

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 1 区分

【発行日】令和 1 年 5 月 23 日 (2019.5.23)

【公開番号】特開 2017-187465 (P2017-187465A)

【公開日】平成 29 年 10 月 12 日 (2017.10.12)

【年通号数】公開・登録公報 2017-039

【出願番号】特願 2016-178605 (P2016-178605)

【国際特許分類】

G 0 1 N 21/64 (2006.01)

G 0 2 B 21/06 (2006.01)

G 0 2 F 1/365 (2006.01)

【F I】

G 0 1 N 21/64 Z

G 0 2 B 21/06

G 0 2 F 1/365

【手続補正書】

【提出日】平成 31 年 4 月 9 日 (2019.4.9)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スーパーコンティニウム光を生成して出射させるスーパーコンティニウム光生成源であって、

超短パルス光を発振するパルス光発振部と、

パルス光発振部から発振された超短パルス光を非線形光学効果によりスーパーコンティニウム光に変換して出射させる導波路と

を備えており、

導波路は、850nm 以上 1550nm 以下の波長域に含まれる少なくとも 200nm の波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光となるよう超短パルス光を変換するものであり、

照射面で対象物を多光子励起可能となるようにスーパーコンティニウム光を出射させるものであることを特徴とするスーパーコンティニウム光生成光源。

【請求項 2】

前記パルス光発振部及び前記導波路は、ピーク強度が 1kW 以上 100kW 以下であるスーパーコンティニウム光を出射させるものであることを特徴とする請求項 1 に記載のスーパーコンティニウム光生成光源。

【請求項 3】

850nm 以上 1550nm 以下の波長域に含まれる少なくとも 200nm の波長幅の帯域において 3dB 以内の波長平坦性を有するスーパーコンティニウム光を出射させるものであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のスーパーコンティニウム光生成光源。

【請求項 4】

前記パルス光発振部は、パルス幅が 1ピコ秒以下であって且つ 1000nm 以上 1100nm 以下の波長域に中心波長を有する超短パルス光を発振するものであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれかに記載のスーパーコンティニウム光生成光源。

【請求項 5】

前記導波路は、前記超短パルス光を１パルス内での波長の経時的変化が連続的であるスーパーコンティニウム光にするものであることを特徴とする請求項１乃至４いずれかに記載のスーパーコンティニウム光生成光源。

【請求項６】

前記導波路は、８５０ｎｍ以上１５５０ｎｍ以下の波長域において正常分散特性を示すファイバであることを特徴とする請求項１乃至５いずれかに記載のスーパーコンティニウム光生成光源。

【請求項７】

前記超短パルス光の中心波長が、前記正常分散特性を示すファイバの群速度分散スペクトルのピーク波長に対して±５０ｎｍの範囲内であることを特徴とする請求項６記載のスーパーコンティニウム光生成光源。

【請求項８】

前記導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させるパルス圧縮部を備えたことを特徴とする請求項１乃至５いずれかに記載のスーパーコンティニウム光生成光源。

【請求項９】

前記導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させるパルス圧縮部を備えたことを特徴とする請求項６又は７記載のスーパーコンティニウム光生成光源。

【請求項１０】

スーパーコンティニウム光を生成して出射させるスーパーコンティニウム光生成源であって、

超短パルス光を発振するパルス光発振部と、

パルス光発振部から発振された超短パルス光を非線形光学効果によりスーパーコンティニウム光に変換して出射させる導波路とを備えており、

導波路は、８５０ｎｍ以上１５５０ｎｍ以下の波長域に含まれる少なくとも２００ｎｍの波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光となるよう超短パルス光を変換するものであり、

導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させるパルス圧縮部を備えたことを特徴とするスーパーコンティニウム光生成源。

【請求項１１】

スーパーコンティニウム光を生成して出射させるスーパーコンティニウム光生成方法であって、

パルス光発振部により超短パルス光を発振するステップと、

パルス光発振部から発振された超短パルス光を導波路に入射させ、導波路における非線形光学効果によりスーパーコンティニウム光に変換して出射させるステップとを備えており、

導波路は、８５０ｎｍ以上１５５０ｎｍ以下の波長域に含まれる少なくとも２００ｎｍの波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光となるよう超短パルス光を変換するものであり、

照射面で対象物を多光子励起可能となるようにスーパーコンティニウム光を出射させることを特徴とするスーパーコンティニウム光生成方法。

【請求項１２】

ピーク強度が１ｋＷ以上１００ｋＷ以下であるスーパーコンティニウム光を出射させることを特徴とする請求項１１に記載のスーパーコンティニウム光生成方法。

【請求項１３】

８５０ｎｍ以上１５５０ｎｍ以下の波長域に含まれる少なくとも２００ｎｍの波長幅の帯域において３ｄＢ以内の波長平坦性を有するスーパーコンティニウム光を出射させるこ

とを特徴とする請求項 11 又は 12 記載のスーパーコンティニウム光生成方法。

【請求項 14】

前記パルス光発振部から発振される超短パルス光は、パルス幅が 1 ピコ秒以下であって且つ 1000 nm 以上 1100 nm 以下の波長域に中心波長を有することを特徴とする請求項 11 乃至 13 いずれかに記載のスーパーコンティニウム光生成方法。

【請求項 15】

前記導波路は、前記超短パルス光を 1 パルス内での波長の経時的変化が連続的であるスーパーコンティニウム光にするものであることを特徴とする請求項 11 乃至 14 いずれかに記載のスーパーコンティニウム光生成方法。

【請求項 16】

前記導波路は、850 nm 以上 1550 nm 以下の波長域において正常分散特性を示すファイバであることを特徴とする請求項 11 乃至 15 いずれかに記載のスーパーコンティニウム光生成方法。

【請求項 17】

前記超短パルス光の中心波長が、前記正常分散特性を示すファイバの群速度分散スペクトルのピーク波長に対して ± 50 nm の範囲内であることを特徴とする請求項 16 記載のスーパーコンティニウム光生成方法。

【請求項 18】

前記導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させることを特徴とする請求項 11 乃至 15 いずれかに記載のスーパーコンティニウム光生成方法。

【請求項 19】

前記導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させることを特徴とする請求項 16 又は 17 記載のスーパーコンティニウム光生成方法。

【請求項 20】

スーパーコンティニウム光を生成して出射させるスーパーコンティニウム光生成方法であって、

パルス光発振部により超短パルス光を発振するステップと、

パルス光発振部から発振された超短パルス光を導波路に入射させ、導波路における非線形光学効果によりスーパーコンティニウム光に変換して出射させるステップとを備えており、

導波路は、850 nm 以上 1550 nm 以下の波長域に含まれる少なくとも 200 nm の波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光となるよう超短パルス光を変換するものであり、

導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させることを特徴とするスーパーコンティニウム光生成方法。

【請求項 21】

請求項 1 乃至 10 いずれかに記載のスーパーコンティニウム光生成光源を備えた多光子励起蛍光顕微鏡であって、

前記導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を対象物上に照射するための光学系と、

前記対象物を当該スーパーコンティニウム光で多光子励起したときに放出される蛍光を検出する検出部とを備えていることを特徴とする多光子励起蛍光顕微鏡。

【請求項 22】

生成されたスーパーコンティニウム光により蛍光物質を多光子励起して蛍光を発生させる多光子励起方法であって、

パルス光発振部により超短パルス光を発振する発振ステップと、

パルス光発振部から発振された超短パルス光を導波路に入射させ、導波路における非線形光学効果によりスーパーコンティニウム光に変換して出射させる変換ステップと、

出射したスーパーコンティニウム光をパルス圧縮してピーク強度を増加させる圧縮ステップと、

圧縮ステップによりピーク強度を増加させたスーパーコンティニウム光の全部又は一部を蛍光物質に照射して蛍光物質を多光子励起する照射ステップとを備えており、

変換ステップは、850nm以上1550nm以下の波長域に含まれる少なくとも200nmの波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光となるよう導波路により超短パルス光を変換するステップであることを特徴とする多光子励起方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

上記課題を解決するため、本願の請求項1記載の発明は、スーパーコンティニウム光を生成して出射させるスーパーコンティニウム光生成源であって、

超短パルス光を発振するパルス光発振部と、

パルス光発振部から発振された超短パルス光を非線形光学効果によりスーパーコンティニウム光に変換して出射させる導波路とを備えており、

導波路は、850nm以上1550nm以下の波長域に含まれる少なくとも200nmの波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光となるよう超短パルス光を変換するものであり、

照射面で対象物を多光子励起可能となるようにスーパーコンティニウム光を出射させるものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項2記載の発明は、前記請求項1の構成において、前記パルス光発振部及び前記導波路は、ピーク強度が1kW以上100kW以下であるスーパーコンティニウム光を出射させるものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項3記載の発明は、前記請求項1又は2の構成において、850nm以上1550nm以下の波長域に含まれる少なくとも200nmの波長幅の帯域において3dB以内の波長平坦性を有するスーパーコンティニウム光を出射させるものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項4記載の発明は、前記請求項1乃至3いずれかの構成において、前記パルス光発振部は、パルス幅が1ピコ秒以下であって且つ1000nm以上1100nm以下の波長域に中心波長を有する超短パルス光を発振するものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項5記載の発明は、前記請求項1乃至4いずれかの構成において、前記導波路は、前記超短パルス光を1パルス内での波長の経時的変化が連続的であるスーパーコンティニウム光にするものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項6記載の発明は、前記請求項1乃至5いずれかの構成において、前記導波路は、850nm以上1550nm以下の波長域において正常分散特性を示すファイバであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項7記載の発明は、前記請求項6の構成において、前記超短パルス光の中心波長が、前記正常分散特性を示すファイバの群速度分散スペクトルのピーク波長に対して ± 50 nmの範囲内であるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項8記載の発明は、前記請求項1乃至5いずれかの構成において、前記導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させるパルス圧縮部を備えたという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 9 記載の発明は、前記請求項 6 又は 7 の構成において、前記導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させるパルス圧縮部を備えたという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 10 記載の発明は、スーパーコンティニウム光を生成して出射させるスーパーコンティニウム光生成源であって、

超短パルス光を発振するパルス光発振部と、

パルス光発振部から発振された超短パルス光を非線形光学効果によりスーパーコンティニウム光に変換して出射させる導波路とを備えており、

導波路は、850 nm 以上 1550 nm 以下の波長域に含まれる少なくとも 200 nm の波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光となるよう超短パルス光を変換するものであり、

導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させるパルス圧縮部を備えたという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 11 記載の発明は、スーパーコンティニウム光を生成して出射させるスーパーコンティニウム光生成方法であって、

パルス光発振部により超短パルス光を発振するステップと、

パルス光発振部から発振された超短パルス光を導波路に入射させ、導波路における非線形光学効果によりスーパーコンティニウム光に変換して出射させるステップとを備えており、

導波路は、850 nm 以上 1550 nm 以下の波長域に含まれる少なくとも 200 nm の波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光となるよう超短パルス光を変換するものであり、

照射面で対象物を多光子励起可能となるようにスーパーコンティニウム光を出射させるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 12 記載の発明は、前記請求項 11 の構成において、ピーク強度が 1 kW 以上 100 kW 以下であるスーパーコンティニウム光を出射させるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 13 記載の発明は、前記請求項 11 又は 12 の構成において、850 nm 以上 1550 nm 以下の波長域に含まれる少なくとも 200 nm の波長幅の帯域において 3 dB 以内の波長平坦性を有するスーパーコンティニウム光を出射させるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 14 記載の発明は、前記請求項 11 乃至 13 いずれかの構成において、前記パルス光発振部から発振される超短パルス光は、パルス幅が 1 ピコ秒以下であって且つ 1000 nm 以上 1100 nm 以下の波長域に中心波長を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 15 記載の発明は、前記請求項 11 乃至 14 いずれかの構成において、前記導波路は、前記超短パルス光を 1 パルス内での波長の経時的変化が連続的であるスーパーコンティニウム光にするものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 16 記載の発明は、前記請求項 11 乃至 15 いずれかの構成において、前記導波路は、850 nm 以上 1550 nm 以下の波長域において正常分散特性を示すファイバであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 17 記載の発明は、前記請求項 16 の構成において、前記超短パルス光の中心波長が、前記正常分散特性を示すファイバの群速度分散スペクトルのピーク波長に対して ± 50 nm の範囲内であるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 18 記載の発明は、前記請求項 11 乃至 15 いずれかの構成において、前記導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 19 記載の発明は、前記請求項 16 又は 17 の構成において、前記導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スー

パーコンティニウム光のピーク強度を増加させるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 20 記載の発明は、スーパーコンティニウム光を生成して出射させるスーパーコンティニウム光生成方法であって、

パルス光発振部により超短パルス光を発振するステップと、

パルス光発振部から発振された超短パルス光を導波路に入射させ、導波路における非線形光学効果によりスーパーコンティニウム光に変換して出射させるステップとを備えており、

導波路は、850 nm 以上 1550 nm 以下の波長域に含まれる少なくとも 200 nm の波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光となるよう超短パルス光を変換するものであり、

導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 21 記載の発明は、前記請求項 1 乃至 10 いずれかに記載のスーパーコンティニウム光生成光源を備えた多光子励起蛍光顕微鏡であって、

前記導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を対象物上に照射するための光学系と、

対象物を当該スーパーコンティニウム光で多光子励起したときに放出される蛍光を検出する検出部とを備えているという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項 22 記載の発明は、生成されたスーパーコンティニウム光により蛍光物質を多光子励起して蛍光を発生させる多光子励起方法であって、

パルス光発振部により超短パルス光を発振する発振ステップと、

パルス光発振部から発振された超短パルス光を導波路に入射させ、導波路における非線形光学効果によりスーパーコンティニウム光に変換して出射させる変換ステップと、

出射したスーパーコンティニウム光をパルス圧縮してピーク強度を増加させる圧縮ステップと、

圧縮ステップによりピーク強度を増加させたスーパーコンティニウム光の全部又は一部を蛍光物質に照射して蛍光物質を多光子励起する照射ステップとを備えており、

変換ステップは、850 nm 以上 1550 nm 以下の波長域に含まれる少なくとも 200 nm の波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光となるよう導波路により超短パルス光を変換するステップであるという構成を有する。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

以下に説明する通り、本願の請求項 1 又は 11 記載の発明によれば、850 nm 以上 1550 nm 以下の波長域に含まれる少なくとも 200 nm の波長幅の帯域において連続したスペクトルのスーパーコンティニウム光が出射され、当該スーパーコンティニウム光は対象物を多光子励起可能であるので、多光子励起を利用した対象物の蛍光観察や計測等に好適に使用することができる。

また、請求項 2 又は 12 記載の発明によれば、上記効果に加え、ピーク強度が 1 kW 以上 100 kW 以下であるので、生体試料の蛍光観察に好適に使用することができる。

また、請求項 3 又は 13 記載の発明によれば、上記効果に加え、3 dB 以内の波長平坦性を有するので、より汎用性の高いスーパーコンティニウム光生成光源となる。

また、請求項 4 又は 14 記載の発明によれば、上記効果に加え、高い波長平坦性を容易に実現することができる。

また、請求項 5 又は 15 記載の発明によれば、線形チャープであるスーパーコンティニ

ウム光が生成されるので、その特性を種々の用途に活かすことができる。

また、請求項 6 又は 16 記載の発明によれば、上記効果に加え、850 ~ 1550 nm の波長域のスーパーコンティニウム光が容易に生成できたり、ピーク強度の大きなスーパーコンティニウム光を容易に生成できたりする効果が得られる。

また、請求項 7 又は請求項 17 記載の発明によれば、上記効果に加え、超短パルス光の中心波長が、正常分散特性を示すファイバの群速度分散スペクトルのピーク波長に対して ± 50 nm の範囲内であるので、線形チャープであるスーパーコンティニウム光をより容易に得ることができる。

また、請求項 8、10、18 又は 20 記載の発明によれば、上記効果に加え、導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させるので、高いピーク強度のスーパーコンティニウム光を得ることができる。

また、請求項 9 又は請求項 19 記載の発明によれば、上記効果に加え、導波路から出射されたスーパーコンティニウム光を圧縮して当該スーパーコンティニウム光のピーク強度を増加させるので、高いピーク強度のスーパーコンティニウム光を得ることができる。この際、正常分散特性を示すファイバにより線形チャープとされたスーパーコンティニウム光をパルス圧縮するので、より容易に圧縮を行うことができる。

また、請求項 21 記載の発明によれば、上記効果に加え、850 nm 以上 1550 nm 以下の波長域において、異なる吸収波長をもつ複数の蛍光タンパクを同時に多光子励起することが一台のレーザーで可能となる。なお、当然ながら波長調節機構を設け、任意の波長を切り出して単色励起の多光子励起蛍光観察を行うこともできる。従来、多色同時励起には複数のレーザーを必要としたため、本発明に依れば省スペースで汎用性の高い多光子励起蛍光顕微鏡を実現できる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0015】

特許文献 6 には、三つの異なる蛍光分子を観察するため、二台の超短パルスレーザー発振器を用いた多光子励起蛍光顕微鏡が開示されている。この技術によれば、観察される蛍光分子の種類よりも一つ少ない超短パルスレーザー発振器の台数で済むものの、それでも二台の超短パルスレーザー発振器が必要であり、コストの問題は大きい。

また、特許文献 6 の多光子励起蛍光顕微鏡では、二つの超短パルスレーザー発振器から発振される超短パルスレーザー光を集光スポットにおいて時間的及び空間的に重ね合わせる必要がある。非常に複雑で大がかりな機構や制御系が必要になり、コスト上の問題に加え、調整作業の困難性も問題となる。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0051】

尚、このような優れたパルス圧縮特性は、元の光が線形チャープであることによる。そして、線形チャープは、超短パルスレーザー光の中心波長が、正常分散特性を示すファイバの群速度分散スペクトルのピーク波長にほぼ一致していることによる。超短パルスレーザー光の中心波長に対して短波長側、長波長側に均一に分散するので、線形チャープパルスが得られる。発明者らの検討によると、線形チャープパルスを容易に得るには、超短パルスレーザー光の中心波長は、正常分散特性を示すファイバの群速度分散スペクトルのピーク波長に対して ± 50 nm の範囲内であれば良い。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0053

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0053】

このようにして圧縮されたSC光は、極狭い時間帯に波（光）が重なるようになるため、ピーク強度が高くなる。この様子が、図13に示されている。図13は、第二の実施形態においてピーク強度の増加が確認された実験の結果を示す図である。

図13は、図8に示すSC光を図11に示すような二対のプリズム711で圧縮した実験の結果を示している。図13(1)は、全波長でのパルスを示し、破線は圧縮前のパルス波形（図8(1)と同じ図）、実線は圧縮後のパルスを示す。また、図13(2)はスペクトル分布を示し、破線は圧縮前のもの、実線は圧縮後のものを示す。

尚、図13(1)の横軸は時間（ピコ秒）であり、縦軸は強度（kW）である。また、図13(2)の横軸は波長、縦軸は波長で規格化した波長毎のエネルギー（pJ/nm）を示す。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0056

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0056】

このように、第二の実施形態のSC光生成光源では、導波路2から出射したSC光を圧縮するパルス圧縮部7を備えているので、ピーク強度が高くなる。このため、多光子励起蛍光顕微鏡等の用途にさらに好適なものとなっている。即ち、ピーク強度が高いために多光子励起が生じ易く、且つパルス幅が狭いために対象物に対するダメージが少なくなる。多光子励起のためには同じ時刻（又は非常に狭い時間帯）に多数の光子が存在していることが必要で、そのためには高いピーク強度が有効である。一方、対象物に対する熱的ダメージは、時間積分した照射量に依存する。したがって、パルス幅が小さくてピーク強度の高い光の方が、生体試料のような熱的に弱い対象物を多光子励起で観察するのに特に好適である。例えば、各種蛍光タンパクについて、褪色を抑制しながら観察を行うことができる。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0057】

尚、第二の実施形態のSC光生成光源では、圧縮した光を光路から取り出すための構成が必要である。これには幾つか考えられるが、図12に示す例では、偏光ビームスプリッタ713を用いる構成が採用されている。

即ち、導波路2からの光路上には、偏光ビームスプリッタ713が配置されており、導波路2から出射した光は偏光ビームスプリッタ713に入射する。偏光ビームスプリッタ713とパルス圧縮部7の間には、1/4波長板714が配置される。上述したように、実施形態のSC光生成光源は偏光制御素子3を備えていて導波路2から出射されるSC光は直線偏光光であるが、導波路2から出射されるSC光が直線偏光光でない場合、導波路2と偏光ビームスプリッタ713の間には、適当な偏光制御素子が配置され、SC光を直線偏光光に変換する。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 8

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 5 8 】

導波路 2 からの S C 光 P 1 は、偏光ビームスプリッタ 7 1 3 を透過し、1 / 4 波長板 7 1 4 で円偏光 P 2 となった後、各プリズム 7 1 1 で上記の通りパルス圧縮されながら 1 / 4 波長板 7 1 4 に戻ってくる。そして、1 / 4 波長板 7 1 4 で当初とは 1 8 0 ° 異なる向きの直線偏光 P 3 になった後、偏光ビームスプリッタ 7 1 3 に達する。そして、偏光ビームスプリッタ 7 1 3 に反射して光路から取り出されて、目的とする場所に導かれて利用される。

【手続補正 1 0 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 9

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 5 9 】

上記の偏光ビームスプリッタ 7 1 3 で S C 光を取り出す構成の他、光路に傾きを設けたり、屋根型ミラーを用いたりする構成が採用されることが多い。これらについて、図 1 5 を使用して説明する。図 1 5 は、光の取り出しのための他の構成例を示した概略図である。

【手続補正 1 1 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 6 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 6 3 】

尚、図 1 2 に示す偏光ビームスプリッタ 7 1 3 を使用する構成では、導波路 2 からの光が直線偏光光ではない場合、偏光素子を設けて直線偏光光とする必要があり、その際に損失が発生する。図 1 5 (1) (2) や傾き角を設ける構成の場合、そのような損失がない点で好適である。

【手続補正 1 2 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 6 7

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 6 7 】

また、図 1 6 (3) に示すように、パルス圧縮部 7 としてチャープミラー 7 4 を使用することができる。チャープミラー 7 4 は、基板上に形成された多層膜で光を反射させるミラーであり、長波長の光ほど多層膜の深部で反射するため、結果的に光路長が長くなるミラーである。

チャープミラー 7 4 は、比較的簡単にパルス圧縮が行えるものの、1 個のチャープミラー 7 4 で得られる群遅延は一般に - 5 0 f s ² 程度と小さい。このため、この実施形態におけるパルス圧縮部 7 として用いるには、例えば 2 0 0 回以上反射を繰り返す必要がある。チャープミラー 7 4 の反射率は高いものの、このように多数の反射を繰り返す場合には全体として損失が大きくなる欠点がある。

【手続補正 1 3 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 7 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 7 0 】

また、図 1 7 (1) に示すように、パルス圧縮部 7 としてチャープドファイバブラッググレーティング (C F B G) 7 6 を使用することができる。F B G は、コアの長さ方向に屈折率が変化する部位を周期的に設けて回折格子を構成したファイバであるが、このうち、C F B G 7 6 は、チャープミラーの機能をファイバを使って実現されるように反射位置が波長に応じて異なる位置となるようにしたものといえることができる。C F B G 7 6 は、入射した光のうち、短波長側の光はファイバ中の進行方向の手前側で反射して戻り、長波長側になるにつれて奥側で反射して戻る特性を有するファイバである。