側の端面から出射され、コリメートレンズ 24 でコリメートされ、さらに励起光カットフィルタ 25 で励起光を除去した後、紫外光源装置 26 の出射光として出射される。尚、第 2 実施形態では、透明サポート板 21 や希土類添加光導波路 22 のクラッド部が光学的結合部（手段）を構成し、コリメートレンズ 24 及びカットフィルタ 25 が光放射部（手段）を構成している。

[0019] 希土類添加光導波路 22 より外部へ放出された光を再度、希土類添加光導波路 22 の中へ結合するミラーは反射ミラー 23 だけであるため、レーザ共振器は構成されていない。すなわち、紫外光源装置 26 の出射光は自然放出光（SE）または増幅された自然放出光（ASE）である。また、後述する実施例 2 のように、希土類添加光導波路 22 の両端に波長 405 nm 以下の光を反射するミラーを配置してレーザ共振器を構成することにより、紫外光源装置 26 の出射光をレーザ光とすることができる。図 6 のように 1 つのミラーを光導波路の両端に設けてもよいが、2 つのミラーを光導波路の両端に

別途設けてもよい。

- [0020] 第1及び第2実施形態において、励起光源1、20は、波長340nmから500nmの範囲の波長で、励起に十分な光パワーを発生すれば特に限定されない。このような光源としては、Ga₂N系半導体レーザ、Ga₂N系LED、無機エレクトロルミネッセンス（無機EL）、有機エレクトロルミネッセンス（有機EL）、半導体レーザの出力を波長変換して得た二倍波、電子線励起蛍光体からの蛍光などが挙げられる。
- [0021] 中でもGa₂N系半導体レーザは高出力であり、しかも集光スポット径が小さいので、コア径が小さい希土類添加光導波路4、22であっても光学的な結合効率が高く、輝度の高い紫外光源を実現できる。
- [0022] 一方、LDアレイ、LEDアレイ、有機EL、無機ELなど二次元または三次元的に配置可能な光源は、希土類添加光導波路4、22への光学的な結合効率は低くなるものの、空間的に拡張が容易であり構造も簡単である。このため単位面積あたりの光密度は低いが、全光パワーとしては大きなパワーを放射可能であり、低い光学的な結合効率を補うことができる。このため、大きさの制約が厳しくない場合には、簡素な構造で紫外光を得られるので好ましい。
- [0023] 希土類添加光導波路4、22は、平面光導波路でもよいしファイバでもよい。希土類添加光導波路4、22のコア部には、Nd、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tmから選ばれる少なくとも一種の希土類元素が添加される。希土類元素の添加濃度は、励起光源1、20からの励起光の波長、励起光の出力、光導波路4、22の損失、光学構成、導波路4、22のコア直径、開口数など様々な要因で変化するため、一概には規定できないが、100ppmから50000ppmの範囲であることが好ましい。100ppm未満では励起光の吸収係数が低くなり単位長さあたりの発光量が低下し、光導波路4、22の損失を上回ることが困難となることから好ましくない。一方、50000ppmを超えるとガラス中への均一溶解が困難だけでなく、希土類元素同士のエネルギー移譲による脱励起（濃度消光と呼ばれる）が生じ

、発光効率が低下する。一般的には、GaN系半導体レーザ励起の場合1000ppmから10000ppmの範囲が、LEDアレイなど面状の励起光源を用いる場合は200ppmから5000ppmの範囲が適当である。

[0024] 希土類添加光導波路4、22の少なくともコア部は、波長405nm以下の紫外波長域でも透明である必要があり、かつ短波長発光効率が高い低フォノン材料である必要がある。このようなガラスとしては、フッ化物ガラス、フッ素酸化物ガラス、フツリン酸塩ガラスが適している。中でもフッ化物ガラスは、作製の容易さと光学性能の点から、最も好ましい。フッ化物ガラス組成としては、Al系ガラス、Al-Zr系ガラス、Zr系ガラスが安定であり、好ましい。

[0025] 希土類添加光導波路4、22中で発生した波長405nm以下の光は、希土類添加光導波路4、22内に閉じこめる割合を適切に制御することで、自然放出光（SE）または増幅された自然放出光（ASE）またはレーザ光として紫外光源装置12、26取り出すことができる。

[0026] 自然放出光または増幅自然放出光の場合、広帯域光が得られるため、干渉計測では可干渉長が短く、分解能が向上する。また、形状計測では裏面反射の影響を受けにくく、レンズ形状などの高精度計測が可能である。また、生物用途では特定波長にエネルギーが集中しないため、同じ光パワーを照射しても生体サンプルが受けるダメージがレーザよりも少なく、照明用途や蛍光色素／蛍光タンパクの励起に好適である。

[0027] レーザ光の場合、狭帯域で干渉長が長いコヒーレント光が得られるだけでなく、自然放出光やASEよりも高出力な紫外光が得られる。このため、高出力が必要な加工用途として、表面微細加工、樹脂やガラスの微細加工、生体サンプルの部分的な破壊や細胞質の部分的な破壊、遺伝子の加工、リソグラフィやエッチングなどの半導体プロセスへの適用などが可能である。また、可干渉長が長いので精密距離計測に適している。さらに、波長変換素子を組み合わせることで、波長200nm以下の光を得ることも可能である。この場合、200nm以下の紫外域でも透明性の高い非線形光学結晶を使用

する必要があり、 $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ (CLBO) や、 BaMgF_4 、 BaZnF_4 、 SrAlF_5 、 $\text{Na}_2\text{MgAlF}_7$ 、 $\text{Na}_2\text{ZnAlF}_7$ などの強誘電性フッ化物結晶が適している。

[0028] 発光波長と励起波長の関係は、励起条件、希土類濃度、ガラス組成、レーザ共振器条件などで変化するため一概に規定できない。例えばZr系フッ化物ガラスファイバにNdを添加し、波長430nmのGaN系半導体レーザで励起した場合、波長380nm帯で発光し、レーザ発振させることもできる。また、例えばZr系フッ化物ガラスファイバにTbを添加し、波長488nmのGaN系半導体レーザで励起した場合、波長380nm帯で発光し、レーザ発振させることもできる。また、例えばZr系フッ化物ガラスファイバにDyを添加し、波長400nmのGaN系半導体レーザで励起した場合、波長365nm帯で発光し、レーザ発振させることもできる。また、例えばZr系フッ化物ガラスファイバにHoを添加し、波長476nmのGaN系半導体レーザで励起した場合、波長385nm帯で発光し、レーザ発振させることもできる。また、例えばAl系フッ化物ガラスファイバにErを添加し、波長405nmのGaN系半導体レーザで励起した場合、波長318nm帯および400nm帯で発光し、これらの波長でレーザ発振させることもできる。また、例えばAl系フッ化物ガラスファイバにErを添加し、波長440nmのGaN系半導体レーザで励起した場合、318nm帯と400nm帯で発光し、レーザ発振させることもできる。また、例えばAl系フッ化物ガラスファイバにTmを添加し、波長358nmのGaN系半導体レーザで励起した場合、波長283nm帯と344nm帯で発光し、これらの波長でレーザ発振させることもできる。また、例えばAl系フッ化物ガラスファイバにErとGdを共に添加し、波長407nmまたは440nmのGaN系半導体レーザで励起した場合、310nm帯で発光し、レーザ発振させることもできる。

実施例

[0029] 以下、実施例により本発明を詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例

に限定されるものではない。

[0030] 各種希土類添加光導波路として用いて、下記の手順により各希土類種による紫外発光波長を調べた。

[0031] [実施例 1]

図 3 に示すように、励起光源 30、集光レンズ 31、35、ダイクロイックミラー 32、希土類添加光導波路 33、励起光カットフィルタ 36、光スペクトラムアナライザ 38 により紫外発光装置を構成した。励起光源 30 として、チタンサファイアレーザを波長変換し、波長 340 nm から 500 nm まで調整可能で、繰り返し 100 MHz のパルス光を出力できるオプティカルパラメトリック発振器を用いた。励起光源 30 からの励起光は、集光レンズ 31 で希土類添加光導波路 33 の入射端 34 a に集光され、希土類添加光導波路 33 の入射端 34 a 端面のコア部に光学的に結合された。尚、希土類添加光導波路 33 の入射端 34 a 端面は平面に光学研磨されていた。希土類添加光導波路 33 の光入射端 34 a 端面には、励起光波長帯域を透過し紫外光波長帯域を反射するダイクロイックミラー 32 を突き当てて配置した。該ダイクロイックミラー 32 は、励起光と出力光の波長に合わせて、希土類添加光導波路 33 の添加されている希土類の種類毎に交換した。励起光によって希土類添加光導波路 33 のコア内で発生した光のうち、光入射端 34 a 側へ伝搬する光は該ダイクロイックミラー 32 で折り返されて、出射端 34 b から放射された。また、希土類添加光導波路 33 のコア内で発生した光のうち、出射端 34 b 側へ伝搬する光は、そのまま出射端 34 b から放射された。この出射端 34 b は 8° 斜めクリーブされており、反射減衰量は 60 dB 以上であった。放射された光は、集光レンズ 35 で集光され、その先の励起光カットフィルタ 36 で励起光を除去した後、光スペクトラムアナライザ 38 の測定用ファイバ端 37 に結合され、光スペクトラムアナライザ 38 に導かれた。そして、光スペクトラムアナライザ 38 により希土類添加光導波路 33 の発光スペクトル測定を行った。

[0032] ここで、希土類添加光導波路 33 には、希土類種 RE (Nd、Gd と Er

、Tb、Dy、Ho、Er、Tm)が0.3mol% (約3000ppm) 添加された希土類添加フッ化物光ファイバを用いた。具体的には、Al系フッ化物ファイバを用い、そのガラス組成は、コア部が $32.8\text{AlF}_3-15\text{YF}_3-4.7\text{LaF}_3-9.4\text{MgF}_2-7.4\text{CaF}_2-5.4\text{SrF}_2-20\text{BaF}_2-5\text{BaCl}_2-0.3\text{REF}_3$ で表され、クラッド部が $32.8\text{AlF}_3-15\text{YF}_3-5\text{LaF}_3-9.4\text{MgF}_2-8.4\text{CaF}_2-7.4\text{SrF}_2-17\text{BaF}_2-5\text{BaCl}_2$ であった。組成の数字は全てモル%である。また、コア組成中の REF_3 は、添加する希土類種の三フッ化物を表している。コアの直径は $3\mu\text{m}$ 、ファイバの直径は $125\mu\text{m}$ 、ファイバの開口数は0.1、ファイバ長は25cmであった。

[0033] 添加希土類種がErにおいて、波長407nmで励起した場合の発光スペクトルを図4に、波長440nmで励起した場合の発光スペクトルを図5に示す。いずれの場合も、発光中心波長が400nmおよび318nmの放射光を確認できた。同様にその他の希土類種が添加されている場合の発光スペクトル測定から求めた発光中心波長を励起波長とともに表1に示す。表1から分かるように、測定した全ての希土類において、励起光波長より短波長の紫外光の発光が認められた。

[0034] [表1]

希土類種	濃度 (ppm)	励起波長 (nm)	発光中心波長 (nm)
Nd	3000	430	380
Gd+Er	各1500	407, 447	312
Tb	3000	488	381
Dy	3000	400	365
Ho	3000	476	385
Er	3000	407, 447	318, 400
Tm	3000	358	283, 344

[0035] [実施例 2]

図 6 に示すように、励起光源 40、集光レンズ 41、46、ダイクロイックミラー 42、希土類添加光導波路 44、光スペクトラムアナライザ 48 により紫外レーザ発振装置（紫外発光装置）を構成した。励起光源 40 として、波長 447 nm のレーザ光を出力できる GaN 系半導体レーザを用いた。一方、希土類添加光導波路 44 には、実施例 1 で使用した Er が 3000 ppm 添加されているフッ化物ファイバと同じものを用いた。また、ダイクロイックミラー 42 の設計反射波長は 400 nm であり、420 nm 以上の波長は透過する特性を有していた。励起光源 40 からの励起光は、集光レンズ 41 で集光された後、ダイクロイックミラー 42 を透過して、希土類添加光導波路 44 の入射端 43 端面のコアに結合された。励起光によって希土類添加光導波路 44 のコア内で発生した光のうち、入射端 43 側に伝搬する光は、ダイクロイックミラー 42 で折り返された。励起光によって希土類添加光導波路 44 のコア内で発生した光のうち、出射端 45 側に伝搬する光は、出射端 45 から放射されて集光レンズ 46 で集光され、ダイクロイックミラー 42 で反射光と透過光に分岐された。ダイクロイックミラー 42 からの反射光は、再び希土類添加光導波路 44 の入射端 43 端面のコアに光学的に結合された。また、ダイクロイックミラー 42 からの透過光は、光スペクトラムアナライザ 48 の測定用ファイバの入射端 47 に光学的に結合され、光スペクトラムアナライザ 48 に導かれた。そして、光スペクトラムアナライザ 48 によりレーザ発振スペクトル測定を行った。

[0036] 測定されたレーザ発振スペクトルを図 7 に示す。波長 401 nm でレーザ発振が得られていることが確認できた。

[0037] 上述の通り、本発明の紫外光源装置は、希土類添加光導波路から直接紫外光を得ることができるため、構造の簡素化及び小型化が可能である。また、希土類添加光導波路から紫外光が放射されるため、コアを小さくすることによって点光源の紫外光源を簡単な構成で提供することができる。

[0038] 本発明を具体的な実施例に基づいて説明してきたが、本発明は上記実施例

に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形・変更を含むものである。

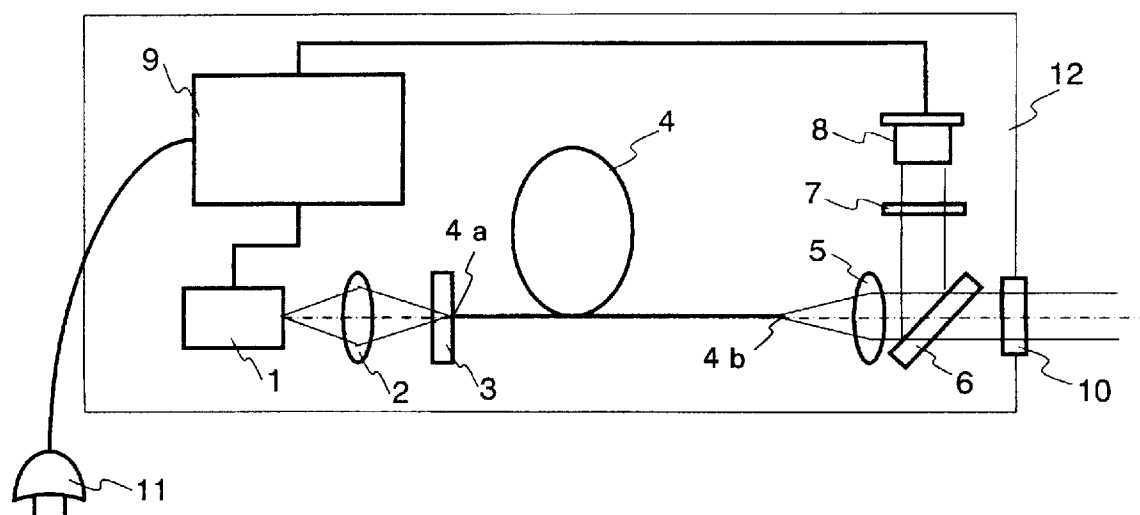
産業上の利用可能性

[0039] 本発明の紫外光源装置は、波長405nm以下の紫外光を、自然放出光、増幅された自然放出光、レーザの状態で放射することができることから、計測、加工、バイオ、ライフサイエンス、医療などの分野で利用できる。例えば、高精度な距離計測や表面形状などの特殊計測、干渉計測、表面改質、金属、セラミックス、ガラス、結晶、ポリマーなどの加工やマーキング、光学部品検査、半導体エッチングプロセス、半導体製造装置や光学系の検査、バイオ用蛍光色素または蛍光タンパク励起、有機化合物の分解や合成、選択的分子切断や選択的分子結合、化学薬品や中間体を含む医薬合成への応用、細胞や染色体加工、DNAなど特定分子の改変、表面洗浄、内視鏡治療、内視鏡診断、角膜治療などに利用できる。

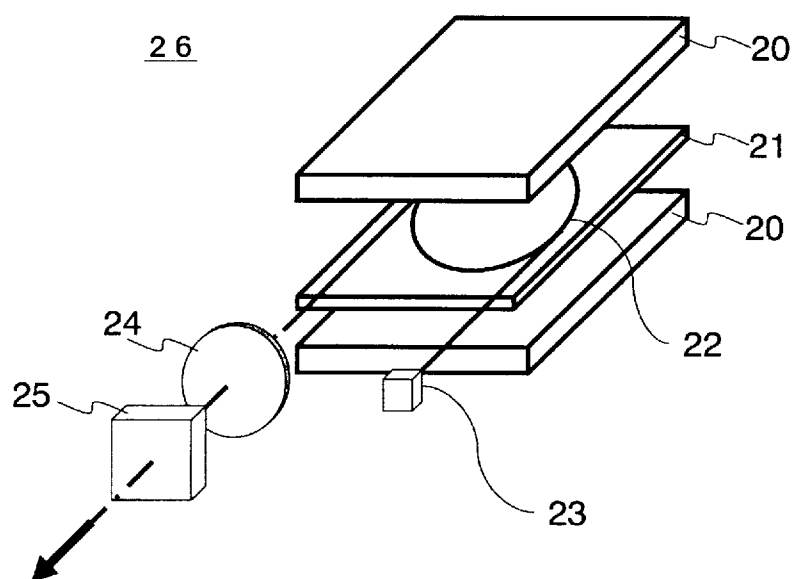
請求の範囲

- [請求項1] 励起光源と、励起光源からの励起光を吸収して光を発生するコア部を有する光導波路と、励起光源からの励起光を光導波路のコア部に光学的に結合する光学的結合部と、光導波路から発生した光を外部に放射する光放射部を備え、励起光源からの励起光は340nm～500nmの波長範囲から選ばれるいずれかの波長を有し、光導波路のコア部はNd、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tmから選ばれる少なくとも一種類の希土類元素を含有し、光導波路から発生した光の波長は405nm以下かつ励起光波長よりも短波長であることを特徴とする、紫外光源装置。
- [請求項2] 光導波路の少なくともコア部は、フッ化物ガラス、フッ素酸化物ガラス、フツリン酸塩ガラスのいずれかからなることを特徴とする、請求項1に記載の紫外光源装置。
- [請求項3] 光導波路で発生する自然放出光のうち、波長405nm以下の光を反射するミラーが、光導波路の放射部と反対側の端面に配置され、放射部から放射される光が自然放出光または増幅された自然放出光であることを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の紫外光源装置。
- [請求項4] 光導波路で発生する自然放出光のうち、波長が405nm以下の光を反射するミラーが、光導波路の両端に配置され、放射部より放射される光がレーザ光であることを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の紫外光源装置。

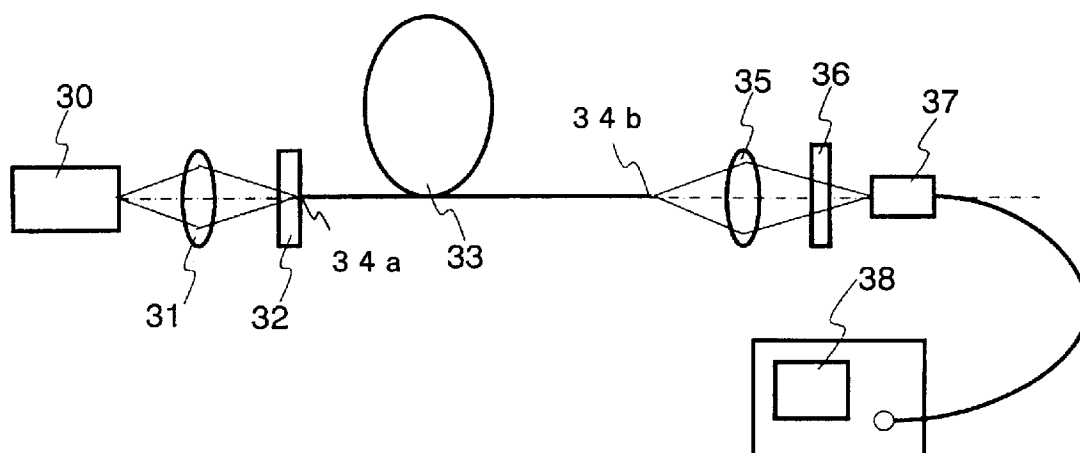
[図1]



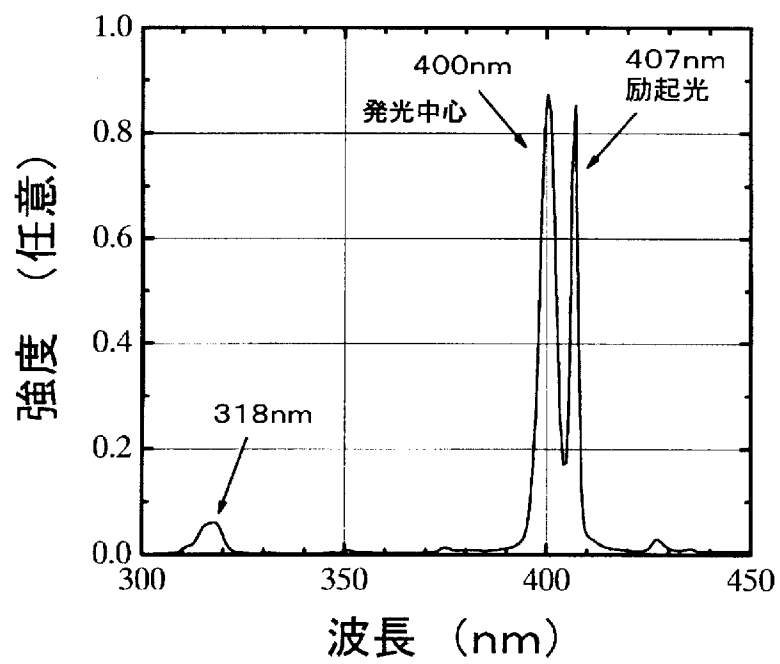
[図2]



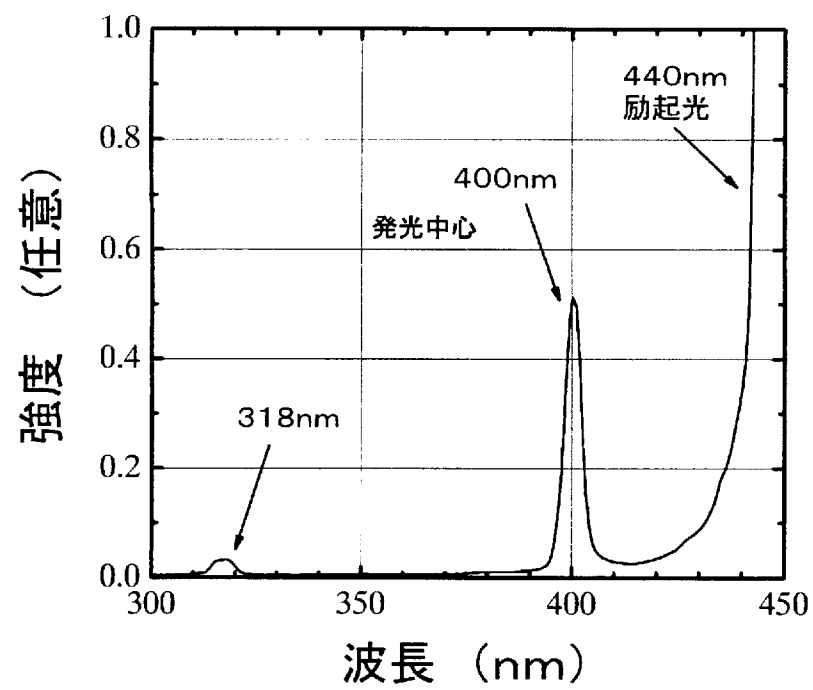
[図3]



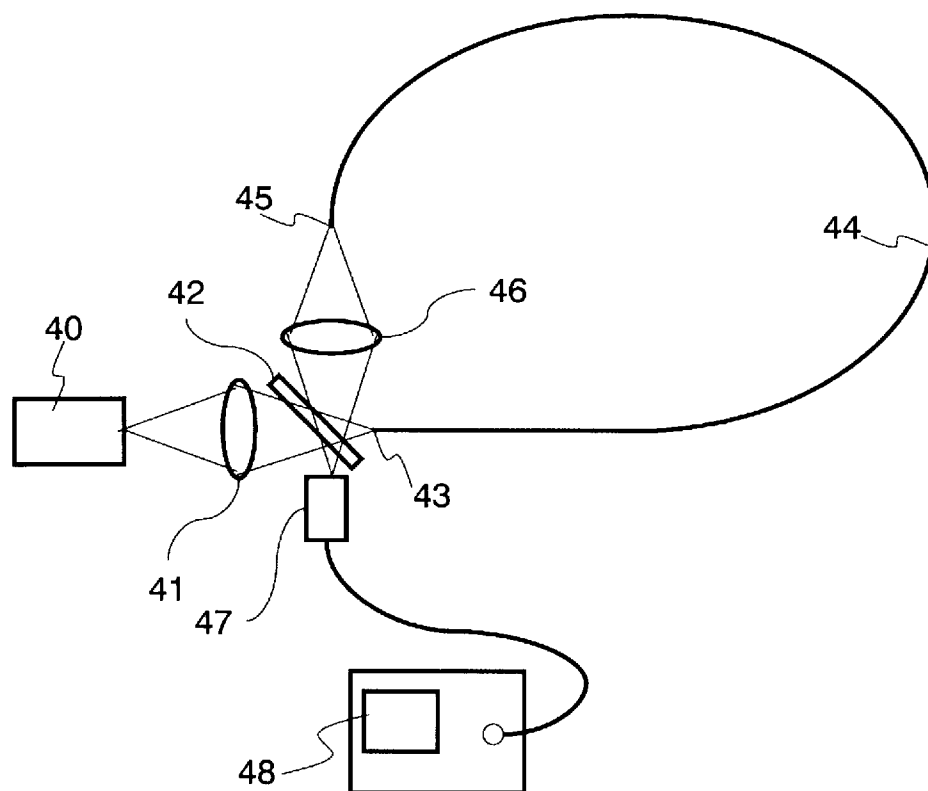
[図4]



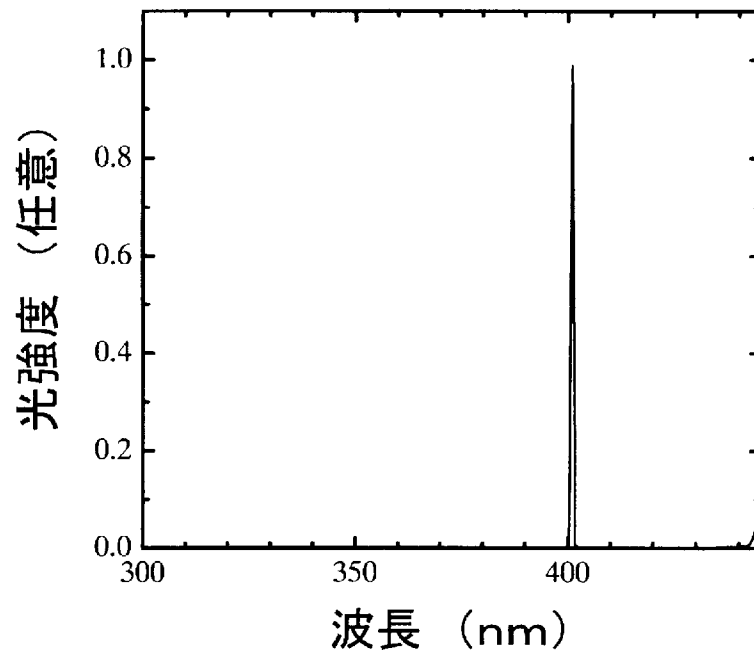
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/067398

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/06 (2006.01) i

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)

H01S3/00-4/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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

JSTPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Jianfu Li et al., Ultraviolet upconversion emission from ZBLAN glass doped with Tm ³⁺ ions, Physica B: Condensed Matter, 2007.04.15, Volume 392, Issues 1-2, Pages 251-254	1-4
A	D.S. Funk et al., Glass-fiber lasers in the ultraviolet and visible, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 1995.09, Volume: 1, Issue: 3, pp.784-791	1-4

☐ 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 application or patent 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
20 October, 2009 (20.10.09)

Date of mailing of the international search report
02 November, 2009 (02.11.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01S3/06(2006.01) i

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 (I P C))

Int.Cl. H01S3/00-4/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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)

JSTPlus (JDreamII)

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 請求項の番号
X	Jianfu Li et al., Ultraviolet upconversion emission from ZBLAN glass doped with Tm ³⁺ ions, Physica B: Condensed Matter, 2007.04.15, Volume 392, Issues 1-2, Pages 251-254	1-4
A	D.S. Funk et al., Glass-fiber lasers in the ultraviolet and visible, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 1995.09, Volume: 1, Issue: 3, pp.784-791	1-4

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」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日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

2 0 . 1 0 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

0 2 . 1 1 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

瀬川 勝久

2 K

3 8 1 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5