

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2006 年 4 月 13 日 (13.04.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/038683 A1

(51) 国際特許分類:
G02F 1/39 (2006.01)

TECHNOLOGY AGENCY) [JP/JP]; 〒332-0012 埼玉県 川口市 本町 4 丁目 1 番 8 号 Saitama (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/018585

(72) 発明者; および

(22) 国際出願日: 2005 年 9 月 30 日 (30.09.2005)

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): ヨルティス ビ

(25) 国際出願の言語: 日本語

ガンダス (JARUTIS, Vygandas) [LT/JP]; 〒001-0027

(26) 国際公開の言語: 日本語

北海道 札幌市 北区北 2 7 条西 7 丁目 2-6 樋口

(30) 優先権データ:
特願2004-290709 2004 年 10 月 1 日 (01.10.2004) JP

(MIZEIKIS, Vygantas) [LT/JP]; 〒001-0023 北海道 札

幌市 北区北 2 3 条西 8 丁目 2-1 ロックビレッジ

2 3 2 0 1 号室 Hokkaido (JP). ヨードカシス サウ

リウス (JUODKAZIS, Saulius) [LT/JP]; 〒063-0825

北海道 札幌市 西区発寒 5 条 4 丁目 2-2 5 サンシ

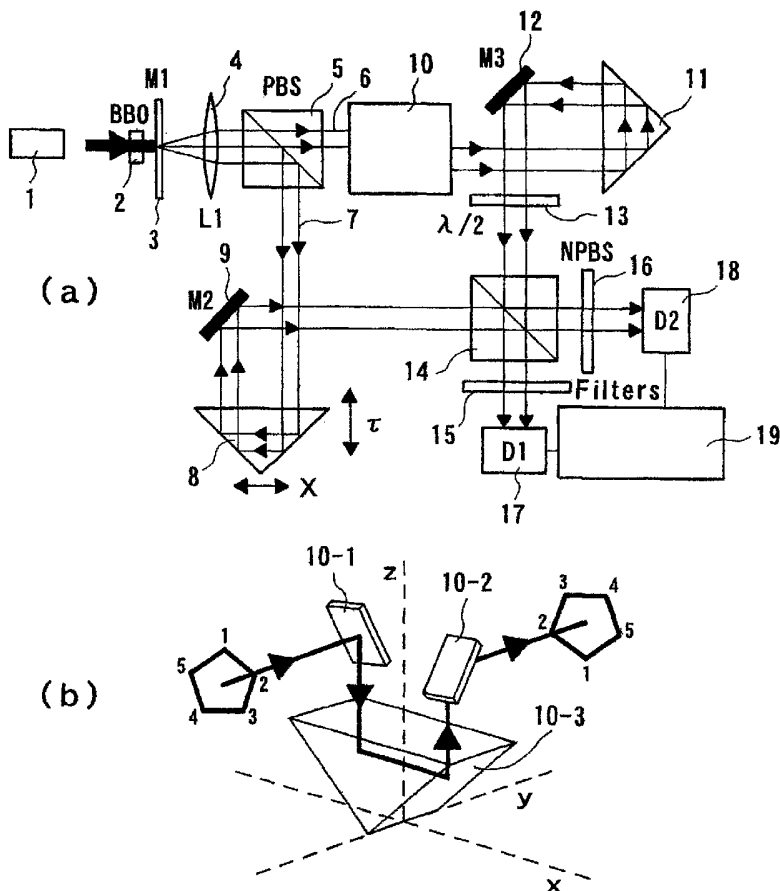
ティ発寒中央 5 0 1 号室 Hokkaido (JP). 三澤 弘明

(MISAWA, Hiroaki) [JP/JP]; 〒060-0001 北海道 札幌

[続葉有]

(54) Title: HIGH-LUMINANCE QUANTUM CORRELATION PHOTON BEAM GENERATOR

(54) 発明の名称: 高輝度量子相関光子ビーム発生装置



(57) Abstract: A high-luminance quantum correlation photon beam generator comprising a laser light source (1) emitting a laser excited light, a parametric crystal (2) for generating a two-photon pair of signal photon and idler photon on receiving an excited light from the laser light source (1) to emit the two photon beams along two non-concentric cones, a beam splitting means (5) for splitting a signal photon beam (6) from an idler photon beam (7), a mode reverser (10) for rotating one of the annular signal photon beam (6) and the idler photon beam (7) 180° around its geometric center, a phase adjusting means (8) for adjusting the phases of the signal photon beam (6) and the idler photon beam (7) based on an optical time delay, and a beam coupling means (14) for overlaying the signal photon beam (6) turned into a common-line polarization annular shape by the mode reverser (10) and the idler photon beam (7) one upon another to bring them into a quantum correlation state, characterized in that a quantum correlation pair photon beam is formed.

(57) 要約: この出願の発明の高輝度量子相関光子ビーム発生装置は、レーザー励起光を出射するレーザー光源(1)と、レーザー光源(1)からの励起光の入射により、シグナル光子とアイ

ドラー光子との2光子対を生成して両光子ビームを2つの非同心円錐に沿って放射する

[続葉有]



市 中央区北 1 条西 1 4 丁目 1 番地 3 パークホームズ知事公館 3 0 4 Hokkaido (JP).

(74) 代理人: 西澤 利夫 (NISHIZAWA, Toshio); 〒107-0062 東京都 港区 南青山 6 丁目 1 1 番 1 号 スリーエフ南青山ビルディング 7 F 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

パラメトリック結晶(2)と、シグナル光子ビーム(6)とアイドラー光子ビーム(7)を分離するビーム分離手段(5)と、リング状のシグナル光子ビーム(6)とアイドラー光子ビーム(7)の一方をその幾何学的中心の周りに180°回転させるモード反転器(10)と、シグナル光子ビーム(6)とアイドラー光子ビーム(7)の位相を光学的時間遅れにより調整する位相調整手段(8)と、モード反転器(10)により共通線の偏光リング状となったシグナル光子ビーム(6)とアイドラー光子ビーム(7)とを重なり合わせて量子相関状態とするビーム結合手段(14)とを有し、量子相関対の光子ビームを形成することを特徴とする。

明 細 書

高輝度量子相関光子ビーム発生装置

技術分野

この出願の発明は、高輝度量子相関光子ビーム発生装置に関するものである。さらに詳しくは、この出願の発明は、パラメトリック結晶から発生する量子相関光子対からなるビームを高効率で発生することが可能な高輝度量子相関光子ビーム発生装置に関するものである。

背景技術

近年、量子力学の原理を用いた量子暗号システム、量子テレポーテーション、量子コンピューター等の量子情報処理や、量子リソグラフィが注目されている（例えば C. Bennet and P. Shor, IEEE Trans. Inf. Theory 44, p. 2724-2742 (1998)、A. Boto, P. Kok, D. Abrams, S. Braunstein, C. Williams, and J. Dowling, Phys. Rev. Lett. 85 (13), p. 2733-6 (2000)）。これらにはいわゆる「量子もつれ」と呼ばれる量子相関光子対が用いられている。この量子もつれという現象は、高いエネルギーの1つの光子（励起光）が2つの低いエネルギーの光子（シグナル光子とアイドラー光子）に分裂し、これら2つの光子を干渉させることにより互いに相関をもつものである。

量子相関光子対の生成方法としては、たとえばパラメトリック蛍光発生・増幅を行うパラメトリック結晶（たとえばBBO（ β -Ba₂B₂O₄）結晶等）を利用して、励起光を入射し、自発パラメトリック下方変換（spontaneous parametric down-conversion; SPDC）プロセスにより、シグナル光子とアイドラー光子の2光子対を同時に生成させ、無偏光ビームスプリッターを用いて量子もつれの状態とする方法が知られている（H. Fearn and R. Loudon, J. Opt. Soc. Am. B 6, p. 917-927 (1989)）。

すなわち、たとえばパラメトリック蛍光発生・増幅が行われるタイプ II のパラメトリック結晶に励起光（周波数 ω_p 、波数 k_p （ k はベクトル））を入射すると、

パラメトリック結晶におけるパラメトリック下方変換によって、入射した励起光よりもエネルギーが低い2つの光子対（シグナル光子（ ω_s 、 k_s ）、アイドラー光子（ ω_i 、 k_i ））が同時に発生する。発生した2つの光子対は同時にパラメトリック結晶から直交偏光状態のパラメトリック蛍光対としてそれぞれ2つの非同心円錐にそって放射される。

位相整合されたパラメトリック蛍光対は図1（a）に示すように励起光のビーム（図中、リング間に位置する黒点）に対して点対称の位置にのみ存在する（ k_s と k_i ）。そして、これらの蛍光対の中で下記の位相条件を満足するもののみをピンホールで切り出し、無偏光ビームスプリッターに導き、そこで干渉させパスがもつれ合った量子相関光子対とする。

$$\omega_p = \omega_s + \omega_i$$

$$k_p = k_s + k_i$$

（添え字 p、s、i はそれぞれ励起光子、シグナル光子、アイドラー光子を表す）

発明の開示

しかしながら、従来の量子相関光子対を生成する手法では、放射方向に垂直な面においてリング状となるシグナル光子とアイドラー光子のうち、位相が整合しているもののみをピンホールで切り出して用いて量子相関光子対を形成し、残りは利用できなかったため、量子相関光子対の発生効率が不十分であった。量子相関光子対を量子情報処理や量子リソグラフィへ利用するに当たり、実験室段階から実用段階に移行させるには、量子相関光子対の発生効率をより高めることが必要であった。

そこで、この出願の発明は、以上のとおりの事情に鑑みてなされたものであり、従来技術の問題点を解消し、パラメトリック結晶から得られる量子相関光子対の発生効率をより一層高めることのできる高輝度量子相関光子ビーム発生装置を提供することを課題とする。

この出願の発明によれば、上記課題を解決するため、第1には、レーザー励起光を出射するレーザー光源と、レーザー光源からの励起光の入射により、シグナ

ル光子とアイドラー光子との2光子対を生成して両光子ビームを2つの非同心円錐に沿って放射するパラメトリック結晶と、シグナル光子ビームとアイドラー光子ビームを分離するビーム分離手段と、リング状のシグナル光子ビームとアイドラー光子ビームの一方をその幾何学的中心の周りに180°回転させるモード反転器と、シグナル光子ビームとアイドラー光子ビームの位相を時間遅れにより調整する位相調整手段と、モード反転器により共通線的偏光リング状となったシグナル光子ビームとアイドラー光子ビームとを重なり合わせて量子相関状態とするビーム結合手段とを有し、量子相関光子対のビームを形成することを特徴とする高輝度量子相関光子ビーム発生装置を提供する。

また、第2には、上記第1の発明において、干渉フィルターをビーム結合手段の出射側に配置したことを特徴とする高輝度量子相関光子ビーム発生装置を提供する。

また、第3には、上記第1又は第2の発明において、レーザー光源がパルス幅がフェムト秒のパルス状レーザー光を出射するフェムト秒レーザー光源であることを特徴とする高輝度量子相関光子ビーム発生装置を提供する。

また、第4には、上記第1から第3のいずれかの発明において、ビーム分離手段が偏光ビームスプリッターであることを特徴とする高輝度量子相関光子ビーム発生装置を提供する。

また、第5には、上記第1から第4のいずれかの発明において、モード反転器が2つのミラーと1つのプリズムの組合せにより構成されることを特徴とする高輝度量子相関光子ビーム発生装置を提供する。

また、第6には、上記第1から第5のいずれかの発明において、ビーム結合手段が無偏光ビームスプリッターであることを特徴とする高輝度量子相関光子ビーム発生装置を提供する。

また、第7には、上記第1から第6のいずれかの発明において、パラメトリック結晶がタイプIのパラメトリック下方変換型結晶であることを特徴とする高輝度量子相関光子ビーム発生装置を提供する。

また、第8には、上記第1から第6のいずれかの発明において、パラメトリッ

ク結晶がタイプ II のパラメトリック下方変換型結晶であることを特徴とする高輝度量子相関光子ビーム発生装置を提供する。

さらに、第 9 には、上記第 7 又は第 8 の発明において、パラメトリック結晶が BBO ($\beta\text{-Ba}_2\text{B}_2\text{O}_4$) 結晶であることを特徴とする高輝度量子相関光子ビーム発生装置を提供する。

この出願の発明によれば、パラメトリック結晶から放射されるリング状パラメトリック蛍光対の一部をピンホールで切り出して量子相関させずに、リング状パラメトリック蛍光対の全部を量子相関させることができるので、パラメトリック結晶から得られる量子相関光子対の発生効率を大幅に向上させることが可能となる。

図面の簡単な説明

図 1 (a) は励起光の方向に対するシグナル光ビームのリングとアイドラー光ビームのリングの位置関係及び波数ベクトルの関係を示す図、(b) はこの出願の発明によるモード反転後の (b) と同様の図である。

図 2 (a) はこの出願の発明による高輝度量子相関光子ビーム発生装置の一実施形態を発生効率テスト系を含めて示す図、(b) は同実施形態におけるモード反転器を模式的に示す斜視図である。

図 3 (a) は無偏光ビームスプリッターにおいてシグナル光ビームのリングとアイドラー光ビームのリングが離れた状態から、一部重なった状態、全部重なった状態と変化する様子を示す図、(b) は (a) の一番右の全部重なった状態における C C レートと光学的時間遅れ τ との関係を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

この出願の発明は上記のとおりの特徴をもつものであるが、以下にその実施の形態について説明する。

この出願の発明の高輝度量子相関光子ビーム発生装置では、レーザー励起光を出射するレーザー光源と、レーザー光源からの励起光の入射により、シグナル光

子とアイドラー光子との2光子対を生成して両光子ビームを2つの非同心円錐に沿って放射するパラメトリック結晶と、シグナル光子ビームとアイドラー光子ビームを分離するビーム分離手段と、リング状のシグナル光子ビームとアイドラー光子ビームの一方をその幾何学的中心の周りに 180° 回転させるモード反転器と、シグナル光子ビームとアイドラー光子ビームの位相を時間遅れにより調整する位相調整手段と、モード反転器により共通線の偏光リング状となったシグナル光子ビームとアイドラー光子ビームとを重なり合わせて量子相関状態とするビーム結合手段とを有し、量子相関光子対のビームを形成することを大きな特徴としている。

この出願の発明では、パラメトリック結晶として、生成するシグナル光子とアイドラー光子の偏光状態が同一であるタイプIのパラメトリック下方変換型結晶と、偏光状態が直交するタイプIIのパラメトリック下方変換型結晶の両方を用いることができる。

この出願の基本的技術思想は、たとえばタイプIIのパラメトリック下方変換型結晶から出射されるシグナル光子ビームのリングとアイドラー光子ビームのリングが図1(a)のような関係にあり、2つのリングを位相整合させたまま重ね合わせることは不可能であったものを、空間的位置をモード反転させることにより、全領域にわたって位相整合させたまま図1(b)のように重ね合わせるような状態とし、光学的時間遅れを利用して重ね合わせて干渉させ、量子もつれ状態としたところにある。

以下、タイプIIのパラメトリック下方変換型結晶であるBBO結晶を用いた場合を例に詳細に説明する。

図2(a)はこの出願の発明による高輝度量子相関光子ビーム発生装置の一実施形態を模式的に示す図であり、図2(b)はモード反転器の概念図である。

レーザー光源(1)は励起光を出射するもので、パルス状レーザー光を出射するものでも、連続(CW)レーザー光を出射するものでもよく、たとえば、パルス状レーザー光を出射するチタンサファイアレーザー装置、連続レーザー光を出射するチタンサファイアレーザー装置、アルゴンイオンレーザー装置を使用する

ことができるが、これに限定されない。この実施形態では、パルス状レーザー光を出射するチタンサファイアレーザー装置を使用した。

パラメトリック結晶としては、ここではタイプ II のパメトリック下方変換型結晶である BBO 結晶 (2) を用いる。この BBO 結晶 (2) は、高いエネルギーの励起光の入射により 2 つの低いエネルギーのシグナル光子とアイドラー光子との直交偏光状態の 2 光子対を生成し、両光子ビームを 2 つの非同心円錐に沿って放射する。光子ビームの方向に垂直な方向においては光子ビームはリング状となり、その大きさは励起光であるレーザー光の入射角度により制御することができる。

ダイクロイックミラー M1 (3) は、誘電体膜を利用したミラーで、シグナル光子ビームとアイドラー光子ビームは通過させ、励起光は 100% 除去する役割をする。レンズ (4) は、円錐状に広がっていくシグナル光子とアイドラー光子の両ビームを平行ビームにするコリメーティングレンズである。偏光ビームスプリッター PBS (5) は、シグナル光ビーム (6) は通過させ、アイドラー光ビーム (7) は反射させる。

プリズム (8) は、矢印 X の方向に移動させることにより、空間的な位置調整を行い、矢印 τ の方向に移動させることにより光学的時間遅れ τ を調整する役割をする。矢印 X の移動により光学的時間遅れ τ が変化した場合、それは再調整する。光学的ミラー M2 (9) は、プリズム (8) からのアイドラー光ビーム (7) が無偏光ビームスプリッター NPBS (14) に向かうように向きを変える役割をする。

モード反転器 (10) は、リング状のシグナル光ビーム (6) をその幾何学的中心の周りに 180° 回転させる役割をするもので、図 2 (b) に示すように、2 つの平面鏡 (10-1、10-2) と 1 つのプリズム (10-3) からなる。図 2 (b) ではモード反転のイメージを分かりやすくするために、五角形のコーナーにそれぞれ数字を付して示してある。このような五角形のものがモード反転器 (10) を通過すると、出力側に図示した、幾何学的中心の周りに 180° 回転 (反転) した五角形となる。

プリズム (11) とミラー M3 (12) は、モード反転器 (10) からのシグナル光ビーム (6) が無偏光ビームスプリッター NPBS (14) に向かうように向きを変える役割をするもので、光学調整が行いやすいように、シグナル光ビーム (6) とアイドラー光ビーム (7) の光路長を等価にしている。 $\lambda/2$ 波長板 (13) は、シグナル光ビーム (6) の偏光モードをアイドラー光ビーム (7) と同じにするために配置される。

無偏光ビームスプリッター NPBS (14) は、50/50 ビームスプリッターで、シグナル光ビーム (6) とアイドラー光ビーム (7) のそれぞれ 50% は透過させ、残りの 50% は反射させるとともに、両ビーム (6)、(7) を干渉させ、量子もつれの状態、すなわち量子相関状態とする役割を行う。

干渉フィルター (15)、(16) は効率良く量子相関光子ビームを取り出すために配置され、励起光が混ざっている場合にはその除去も行う。

なお、フォトダイオード D1 (17)、D2 (18) 及びコインシデンス・カウンタ (19) は、量子相関光子対の発生効率を確認するために配置した。

次に、上記構成の高輝度量子相関光子ビーム発生装置の動作について述べる。

まず、レーザー光源 (1) からパルス状の励起光を出射し、BBO 結晶 (2) に入射させる。入射した励起光子は、BBO 結晶 (2) ではタイプ II のパラメトリック下方変換プロセスにより、シグナル光子とアイドラー光子の直交偏光状態の 2 光子対 (パラメトリック蛍光対) を生成する。シグナル光子とアイドラー光子は BBO 結晶 (3) から 2 つの非同心円錐に沿ってリング状に放射される。これら 2 つのシグナル光子ビームとアイドラー光子ビームはレンズ M1 (3) を通過し、レンズ L1 (4) で平行ビームとされ、偏光ビームスプリッター PBS (5) に入射する。偏光ビームスプリッター (5) において、シグナル光子ビーム (6) はそのまま透過し、アイドラー光子ビーム (7) は反射する。

アイドラー光子ビーム (7) はプリズム (8) を介してミラー M2 (9) で反射し、無偏光ビームスプリッター NPBS (14) に入射する。

一方、シグナル光子ビーム (6) はモード反転器 (10) により、そのリング状の空間的幾何形状が反転され、ちょうど幾何学的中心の周りを 180° 回転し

た状態となる。そして、幾何学的に反転したシグナル光子ビーム（６）は、プリズム（１１）、ミラーM３（１２）により向きを変えられ、 $\lambda/2$ 波長板（１３）によりアイドラー光ビーム（７）と同じ偏光モードに変換され、無偏光ビームスプリッターNPBS（１４）に入射する。

無偏光ビームスプリッターNPBS（１４）では、シグナル光ビーム（６）の５０％はそのまま透過し、残りの５０％は反射し、アイドラー光ビーム（７）の５０％はそのまま透過し、残りの５０％は反射する。そして、透過した５０％のシグナル光ビーム（６）と反射した５０％のアイドラー光ビーム（７）が重なり合うとともに、反射した５０％のシグナル光ビーム（６）と透過した５０％のアイドラー光ビーム（７）が重なり合い、それぞれ空間的にも時間的にも一致して干渉して量子もつれ状態となり、量子相関光子対のビームとして出力する。このとき、量子相関光子対となった２光子はペアとなってD１（１７）側又はD２（１８）側に出射する。

無偏光ビームスプリッターNPBS（１４）においては、シグナル光ビーム（６）のリングとアイドラー光ビーム（７）の空間的位置はプリズム（８）をX方向に移動させることにより、図３（a）に示すように重なり合うようにする。また、光学的時間遅れ τ もプリズム（８）の移動により調整する。

以上のようにして無偏光ビームスプリッターNPBS（１４）においては、シグナル光ビーム（６）のリングとアイドラー光ビーム（７）のリングが全領域にわたって重なりあって量子もつれ状態を形成するので、量子相関光子対の発生効率を大幅に向上させることができる。

次に、この出願の発明の実施例を述べる。もちろん、この発明は上記の実施形態及び以下の例に限定されるものではなく、細部については様々な態様が可能であることは言うまでもない。

実施例

図２に示す構成の装置を用いて量子相関光子ビームを発生させた。レーザー装置（１）としては、パルス状レーザー光を出射するチタンサファイアレーザー装

置 (Tsunami Spectra Physics 社製、パルス長約 100 fs 、中心周波数 800 nm 、繰り返し周波数 80 MHz) を用いた。BBO 結晶 (2) としては厚さ 0.5 mm のタイプ II のパメトリック下方変換型の結晶を用いた。シグナル光ビーム (6) とアイドラー光ビーム (7) との間の相対的位相はプリズム (8) を位置調整して光学的時間遅れ τ を調整することにより変化させた。発生した量子相関光子対は 10 nm (FWHM) バンド幅の干渉フィルター (15)、(16) を通して、フォトダイオード D1 (17)、D2 (18) (SPCM-AQR-14; Perkin Elmer 社製) で受光し、コインシデンス・カウンター (19) (単一光子カウンター (SR400; Stanford Research Systems 社製)) でカウントした。用いたコインシデンス・カウンター (19) は 5 ns の時間ウィンドウ内でコインシデントカウント (以下、CCとも記す) を行うものであった。コインシデンス・カウンター (19) は、たとえばD1にある光子が到達して検出されてから、ある時間内 ($\sim 10\text{ ns}$ 程度) にD2によって別の光子が検出されるとカウントする装置である (この場合はD1がスタートしてD2がストップボタンとなる。その逆になることもある)。光学的時間遅れ τ をゼロにすると量子相関光子対が最も効率良く発生し、D1側もしくはD2側にのみ2光子が出射するため、コインシデンス・カウンター (19) はスタートするがストップはされないのでカウントされなくなり、CCの値が低くなる。

以上のような構成としたこの実施例の装置による量子相関光子対の発生効率は 42% で、従来のタイプ II のBBOベース装置 (Y. H. Kim, Phys. Rev. A 68, 13, p. 804 (2003)) よりも少なくとも 100 倍以上の効率で、従来のタイプ I のBBOベース装置 (Y. H. Kim, J. Opt. Soc. Am. B 20, p. 1959-1966 (2003)) よりも少なくとも 30 倍以上の効率であった。得られる光子束は 1.7×10^6 個/s と推定される。また、この実施例の装置は、CCレートを τ の関数として解析する標準的なHong-Ou-Mandelテスト (C. K. Hong, Z. Y. Ou, and L. Mandel, Phys. Rev. Lett. 59, p. 2044-2046 (1987)) をパスする性能であった。

また、図3 (b) に、この実施例の装置により調べたCCレートと光学的時間

遅れ τ との関係を示す。この図から、干渉フィルター (15)、(16) のバンド幅の逆数を超える光学的時間遅れ τ ($> 200 \text{ fs}$) に対し、 24 kHz の CC レートが観測されている。シグナル光子ビーム (6) のリングとアイドラー光子ビーム (7) のリングが重ならないときは、図 3 (b) のようなディップは検出されなかった。光学的時間遅れ τ がゼロにおいて観測された CC レートのディップは量子相関光子対の形成を確証するものであった。全体で検出された 2 光子レートは 16 kHz (CC ディップの深さの最大値と等しい) を超えた。

以上のことより、この実施例の装置の優位性が確認された。

請求の範囲

1. レーザー励起光を出射するレーザー光源と、

レーザー光源からの励起光の入射により、シグナル光子とアイドラー光子との2光子対を生成して両光子ビームを2つの非同心円錐に沿って放射するパラメトリック結晶と、

シグナル光子ビームとアイドラー光子ビームを分離するビーム分離手段と、

リング状のシグナル光子ビームとアイドラー光子ビームの一方をその幾何学的中心の周りに180°回転させるモード反転器と、

シグナル光子ビームとアイドラー光子ビームの位相を光学的時間遅れにより調整する位相調整手段と、

モード反転器により共通線的偏光リング状となったシグナル光子ビームとアイドラー光子ビームとを重なり合わせて量子相関状態とするビーム結合手段とを有し、

量子相関光子対のビームを形成することを特徴とする高輝度量子相関光子ビーム発生装置。

2. 干渉フィルターをビーム結合手段の出射側に配置したことを特徴とする請求項1記載の高輝度量子相関光子ビーム発生装置。

3. レーザー光源がパルス幅がフェムト秒のパルス状レーザー光を出射するフェムト秒レーザー光源であることを特徴とする請求の範囲1又は2記載の高輝度量子相関光子ビーム発生装置。

4. ビーム分離手段が偏光ビームスプリッターであることを特徴とする請求の範囲1から3のいずれかに記載の高輝度量子相関光子ビーム発生装置。

5. モード反転器が2つのミラーと1つプリズムの組合せにより構成されること

を特徴とする請求の範囲 1 から 4 のいずれかに記載の高輝度量子相関光子ビーム発生装置。

6. ビーム結合手段が無偏光ビームスプリッターであることを特徴とする請求の範囲 1 から 5 のいずれかに記載の高輝度量子相関光子ビーム発生装置。

7. パラメトリック結晶がタイプ I のパラメトリック下方変換型結晶であることを特徴とする請求の範囲 1 から 6 のいずれかの高輝度量子相関光子ビーム発生装置。

8. パラメトリック結晶がタイプ II のパラメトリック下方変換型結晶であることを特徴とする請求の範囲 1 から 6 のいずれかの高輝度量子相関光子ビーム発生装置。

9. パラメトリック結晶が BBO ($\beta\text{-Ba}_2\text{B}_2\text{O}_4$) 結晶であることを特徴とする請求の範囲 7 又は 8 に記載の高輝度量子相関光子ビーム発生装置。

図 1

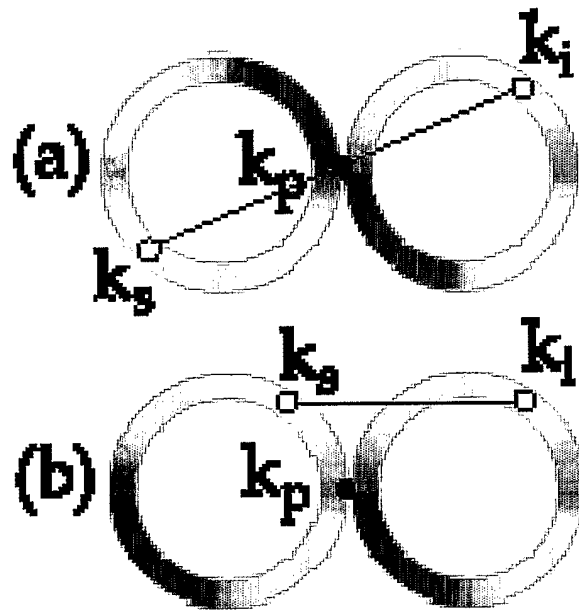


図 2

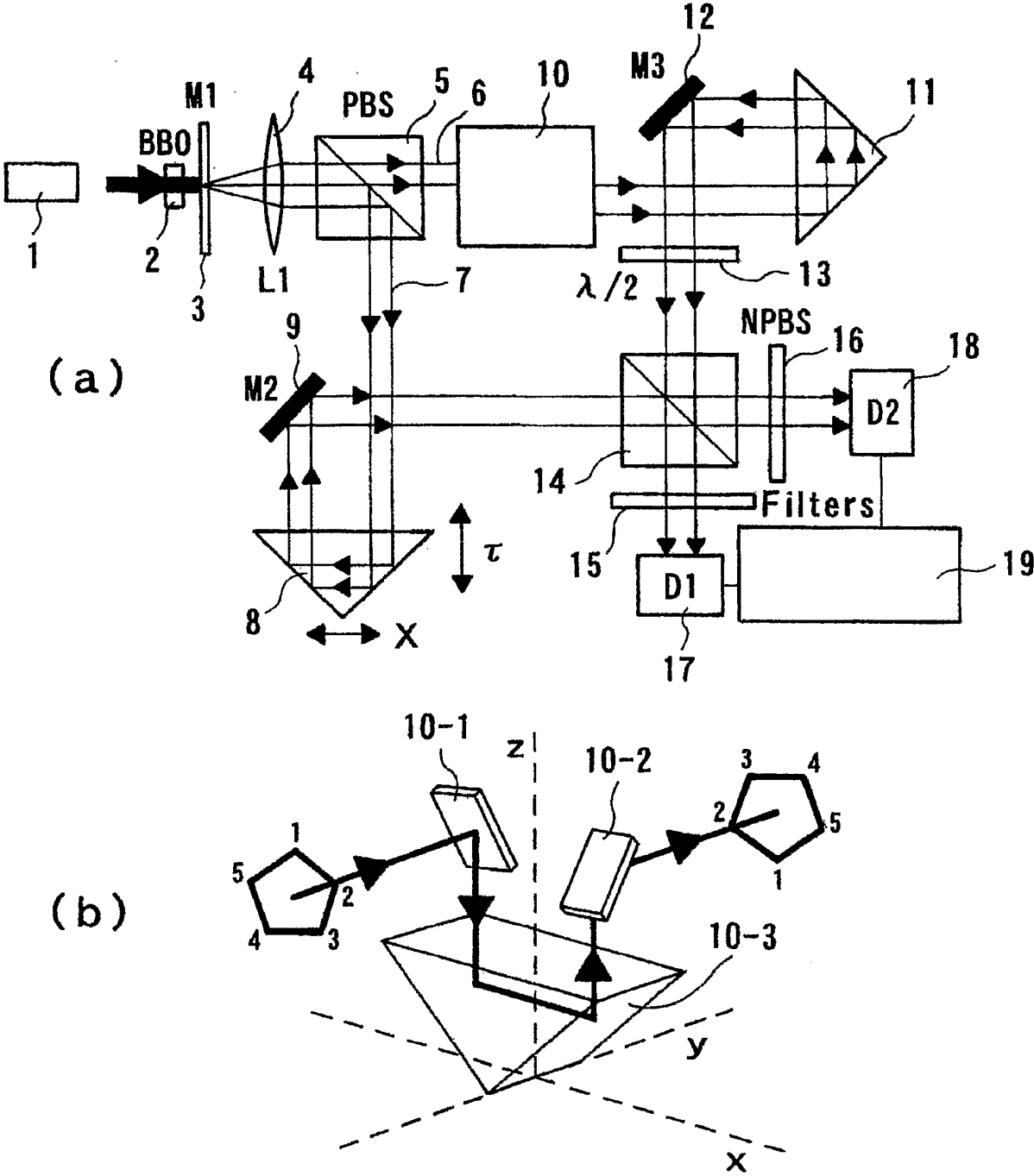
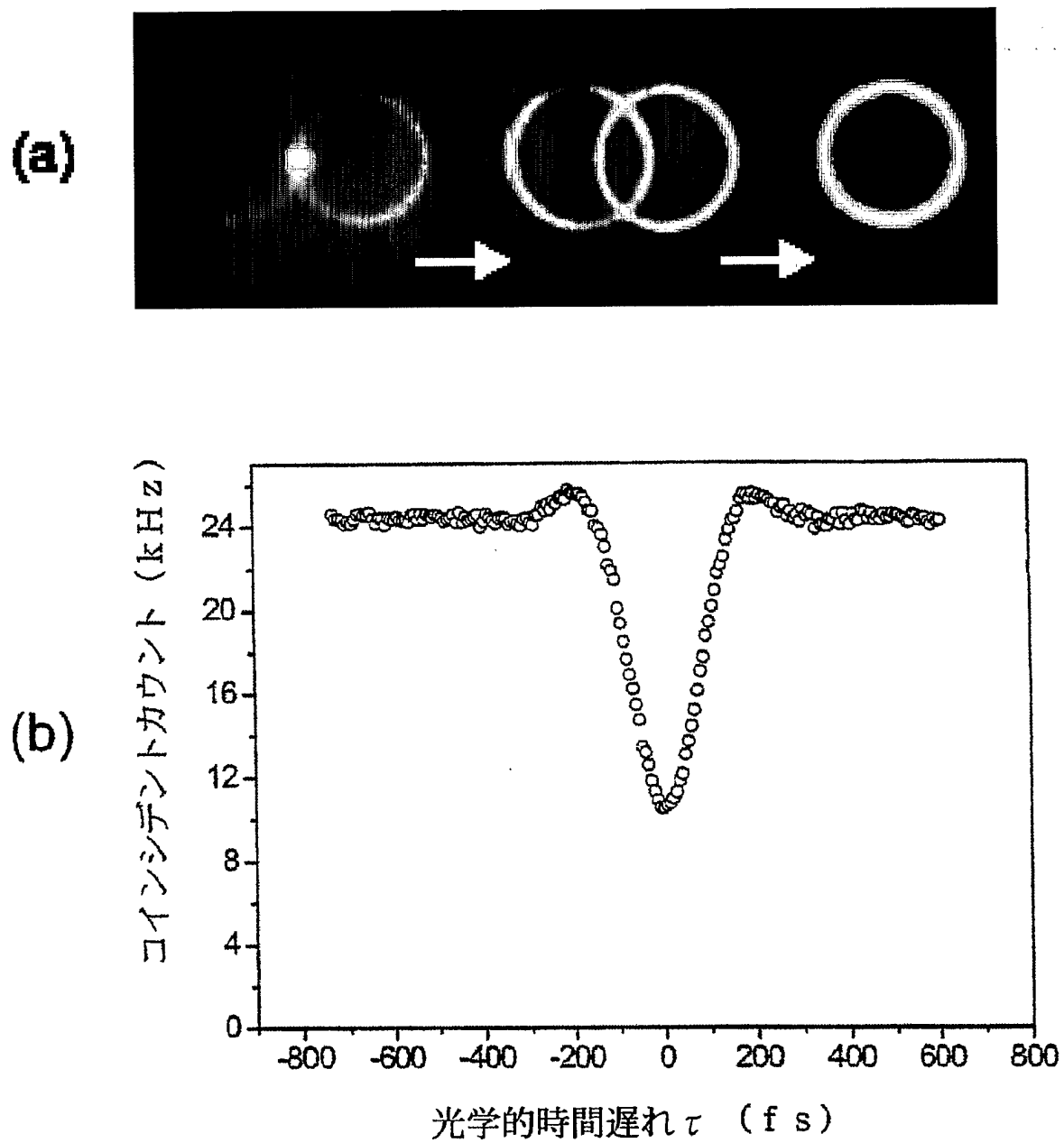


図 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/018585

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/39 (2006.01)

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)

G02F1/39 (2006.01)

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	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

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

INSPEC (DIALOG), JSTPlus (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Caetano, D.P. Ribeiro, P.H.S. Generation of spatial antibunching with free-propagating twin beams, Physical Review A, Vol.68, No.4, Pt.B, (2003), p.043806.1-043806.5	1-9
Y	Kim, Yoon-Ho Measurement of one-photon and two-photon wave packets in spontaneous parametric downconversion, Journal of Optical Society of America B, Vol.20, No.9, (2003), pages 1959 to 1966	1-9
P,X	Jarutis, V. et al., Ultrabright femtosecond source of biphotons based on a spatial mode inverter, Optics Letters, Vol.30, No.3, (Feb. 2005), pages 317 to 319	1-6, 8, 9

☐ 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
16 December, 2005 (16.12.05)

Date of mailing of the international search report
27 December, 2005 (27.12.05)

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 (IPC)) Int.Cl. G02F1/39 (2006.01)			
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.Cl. G02F1/39 (2006.01)			
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005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) INSPEC(DIALOG) JSTPlus(JOIS)			
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	
Y	Caetano, D.P. Ribeiro, P.H.S. Generation of spatial antibunching with free-propagating twin beams, Physical Review A, Vol. 68, No. 4, Pt. B, (2003) p. 043806.1-043806.5	1-9	
Y	Kim, Yoon-Ho Measurement of one-photon and two-photon wave packets in spontaneous parametric downconversion, Journal of Optical Society of America B, Vol. 20, No. 9, (2003) p. 1959-1966	1-9	
☒ 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 16.12.2005		国際調査報告の発送日 27.12.2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 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) 佐藤 宙子	2X 9316
		電話番号 03-3581-1101 内線 3294	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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
P, X	Jarutis, V. et al. Ultrabright femtosecond source of biphotons based on a spatial mode inverter, Optics Letters, Vol. 30, No. 3, (Feb. 2005) p. 317-319	1-6, 8, 9