

【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 3 部門第 1 区分  
 【発行日】平成31年3月14日 (2019.3.14)

【公表番号】特表2018-520085(P2018-520085A)  
 【公表日】平成30年7月26日 (2018.7.26)  
 【年通号数】公開・登録公報2018-028  
 【出願番号】特願2018-500316(P2018-500316)  
 【国際特許分類】

C 3 0 B 33/00 (2006.01)  
 C 3 0 B 33/02 (2006.01)  
 C 3 0 B 29/04 (2006.01)  
 C 3 0 B 29/36 (2006.01)  
 C 3 0 B 29/06 (2006.01)

【F I】

C 3 0 B 33/00  
 C 3 0 B 33/02  
 C 3 0 B 29/04 V  
 C 3 0 B 29/36 A  
 C 3 0 B 29/06 B

【手続補正書】  
 【提出日】平成31年1月30日 (2019.1.30)  
 【手続補正 1】  
 【補正対象書類名】明細書  
 【補正対象項目名】0 0 1 2  
 【補正方法】変更  
 【補正の内容】  
 【0 0 1 2】

同様の方法は、シリコン空孔中心のような他の空孔を組み込んだ欠陥の作成において想定することができる。

結晶中の空孔の存在は、多くの欠陥を形成することとなる要素であり、空孔を制御された方法で生成することは、デバイス処理の欠陥形成を制御するための重要点となり得る。

Yan Liuら(「フェムト秒パルスレーザー照射による窒素空孔着色中心の作製」、Optics Express、vol. 21、発行10、pp12843-12848)は、高エネルギーフェムト秒レーザーを空气中でダイヤモンド試料の表面上に集束させて、ダイヤモンド試料上の空気中の酸素および窒素分子をイオン化し、電子ビームを発生させることによってダイヤモンド試料中に窒素空孔の着色中心を製造する方法を開示する。各フェムト秒レーザーパルスは4μJのエネルギーを搬送した。高エネルギーレーザーによって生成された電子ビームがダイヤモンド試料の表面にポアを生成することが報告されており、そしてこのようにして生成されたポアにはいくらかのグラファイトに加えて窒素空孔欠陥が見られると報告されている。窒素空孔着色中心は、ダイヤモンド試料中の炭素原子の多光子イオン化によるのではなく、ダイヤモンド試料の表面に衝突する電子によって生成されることが開示されている。レーザースポットがダイヤモンドの内側に集束されると、電子ビームが生成されないで、空孔を生成することができず、ダイヤモンド試料の損傷のみが見出されることがさらに開示されている。

【手続補正 2】  
 【補正対象書類名】明細書  
 【補正対象項目名】0 0 1 3  
 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0013】

ここに特許請求された発明に従って、請求項1に規定されたように、ターゲットの結晶格子内に捕捉された空孔を加工する方法が提供される。他の特徴は、従属項に記載される。

本明細書の実施形態に従って、広義には、結晶格子を改質する方法が提供され、該方法は、レーザを用いてターゲット内の制御された位置で結晶格子を改質するステップと、前記結晶格子をアニーリング処理して前記結晶中に所望の特徴を形成するステップとを含む。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0041】

本発明の第2の態様に従って(本特許請求の範囲には従っていない)、ターゲットの結晶格子における結晶欠陥の歪み処理方法が提供され、ターゲットをレーザシステム内に位置決めするステップと、結晶格子内の結晶欠陥の位置を決定するステップと、結晶欠陥の位置に基づいて改質されるべきターゲットの領域を決定するステップと、制御された光学パルスをターゲットの領域に付与して結晶格子を局所的に損傷させるステップと、ターゲットをアニーリング処理して結晶格子の損傷された領域から改質された結晶質又は非結晶質の構造を得るステップを含み、改質された結晶質又は非結晶質の構造は、結晶欠陥にて所望の歪み場(field)を誘発する。

## 【手続補正4】

【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】

ターゲット(420)の結晶格子内に捕捉された空孔を加工する方法であって、  
結晶格子内に空孔捕捉要素を有するターゲット(420)をレーザシステム(400)内に位置決めするステップと、

レーザビームを生成するレーザ(410)を用いてターゲット(420)内の結晶格子を改質して、格子空孔を生成するステップと、

ターゲット(420)をアニーリング処理して格子空孔を移動させ、空孔捕捉要素によって捕捉して、結晶格子内に捕捉された空孔を形成し、捕捉された空孔は着色中心の一部を形成するステップを含む方法において、

結晶格子を改質するステップは、ターゲット(420)の結晶格子の特定の領域にレーザビームの焦点を合わせるステップを備え、レーザ(410)は十分に低いエネルギーで作動されて、以下に示す、

ターゲット(420)は、アニーリング処理後に捕捉された空孔の周りの領域において損傷を受けておらず、

ターゲット(420)の表面は影響を及ぼされないか、改質されず、

ターゲット(420)の光学的特性は、捕獲された空孔が加工される箇所を除いて変化しないままであり、

目に見える損傷はターゲット(420)の結晶格子には引き起こされず、

1つ以上の隔離された空孔がレーザビームによって結晶格子内に生成され、レーザビームはアニーリング処理後に1つ以上の隔離され捕捉された空孔を形成する、  
の1つ以上が達成される、方法。

**【請求項 2】**

結晶格子を改質するステップは、結晶格子による非線形多光子吸収を含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

レーザ(410)は、吸収された光子のエネルギーがターゲット(420)のバンドギャップ未満となるように、中心波長で作動される、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

ターゲット(420)に入るレーザビームのパルスエネルギーが5nJと15nJとの間であり、好ましくはエネルギーは9nJと14nJとの間であり、更に好ましくは10nJと12nJとの間である、請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の方法。

**【請求項 5】**

空孔捕捉要素は窒素であり、又は空孔捕捉要素はシリコンであり、又は空孔捕捉要素はゲルマニウムである、請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の方法。

**【請求項 6】**

更に、レーザビームの波面を改質して、ターゲット(420)の屈折率によって引き起こされるレーザビームの収差を相殺するステップを含み、レーザビームの波面は、空間光変調器、変形可能なミラー、又は膜変形可能なミラーを使用して改質される、請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の方法。

**【請求項 7】**

更に、結晶格子を改質するための有効ビーム領域を減少させるために、ターゲット(420)の改質閾値(MT)に対するレーザ(410)のパルスエネルギー(PE)を選択するステップを含み、改質閾値(MT)が決定され、パルスエネルギー(PE)が、 $0.9MT < PE < 1.3MT$ となるように選択される、請求項 1 乃至 6 の何れかに記載の方法。

**【請求項 8】**

結晶格子の改質された領域は、200nm未満のサイズを有し、好ましくは100nm未満のサイズを有する、請求項 1 乃至 7 の何れかに記載の方法。

**【請求項 9】**

ターゲット(420)はダイヤモンド、炭化ケイ素又はシリコンである、請求項 1 乃至 8 の何れかに記載の方法。

**【請求項 10】**

アニーリング処理するステップは、ターゲット(420)を800 -1400 の間で15分間-24時間加熱するステップを含み、好ましくは、アニーリング処理するステップは、ターゲット(420)を約900 に約3時間加熱するステップを含む、請求項 1 乃至 9 の何れかに記載の方法。

**【請求項 11】**

ターゲット(420)の結晶格子内に捕捉された空孔の二次元または三次元のアレイまたはパターンを形成するステップを含み、アレイは、互いに周期的に間隔をおいて隔離され捕捉された空孔のグリッドである、請求項 1 乃至 10 の何れかに記載の方法。

**【請求項 12】**

レーザービームのパルスの持続時間は、ターゲット(420)内の熱拡散のための特有の時間スケールよりも短く、レーザによって生成されるパルスの持続時間は約80fsであり、及び/又は好ましくは、ターゲット(420)におけるパルス持続時間は約300fsである、請求項 4 又は 12 に記載の方法。

**【請求項 13】**

レーザ(410)は、ピコ秒又はフェムト秒レーザである、請求項 1 乃至 12 の何れかに記載の方法。

**【請求項 14】**

結晶格子を改質するステップは、結晶格子中における4次、又はより高次の非線形多光子吸収を含む、請求項 1 乃至 13 の何れかに記載の方法。

**【請求項 15】**

結晶格子を改質するステップは、5ミクロンを超える深さ、又はターゲット(420)の表面から100ミクロンを超える深さ、ターゲット(420)の表面から500ミクロンを超える深さで結晶格子を選択的に改質するステップを含む、請求項1乃至14の何れかに記載の方法。