

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6947664号
(P6947664)

(45) 発行日 令和3年10月13日(2021.10.13)

(24) 登録日 令和3年9月21日(2021.9.21)

(51) Int.Cl.		F I	
B 2 3 K 26/402	(2014.01)	B 2 3 K 26/402	
B 2 3 K 26/08	(2014.01)	B 2 3 K 26/08	Z
H O 2 K 15/04	(2006.01)	H O 2 K 15/04	Z

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2018-41006 (P2018-41006)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成30年3月7日(2018.3.7)	(73) 特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(65) 公開番号	特開2019-155375 (P2019-155375A)	(74) 代理人	110001210 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
(43) 公開日	令和1年9月19日(2019.9.19)	(72) 発明者	白井 謙 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	令和2年10月15日(2020.10.15)	(72) 発明者	上田 晃宏 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 絶縁皮膜剥離方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

導線と前記導線を被覆する絶縁皮膜とを有する絶縁皮膜付導線の長手方向の先端部にレーザー光を照射して、前記先端部から測って予め定めた所定の剥離長さの剥離境界までの部分の前記絶縁皮膜を剥離する絶縁皮膜剥離方法であって、

前記先端部から測って前記剥離境界の手前に予め定めた領域境界までの第一領域について、一方側から他方側に向かって前記レーザー光の照射位置を移動し、前記他方側に達した後、前記他方側から前記一方側に向かって前記レーザー光の照射位置を移動する折返し走査を行う第一領域走査工程と、

前記領域境界から前記剥離境界までの第二領域について、一方側から他方側に向かって前記レーザー光の照射を行い、前記他方側に達したら、前記レーザー光の照射を止めた状態で前記一方側に戻る一方向走査を行う第二領域走査工程と、

を含む、絶縁皮膜剥離方法。

【請求項2】

導線と前記導線を被覆する絶縁皮膜とを有する絶縁皮膜付導線の長手方向の先端部にレーザー光を照射して、前記先端部から測って予め定めた所定の剥離長さの剥離境界までの部分の前記絶縁皮膜を剥離する絶縁皮膜剥離方法であって、

前記先端部から測って前記剥離境界の手前に予め定めた領域境界までの第一領域について、中間位置から他方側に向かって前記レーザー光の照射位置を移動し、前記他方側に達した後、前記他方側から前記一方側に向かって前記レーザー光の照射位置を移動して折り返し

、前記一方側に達した後、前記一方側から前記中間位置に向かって前記レーザー光の照射位置を移動して折り返し前記中間位置に戻る折返し走査を行う第一領域走査工程と、

前記領域境界から前記剥離境界までの第二領域について、一方側から他方側に向かって前記レーザー光の照射を行い、前記他方側に達したら、前記レーザー光の照射を止めた状態で前記一方側に戻る一方向走査を行う第二領域走査工程と、

を含む、絶縁皮膜剥離方法。

【請求項 3】

前記第一領域走査工程において、

前記一方側は、前記先端部であり、前記他方側は、前記領域境界であり、

前記第二領域走査工程において、

前記一方側は、前記領域境界であり、前記他方側は、前記剥離境界である、請求項 1 または請求項 2 に記載の絶縁皮膜剥離方法。

10

【請求項 4】

前記レーザー光の移動は、照射ピッチ毎の微小移動である、請求項 1 または請求項 2 に記載の絶縁皮膜剥離方法。

【請求項 5】

前記絶縁皮膜付導線が延びる方向を長手方向とし 前記絶縁皮膜付導線の幅に沿って右側を幅方向の右側とし左側を幅方向の左側として、

前記第一領域走査工程においては、

前記長手方向の前記一方側を前記先端部とし、前記長手方向の前記他方側を前記領域境界として、

20

前記レーザー光の移動は、

前記右側と前記左側との間で照射ピッチ毎の微小移動による微小走査による幅方向の折返し走査を行い、

前記先端部から前記領域境界へ向かって前記幅方向の折返し走査を繰り返して長手方向について前記先端部から前記領域境界に向かう往路走査を行い、往路走査の後、前記領域境界から前記先端部へ向かって前記幅方向の折返し走査を繰り返して前記長手方向について前記領域境界から前記先端部に向かう復路走査を行い、これを所定回数繰り返して第一領域走査における折返し走査とし、

前記第二領域走査工程においては、

前記長手方向の前記一方側を前記領域境界とし、前記長手方向の前記他方側を前記剥離境界として、

30

前記レーザー光の移動は、

前記領域境界から前記剥離境界へ向かって照射ピッチ毎の微小移動による微小走査による長手方向の一方向折返し走査を行い、

前記幅方向の右側から前記幅方向の左側へ向かって前記長手方向の一方向折返し走査を行い、これを所定回数繰り返して第二領域走査における一方向走査とする、請求項 1 または請求項 2 に記載の絶縁皮膜剥離方法。

【請求項 6】

前記第一領域走査工程は、

前記第一領域を複数のサブ領域に分け、

各前記サブ領域について、前記サブ領域の中間位置を照射開始位置とする、請求項 2 に記載の絶縁皮膜剥離方法。

40

【請求項 7】

前記第二領域走査工程において、

前記レーザー光の移動は、

前記絶縁皮膜付導線の長手方向に対し所定の角度で傾斜した走査方向に沿った照射ピッチ毎の微小移動である、請求項 1 または 2 に記載の絶縁皮膜剥離方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本開示は、絶縁皮膜剥離方法に係り、特にレーザー光の照射によって絶縁皮膜付導線の絶縁皮膜を剥離する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、三相回転電機の各相の巻線を所定の巻回方法で結線するには、巻線である絶縁皮膜付導線の端部の絶縁皮膜を剥離して導線部分を露出し、相手側の導線部分と溶接等で接合する。絶縁皮膜は、金属芯線である導線を保護する役割を有しているため、絶縁皮膜の剥離長さは、回転電機の絶縁仕様等によって定められる。従来技術では、刃物で絶縁皮膜を物理的に剥離していたので、剥離長さは比較的精度よく管理できる。

10

【0003】

近年、レーザー加工が普及するにつれて、絶縁皮膜の剥離にレーザー光の照射を用いることが行われつつある。例えば、特許文献1には、絶縁皮膜を有する平角導線において端子部の絶縁皮膜をレーザー光の照射で除去する方法が述べられている。ここでは、絶縁皮膜を除去すべき端子部の一方側の側縁部から他方側の側縁部へ向けて一方向でレーザー光を複数回走査する一方向走査法を用いている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2017-123294号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

絶縁皮膜付導線の絶縁皮膜をレーザー光の照射によって剥離する場合、一方側から他方側に一方向で走査する方法によれば、レーザーヘッドは1回の照射ごとに一方側に戻るようになる。この戻るための復路時間は、レーザー照射に用いていないので、絶縁皮膜剥離の作業時間が長くなる。また、レーザー光を絶縁皮膜に連続的に長時間照射すると、絶縁機能のために本来残しておきたい絶縁皮膜の部分まで過度に加熱されて炭化し、剥離長さがばらつき、絶縁性能が低下する恐れがある。そこで、絶縁性能を確保しつつ、絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮できる絶縁皮膜剥離方法が要望される。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示に係る絶縁皮膜剥離方法は、導線と導線を被覆する絶縁皮膜とを有する絶縁皮膜付導線の長手方向の先端部にレーザー光を照射して、先端部から測って予め定めた所定の剥離長さの剥離境界までの部分の絶縁皮膜を剥離する絶縁皮膜剥離方法であって、先端部から測って剥離境界の手前に予め定めた領域境界までの第一領域について、

一方側から他方側に向かってレーザー光の照射位置を移動し、他方側に達した後、他方側から一方側に向かってレーザー光の照射位置を移動する折返し走査を行う第一領域走査工程と、領域境界から剥離境界までの第二領域について、一方側から他方側に向かってレーザー光の照射を行い、他方側に達したら、レーザー光の照射を止めた状態で一方側に戻る一方向走査を行う第二領域走査工程と、を含む。

40

【0007】

上記構成によれば、所定の剥離長さに対応する剥離境界の手前に領域境界を定める。そして、先端側の第一領域においては、レーザー光を折返し走査によって照射するので、折返し位置では往路の照射に引き続き復路の照射を受ける。これによって往路の照射で付与された熱が放熱されないまま次の熱が付与され、絶縁皮膜の剥離効率を高くでき、絶縁皮膜剥離の作業時間が短縮される。一方、剥離境界側の第二領域では、往路のみレーザー光の照射を受け、復路ではレーザー光の照射を受けないので、絶縁皮膜剥離の作業時間は長くなるが、絶縁皮膜を過度に加熱することがなく、絶縁性能を確保できる。

【0008】

50

本開示に係る絶縁皮膜剥離方法は、導線と導線を被覆する絶縁皮膜とを有する絶縁皮膜付導線の長手方向の先端部にレーザ光を照射して、先端部から測って予め定めた所定の剥離長さの剥離境界までの部分の絶縁皮膜を剥離する絶縁皮膜剥離方法であって、先端部から測って剥離境界の手前に予め定めた領域境界までの第一領域について、中間位置から他方側に向かってレーザ光の照射位置を移動し、他方側に達した後、他方側から一方側に向かってレーザ光の照射位置を移動して折り返し、一方側に達した後、一方側から中間位置に向かってレーザ光の照射位置を移動して折り返し中間位置に戻る折返し走査を行う第一領域走査工程と、領域境界から剥離境界までの第二領域について、一方側から他方側に向かってレーザ光の照射を行い、他方側に達したら、レーザ光の照射を止めた状態で一方側に戻る一方向走査を行う第二領域走査工程と、を含む。

10

【0009】

上記構成によれば、第一領域において、第一領域のいずれかの端面側を照射開始位置とする場合に比較し、絶縁皮膜の剥離効率が高いレーザ照射走査の折返し位置を2倍にでき、絶縁皮膜剥離の作業時間がさらに短縮できる。

【0010】

本開示に係る絶縁皮膜剥離方法は、第一領域走査工程において、一方側は、先端部であり、他方側は、領域境界であり、第二領域走査工程において、一方側は、領域境界であり、他方側は、剥離境界であることが好ましい。

【0011】

本開示に係る絶縁皮膜剥離方法において、レーザ光の移動は、照射ピッチ毎の微小移動であることが好ましい。

20

【0012】

本開示に係る絶縁皮膜剥離方法は、絶縁皮膜付導線が延びる方向を長手方向とし、絶縁皮膜付導線の幅に沿って右側を幅方向の右側とし左側を幅方向の左側として、第一領域走査工程においては、長手方向の一方側を先端部とし、長手方向の他方側を領域境界として、レーザ光の移動は、右側と左側との間で照射ピッチ毎の微小移動による微小走査による幅方向の折返し走査を行い、先端部から領域境界へ向かって幅方向の折返し走査を繰り返して長手方向について先端部から領域境界に向かう往路走査を行い、往路走査の後、領域境界から先端部へ向かって幅方向の折返し走査を繰り返して長手方向について領域境界から先端部に向かう復路走査を行い、これを所定回数繰り返して第一領域走査における折返し走査とし、第二領域走査工程においては、長手方向の一方側を領域境界とし、長手方向の他方側を剥離境界として、レーザ光の移動は、領域境界から剥離境界へ向かって照射ピッチ毎の微小移動による微小走査による長手方向の一方向折返し走査を行い、幅方向の右側から幅方向の左側へ向かって長手方向の一方向折返し走査を行い、これを所定回数繰り返して第二領域走査における一方向走査とすることが好ましい。

30

【0013】

本開示に係る絶縁皮膜剥離方法において、第一領域走査工程は、第一領域を複数のサブ領域に分け、各サブ領域について、サブ領域の中間位置を照射開始位置とすることが好ましい。

【0014】

上記構成によれば、第一領域において、第一領域における中間位置からの照射開始に比較し、絶縁皮膜の剥離効率が高いレーザ照射走査の折返し位置をサブ領域の数に応じて増やせるので、絶縁皮膜剥離の作業時間が一層短縮される。

40

【0015】

本開示に係る絶縁皮膜剥離方法は、第二領域走査工程において、レーザ光の移動は、絶縁皮膜付導線の長手方向に対し所定の角度で傾斜した走査方向に沿った照射ピッチ毎の微小移動であることが好ましい。

【0016】

上記構成によれば、第二領域走査工程における走査方向が傾斜するので、傾斜していない場合に比較して、走査時間が長くなり、ゆっくりと絶縁皮膜の剥離を行うことができ、

50

絶縁性能の確保が容易になる。

【発明の効果】

【0017】

上記構成の絶縁皮膜剥離方法によれば、絶縁性能を確保しつつ、絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮できる

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】実施の形態の絶縁皮膜剥離方法が実行されるレーザー光を用いた絶縁皮膜剥離システムの構成図である。

【図2】レーザー光の照射による絶縁皮膜の炭化を示す図である。

10

【図3】図2に引き続き、炭化した絶縁皮膜のレーザー光の照射による蒸散を示す図である。

【図4】実施の形態の絶縁皮膜剥離方法の手順を示すフローチャートである。

【図5】実施の形態の絶縁皮膜剥離方法における第一領域の折返し走査を示す図である。図5の上段の図は、往路走査を示し、下段の図は上段の往路走査に引き続く復路走査を示す図である。

【図6】実施の形態の絶縁皮膜剥離方法における第二領域の一方向走査を示す図である。

【図7A】図5の白抜矢印の走査方向を抜き出して、実施の形態の絶縁皮膜剥離方法における折返し走査の作用効果を示す図である。

【図7B】横軸に時間、縦軸に温度を取り、対応する図7Aの温度評価位置における温度の時間変化を示す図である。

20

【図8A】図6の白抜矢印の走査方向を抜き出して、実施の形態の絶縁皮膜剥離方法における一方向走査の作用効果を示す図である。

【図8B】横軸に時間、縦軸に温度を取り、対応する図8Aの温度評価位置における温度の時間変化を示す図である。

【図9A】図7Aに対応し、実施の形態の絶縁皮膜剥離方法において、第一領域の中間位置を照射開始位置とする折返し走査を示す図である。

【図9B】図7Bに対応し、実施の形態の絶縁皮膜剥離方法において、第一領域の中間位置を照射開始位置とする折返し走査の作用効果を示す図である。

【図10A】実施の形態の絶縁皮膜剥離方法において、折返し走査の照射開始位置の他の1つ目の例として、長手方向の折返し走査を繰り返しながら、幅方向に走査することで、幅方向の折返し走査を行う場合を示す図である。

30

【図10B】実施の形態の絶縁皮膜剥離方法において、折返し走査の照射開始位置の他の2つ目の例として、第一領域を3つのサブ領域に分け、それぞれに中間位置を設ける場合を示す図である。

【図10C】実施の形態の絶縁皮膜剥離方法において、折返し走査の照射開始位置の他の3つ目の例として、第一領域を6つのサブ領域に分け、それぞれに中間位置を設ける場合を示す図である。

【図11A】実施の形態の絶縁皮膜剥離方法において、一方向走査の走査方向の他の1つ目の例として、スポットの走査方向を長手方向に対し所定の角度で傾斜する場合を示す図である。

40

【図11B】実施の形態の絶縁皮膜剥離方法において、一方向走査の走査方向の他の2つ目の例として、図11Aとは反対方向に所定の角度で傾斜する場合を示す図である。

【図11C】実施の形態の絶縁皮膜剥離方法において、一方向走査の走査方向の他の3つ目の例として、傾斜した角度を付けないが、スポットの走査方向として、剥離境界から領域境界に向かう長手方向の一方向走査を繰り返す場合を示す図である。

【図12】比較例として、第二領域を設けない場合の剥離境界の状態を示す図である。

【図13A】絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮する比較例として、レーザー光のスポット照射ピッチを変更する場合の基準となる照射ピッチP0の場合を示す図である。

【図13B】絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮する比較例として、図13Aよりも狭い照射

50

ピッチ P_1 の場合を示す図である。

【図 1 4 A】絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮する比較例として、スポットの位置精度が所定の範囲を超えてばらつかないように設定されているレーザー光のパルス周波数 f_0 の場合を示す図である。

【図 1 4 B】絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮する比較例として、 f_0 より高いパルス周波数 f_1 について、スポットの位置精度を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下に図面を用いて本開示に係る実施の形態につき詳細に説明する。以下において、絶縁皮膜付導線として、車両に搭載される回転電機のステータ巻線に用いられるセグメントコイルを述べるが、これは説明のための例示であって、先端部側の絶縁皮膜の剥離が必要な絶縁皮膜付導線であればよい。

【0020】

以下に述べる形状、材質、寸法等は、説明のための例示であって、絶縁皮膜剥離方法の仕様等により、適宜変更が可能である。また、以下では、全ての図面において同様の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0021】

図 1 は、レーザー光を用いた絶縁皮膜剥離システム 10 の構成図である。以下では、特に断らない限り、レーザー光を用いた絶縁皮膜剥離システム 10 を、絶縁皮膜剥離システム 10 と呼ぶ。絶縁皮膜剥離システム 10 は、制御装置 12 を備える。制御装置 12 は、レーザー光源部 14 と、絶縁皮膜剥離方法に用いられる絶縁皮膜剥離プログラムを実行する制御部 16 を有する。絶縁皮膜剥離プログラムは、制御部 16 のメモリに格納される。レーザー光源部 14 は、波長 $1.06 \mu\text{m}$ を有する YAG レーザと、YAG レーザが放射するレーザー光をビーム状に整形する光学系等を含む。レーザーファイバ 17 は、レーザー光源部 14 から供給されるレーザー光 20 をレーザーヘッド 18 に導く光学部品である。レーザーヘッド 18 は、走査部 19 を備え、制御部 16 の制御の下で、照射対象物の任意の位置にレーザー光 20 を走査する。

【0022】

レーザー光源部 14 は、YAG レーザが放射し所定のレーザー出力 W_0 を有するレーザー光を所定のビーム径 d_0 のレーザービームに整形して出力する。レーザーヘッド 18 から放射されるレーザー光 20 は、レーザー光源部 14 からのビーム径 d_0 のレーザービームを、制御部 16 の制御の下で所定のパルス周波数 f_0 でパルス化して放射されるパルスレーザー光である。

【0023】

走査部 19 は、レーザーヘッド 18 に備えられ、レーザーヘッド 18 の先端から放射されるビーム径 d_0 のレーザービームを任意の方向に移動させる機構である。走査部 19 の機構としては、XY ステージが用いられる。この場合は、XY ステージの XY 平面に対し平行に照射対象物の表面を配置し、XY 平面に対し垂直下方にレーザービームを放射することで、照射対象物の表面にビーム径 d_0 と同じ直径のスポット 22 が照射される。そこで、所定の走査経路 24 (図 2 参照) に沿って XY ステージを所定の走査速度 V_0 (cm/s) で移動させることで、スポット 22 は、照射ピッチ $P_0 = (V_0 / f_0)$ で走査経路 24 に沿って走査される。

【0024】

以下では、レーザー光 20 は、波長が $1.06 \mu\text{m}$ でレーザー出力 W_0 を有し、パルス周波数 f_0 のパルスレーザー光が、照射対象物の表面にビーム径 d_0 と同じ直径のスポット 22 として照射され、走査経路 24 に沿って、照射ピッチ P_0 で走査されるものとする。

【0025】

図 1 に、絶縁皮膜剥離システム 10 の構成要素ではないが、レーザー光 20 の照射対象物である絶縁皮膜付導線 30 を示す。絶縁皮膜付導線 30 は、車両に搭載される回転電機のステータ巻線に用いられるセグメントコイルである。絶縁皮膜付導線 30 は、断面形状が略矩形の導線 32 と、導線 32 の表面を被覆する絶縁皮膜 34 とを有する平角線である。

導線 3 2 は、金属芯線で、銅線が用いられる。銅線に代えて、銅錫合金線、銀メッキ銅錫合金線等でもよい。絶縁皮膜 3 4 としては、ポリアミドイミドのエナメル皮膜が用いられる。

【 0 0 2 6 】

セグメントコイルは、回転電機のステータコアに所定の配置関係で配置され、その先端部側は、他のセグメントコイルの先端部側と溶接等で結合され、所定の巻回方法で巻回された各相巻線を形成する。したがって、先端部側の絶縁皮膜を所定の剥離長さ L 0 で剥離して導線 3 2 を露出させる必要があり、そのために、絶縁皮膜剥離システム 1 0 が用いられる。

【 0 0 2 7 】

図 1 には、絶縁皮膜付導線 3 0 について、絶縁皮膜 3 4 がレーザー光 2 0 の照射によって剥離される剥離境界 4 0 を示す。絶縁皮膜付導線 3 0 の先端部 4 2 から測って剥離境界 4 0 までの長さが剥離長さ L 0 である。剥離長さ L 0 に対応する領域は、レーザー走査パターンが異なる 2 つの領域に分けられる。2 つの領域の境界を領域境界 4 4 と呼ぶと、領域境界 4 4 は、先端部 4 2 から測って剥離境界 4 0 の手前に設定される。先端部 4 2 から領域境界 4 4 までの領域を第一領域 5 0 と呼び、領域境界 4 4 から剥離境界 4 0 までの領域を第二領域 5 2 と呼ぶ。第一領域の長手方向の長さ L_1 と第二領域の長手方向の長さ L_2 の関係は、 $L_1 > L_2$ である。第一領域 5 0 と第二領域 5 2 とに分ける理由を含め、第一領域 5 0 と第二領域 5 2 の詳細については後述する。

【 0 0 2 8 】

図 1 に、互いに直交する三方向として、長手方向、幅方向、厚さ方向を示す。長手方向は、絶縁皮膜付導線 3 0 が延びる方向であり、長手方向の両方向を区別する場合には、絶縁皮膜付導線 3 0 の先端部 4 2 に向かう方向を先端側とし、反対方向を根元側とする。幅方向は、絶縁皮膜付導線 3 0 の幅方向であり、幅方向の両側を区別する場合には、根元側から先端側を見て右方向を右側とし、左方向を左側とする。厚さ方向は、絶縁皮膜付導線 3 0 の厚さ方向であり、厚さ方向の両側を区別する場合には、レーザー光 2 0 が照射される照射面の方向を上側とし、反対側を下側とする。以下の図でも同様である。

【 0 0 2 9 】

図 2 と図 3 は、波長 $1.06 \mu\text{m}$ のレーザー光 2 0 による絶縁皮膜 3 4 の剥離を示す図である。各図において、レーザー光 2 0 のスポット 2 2 とその走査経路 2 4 とを示す。

【 0 0 3 0 】

図 2 は、第一段階として、レーザー光 2 0 の照射によって絶縁皮膜 3 4 が炭化することを示す図である。波長 $1.06 \mu\text{m}$ は、赤外線波長であるので、絶縁皮膜 3 4 の材質であるポリアミドイミドを透過し、導線 3 2 の銅を加熱する。レーザー光 2 0 の照射によって単位時間当たり単位面積の照射対象物が受けるエネルギーをレーザーエネルギー密度として、レーザーエネルギー密度が所定以上あると、高温化した銅によってポリアミドイミドは炭化し、絶縁皮膜 3 4 は炭化層 3 6 となる。図 2 では、レーザー光 2 0 が走査経路 2 4 の先端側から根元側に向かって走査する途中を示すので、レーザー光 2 0 の現在のスポット 2 2 の位置よりも先端側の絶縁皮膜 3 4 が炭化層 3 6 となっている。

【 0 0 3 1 】

図 3 は、第一段階の後の第二段階として、炭化層 3 6 にレーザー光 2 0 が照射されると、黒色の炭化層 3 6 はレーザー光 2 0 のエネルギーを吸収し高温となり、レーザーエネルギー密度が所定以上あると、破片 3 8 となり気化して蒸散することを示す図である。図 3 では、レーザー光 2 0 が走査経路 2 4 に沿って先端側から根元側に向かって走査する途中を示すので、レーザー光 2 0 の現在のスポット 2 2 の位置よりも先端側の炭化層 3 6 が蒸散し、導線 3 2 の導線露出面 3 3 が現れている。このようにして、所定以上のレーザーエネルギー密度のレーザー光 2 0 の照射によって、絶縁皮膜 3 4 が剥離される。

【 0 0 3 2 】

図 4 は、絶縁皮膜剥離方法の手順を示すフローチャートである。各手順は、絶縁皮膜剥

10

20

30

40

50

離システム 10 の制御部 16 によって実行される絶縁皮膜剥離プログラムの各処理手順に対応する。

【0033】

初めに剥離長さ L_0 が設定される (S10)。剥離長さ L_0 は、複数の絶縁皮膜付導線 30 の先端の導線露出面 33 を結合する結合装置の仕様等で定めることができる。結合装置の例は、溶接装置である。一例を挙げると、剥離長さ L_0 は、数 mm である。これは説明のための例示であって、場合によって 10 mm を超える場合もある。

【0034】

次に、剥離長さ L_0 の部分について、第一領域 50 と第二領域 52 とが設定される (S12)。具体的には、長手方向に沿って、剥離長さ L_0 を先端側の L_{50} と根元側の L_{52} の 2 つに分ける。ここで、 $L_0 = (L_{50} + L_{52})$ で、 $L_{50} > L_{52}$ である。図 1 の例では、 L_{50} は L_{52} の約 5 倍である。これは説明のための例示であって、結合装置の仕様、絶縁皮膜付導線 30 の仕様等によって適宜変更が可能である。

【0035】

そして、第一領域 50 について、折返し走査が行われる (S14)。折返し走査とは、走査領域内の一方側から他方側に向かってレーザヘッド 18 を移動させてレーザ光 20 の照射位置を移動する走査を行い、他方側に達した後、他方側から一方側に向かって、レーザ光の照射を継続しながらレーザヘッド 18 を移動させレーザ光 20 の照射位置を移動させて折り返す走査方法である。折返し数は、絶縁皮膜付導線 30 に対する絶縁皮膜剥離に必要な所定のレーザエネルギー密度の仕様等によって定められる。第一領域 50 の全体について折返し走査を行う走査モードを、以下では、レーザ光 20 の第一走査モードと呼ぶ。

【0036】

また、第二領域 52 について、一方向走査が行われる (S16)。一方向走査とは、走査領域内の一方側から他方側に向かってレーザヘッド 18 を移動させてレーザ光 20 を照射する走査を行い、他方側に達したら、レーザ光 20 の照射を止めた状態でレーザヘッド 18 を移動させて一方側に戻らせる走査方法である。一方向走査の繰り返し数は、絶縁皮膜付導線 30 に対する絶縁皮膜剥離に必要な所定のレーザエネルギー密度の仕様、及び、絶縁皮膜付導線 30 の絶縁性能仕様等によって定められる。第二領域 52 の全体について一方向走査を行う走査モードを、以下では、レーザ光 20 の第二走査モードと呼ぶ。

【0037】

S14 と S16 の処理順序は、S14 を先に行い、次に S16 を行う。これに代えて、S16 を先に行い、次に S14 を行ってもよい。

【0038】

剥離長さ L_0 について第一領域 50 と第二領域 52 とに分けたのは、剥離境界 40 よりも根元側でレーザ光 20 の照射を受けない絶縁皮膜 34 の絶縁性能の確保と、絶縁皮膜付導線 30 の先端部 42 側における絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮するためである。そこで、図 5、図 6 を用いて、第一走査モードと第二走査モードについて述べる。図 5 は、第一領域 50 におけるレーザ光 20 の第一走査モード 60 を示す図であり、図 6 は、第二領域 52 におけるレーザ光 20 の第二走査モード 62 を示す図である。

【0039】

図 5 は、折返し走査を実行する第一走査モード 60 について、1 回の折返し走査の走査経路 24 を示す図である。図 5 の上段の図は、1 回の折返し走査の往路の走査経路 24 を示し、下段の図は、復路の走査経路 25 を示す。

【0040】

図 5 における折返し走査の往路の走査経路 24 は以下の通りである。第一領域 50 の最も先端側で且つ最も右側の位置が、往路の走査開始位置 S1 である。レーザ光 20 は、パルスレーザ光であるので、レーザビームのスポット 22 は、照射ピッチ P_0 で走査経路 24 上を走査する。右側を幅方向の一方側とすると、走査開始位置 S1 から幅方向における他方側である左側に向かう走査経路 24 に沿って、スポット 22 は幅方向に走査する。スポット 22 が幅方向の他方側である左側に達すると、スポット 22 は、長手方向に沿って

10

20

30

40

50

長手方向の他方側である根元側に照射ピッチ P_0 だけ微小走査する(図 13 参照)。長手方向の微小走査がなされた位置で、今度は、幅方向に沿って一方側である右側に向かう走査経路 24 に沿って、スポット 22 は幅方向に走査する。スポット 22 が幅方向の一方側である右側に達すると、スポット 22 は、長手方向に沿って長手方向の他方側である根元側に照射ピッチ P_0 だけ微小走査し、次に、幅方向の他方側である左側へ向かう走査経路 24 に沿って走査する。なお、微小走査の前後において、適当な曲率半径を有してもよい。例えば、緩やかに照射ピッチを変更しながら走査方向を幅方向の他方側から幅方向の一方側に変化するようにしてもよい。以下で述べる「微小走査」についても同様である。

【0041】

これを繰り返し、スポット 22 が第一領域 50 の最も根元側で且つ最も左側に達すると、そこが往路の走査終了位置 E1 である。図 5 の上段の図における白抜矢印は、幅方向の折返し走査を繰り返して、長手方向について先端側から根元側に向かって走査する第一走査モード 60 の往路部分を模式的に示す。

10

【0042】

折返し走査の復路の走査経路 25 は、往路の走査終了位置 E1 を復路の走査開始位置 S2 とし、往路の走査経路 24 における走査方向を逆向きにした走査経路である。図 5 の下段の図では、第一領域 50 の最も先端側で且つ最も右側の位置が、復路の走査終了位置 E2 である。復路の走査終了位置 E2 は、往路の走査開始位置 S1 と同じである。図 5 の下段における白抜矢印は、幅方向の折返し走査を繰り返して、長手方向について根元側から先端側に向かって走査する第一走査モード 60 の復路部分を模式的に示す。

20

【0043】

図 6 は、一方向走査を実行する第二走査モード 62 について、1 回の一方向走査の走査経路 26 を示す図である。図 6 における一方向走査の 1 回の走査経路 26 は以下の通りである。第二領域 52 の最も先端側の領域境界 44 で且つ最も右側の位置が、一方向走査の走査経路 26 の走査開始位置 S3 である。先端側である領域境界 44 を長手方向の一方側とすると、走査開始位置 S3 から長手方向における他方側である剥離境界 40 に向かう走査経路 26 に沿って、スポット 22 は長手方向に走査する。スポット 22 が長手方向の他方側である剥離境界 40 に達すると、レーザ光 20 の照射を止めて、レーザヘッド 18 は、長手方向の一方側である領域境界 44 に戻り、さらに幅方向の他方側である左側に照射ピッチ P_0 だけ微小移動する。その位置でレーザ光 20 の照射を始め、長手方向の他方側である剥離境界 40 に向かう走査経路 26 に沿って、スポット 22 の走査が行われる。スポット 22 が長手方向の他方側である剥離境界 40 に達すると、レーザ光 20 の照射を止めて、レーザヘッド 18 は、長手方向の一方側である領域境界 44 に戻り、さらに幅方向の他方側である左側に照射ピッチ P_0 だけ微小移動する。これを繰り返して、スポット 22 が第二領域 52 の最も根元側の剥離境界 40 で且つ最も左側に達すると、そこが一方向走査の走査終了位置 E3 である。図 6 における白抜矢印は、長手方向の一方向走査を繰り返して、幅方向について右側から左側に向かって走査する第二走査モード 62 の 1 回分の走査を模式的に示す。

30

【0044】

折返し走査と一方向走査の作用効果について、図 7 A、図 7 B、図 8 A、図 8 B を用いて説明する。図 7 A と図 8 A は、それぞれ図 5、図 6 の白抜矢印の走査方向を抜き出して示し、 t_0 、 t_1 等は、走査時間である。走査開始時間が t_0 で、時間経過と共に t の後の数字が増加する。四角枠で囲んだ A、B、C は、領域内の温度評価位置である。図 7 B と図 8 B は、横軸に時間、縦軸に温度を取り、対応する図 7 A と図 8 A の温度評価位置における温度の時間変化を示す図である。

40

【0045】

図 7 B は、折返し走査について、第一領域 50 内の温度評価位置として、先端側に A 点、根元側の領域境界 44 付近に B 点を取り、それぞれについて温度の時間変化を示す図である。A 点も B 点もレーザヘッド 18 の 1 往復につき、2 回の照射を受けるが、B 点は、折返し走査におけるレーザヘッド 18 の折返し点であり、時間 t_2 でレーザヘッド 18 の

50

往路のスポット 2 2 の照射を受け、引き続き時間 t_3 で復路のスポット 2 2 の照射を受ける。 $\{(時間 t_3) - (時間 t_2)\}$ は、スポット 2 2 の照射ピッチ P_0 の移動時間で、(照射ピッチ P_0 / 走査速度 V_0) で計算され、短い時間である。すなわち、折返し位置である B 点においては、短い時間内で 2 回の照射を受けるので、往路のスポット 2 2 の照射による熱が放熱されないうちに復路のスポット 2 2 の照射の熱を受ける。これにより、折返し位置である B 点の温度 T_2 は、他の位置の温度よりも高くなり、絶縁皮膜付導線 3 0 における絶縁皮膜 3 4 の剥離効率が他の位置に比べ向上する。図 5 で述べたように、第一領域 5 0 における 1 回の折返し走査では、第一領域 5 0 の右側の側縁全体、左側の側縁全体、領域境界 4 4 の全体に連続して折返し位置が生じる。これらの折返し位置において、絶縁皮膜 3 4 の剥離効率が向上するので、一方向走査が行われる場合に比較して、第一領域 5 0 における絶縁皮膜剥離の作業時間が短縮される。

10

【 0 0 4 6 】

一方、折返し点から離れた A 点では、時間 t_1 で往路のスポット 2 2 の照射を受け、1 往復後の時間 t_4 で復路のスポット 2 2 の照射を受けるので、照射間隔が長く、A 点の温度 T_1 は、B 点の温度 T_2 に比べ低い温度となる。照射間隔が十分長い場合には、A 点の温度 T_1 は、一方向走査が行われた場合の温度と同じとなる。

【 0 0 4 7 】

図 8 B は、一方向走査について、第二領域 5 2 内の温度評価位置として、剥離境界 4 0 付近に C 点を取り、2 つの走査経路 2 6 に沿ってそれぞれ一方向走査を行った場合の温度の時間変化を示す図である。一方向走査においてレーザヘッド 1 8 は、領域境界 4 4 から剥離境界 4 0 に移動する時にレーザ光 2 0 を照射するが、剥離境界 4 0 から領域境界 4 4 に戻る時はレーザ光 2 0 の照射を止める。図 8 B の例では、C 点は、時間 t_1 においてレーザ光 2 0 の照射を受けて温度が T_1 に上がるが、 t_2 で温度が下がり始め、次にレーザ光 2 0 の照射を受ける時間 t_3 で再び温度が T_1 に上昇する。第二領域 5 2 内では、どの位置においても、一定の時間間隔においてスポット 2 2 の照射を受け、図 7 B の折返し走査における B 点のように、他に比べて短い時間間隔でレーザ光 2 0 の照射を受ける位置がない。第二領域 5 2 内では、どの位置においてもレーザ光 2 0 の照射を受けた時間に温度が T_1 に上がるが、それ以上の温度になることがない。

20

【 0 0 4 8 】

図 7 B、図 8 B を比較して分かるように、折返し走査においては、折返し位置が高い温度 T_2 となるが、一方向走査においては、どの位置も T_2 より低い温度 T_1 である。また、折返し走査では、レーザヘッド 1 8 の一往復の全体においてスポット 2 2 の照射を受けるが、一方向走査では、レーザヘッド 1 8 の一往復のうち、半分の往路のみにおいてスポット 2 2 の照射を受ける。このことにより、折返し走査が行われる第一領域 5 0 においては絶縁皮膜 3 4 の剥離効率が向上し、1 往復の全部の時間に渡ってスポット 2 2 の照射を受けるので、絶縁皮膜剥離の作業時間が短縮される。一方向走査が行われる第二領域 5 2 では、絶縁皮膜剥離のための走査時間が長くなるが、剥離境界 4 0 よりも根元側の絶縁皮膜 3 4 は過度の高温に曝されることがないので、絶縁性能が確保される。

30

【 0 0 4 9 】

図 7 A、図 7 B の A 点は、折返し走査において、折返し位置から離れた位置であるので、スポット 2 2 の照射を受ける時間間隔が長く、温度は一方向走査の C 点と同じ T_1 である。このことから、レーザ光 2 0 の照射を受ける時間間隔を短時間になるようにすれば、その位置の温度を高くできることになる。

40

【 0 0 5 0 】

図 9 A と図 9 B は、第一領域 5 0 において、折返し走査の照射開始位置を先端部 4 2 と領域境界 4 4 の中間位置 C L に設定し、図 7 と同じ先端側の A 点と根元側の B 点の温度の時間変化を示す図である。図 9 A は図 7 A に対応する図であり、図 9 B は図 7 B に対応する図である。

【 0 0 5 1 】

図 9 A に示すように、中間位置 C L における時間 t_0 で照射が開始し、先端側に向かっ

50

て走査され、時間 t_1 で先端部 42 に達し、そこで折り返し、時間 t_2 から根元側に向かって走査し時間 t_3 で中間位置 CL を通過して時間 t_4 で根元側に達する。そこで折り返し、時間 t_5 から中間位置 CL に向かって走査され、時間 t_6 で中間位置 CL に戻る。この場合、A 点も B 点も折返し位置となるので、図 9 B に示すように、高い温度 T_2 となる。

【0052】

図 10 A、図 10 B、図 10 C は、折返し走査の他の例を示す図である。図 9 A では、スポット 22 の走査方向として、幅方向の折返し走査を繰り返しながら、長手方向に走査し、長手方向の折返し走査を行ったが、その順序を逆にしてもよい。図 10 A は、スポット 22 の走査方向として、長手方向の折返し走査を繰り返しながら、幅方向に走査すること
10
で、幅方向の折返し走査を行う場合を示す。この場合の中間位置 CL は、第一領域 50 における幅方向の中間の位置となる。図 10 B は、第一領域 50 を 3 つのサブ領域 54 に分け、それぞれに中間位置 CL を設ける例である。この場合、高い温度 T_2 を有する折返し位置を、合計 6 つに増やすことができる。図 10 C は、第一領域 50 を 6 つのサブ領域 56 に分け、それぞれに中間位置 CL を設ける例である。この場合、高い温度 T_2 を有する折返し位置を、合計 12 に増やすことができる。このように、第一領域 50 を複数のサブ領域 54, 56 に分けて、それぞれについて中間位置 CL を照射開始位置として折返し走査を行うことで、高い温度 T_2 を有する折返し位置の数を増やすことができる。

【0053】

上記では、第二領域 52 における一方向走査のスポット 22 の走査方向として、領域境界 44 から剥離境界 40 に向かう長手方向の一方向走査を繰り返すものとした。図 11 A、図 11 B、11 C は、一方向走査の走査方向の例を示す図である。図 11 A は、スポット 22 の走査方向を長手方向に対し所定の角度 で傾斜する。図 11 B は図 11 A とは反対方向に所定の角度 で傾斜する例である。スポット 22 の走査方向を長手方向に傾斜させることで、傾斜していない場合に比較して、走査時間が長くなり、ゆっくりと絶縁皮膜 34 の剥離処理ができ、剥離境界 40 よりも根元側の絶縁性能の確保が容易になる。図 11 C は、傾斜した角度 を付けないが、スポット 22 の走査方向として、剥離境界 40 から領域境界 44 に向かう長手方向の一方向走査を繰り返す例を示す図である。一方向走査においては、どの位置も同じ温度 T_1 であるので、図 11 C の場合も剥離境界 40 は温度 T_1 となり、剥離境界 40 よりも根元側の絶縁皮膜 34 の絶縁性能を確保できる。
20
30

【0054】

上記構成の作用効果について、比較例を用いてさらに説明する。図 12 は、第二領域 52 を設けない場合について、剥離境界 40 付近の絶縁皮膜 34 の状態を示す図である。この場合、剥離境界 40 よりも根元側にはレーザー光 20 が照射されないが、剥離境界 40 よりも先端側には絶縁皮膜剥離の作業時間の短縮のために折返し走査が行われる。したがって、剥離境界 40 は、高い温度 T_2 となり、絶縁機能のために本来残しておきたい絶縁皮膜 34 の部分まで過度に加熱され、図 12 に示すように、炭化層 36 が生じることがある。剥離境界 40 よりも根元側の絶縁皮膜 34 の部分に炭化層 36 が生じると、剥離長さ L_0 がばらつき、絶縁性能が低下する恐れがある。これに対し、図 4 の絶縁皮膜剥離方法においては、一方向走査が行われる第二領域 52 が設けられるので、剥離境界 40 の温度は
40
 T_1 よりも低い温度 T_2 となり、剥離境界 40 付近に炭化層 36 が生じることが抑制され、剥離長さ L_0 がばらつかない。

【0055】

次に、従来技術において、絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮するために用いられる方法と比較する。レーザー光 20 を用いて絶縁皮膜 34 を剥離するには、単位時間、単位面積当たり一定値以上の熱エネルギーを付与する必要がある。そのためには、パルス周波数が一定の場合には、走査速度を遅くして、照射ピッチを狭くすることになる。図 13 A は、照射ピッチ P_0 の例で、図 13 B は図 13 A よりも狭い照射ピッチ P_1 の例である。図 13 A と図 13 B を比較して分かるように、照射ピッチを狭くすると、単位時間に走査経路 24 を走査する長さである走査速度が遅くなる。したがって、絶縁皮膜剥離の作業時間が長
50

くなる。これに対し、図4の絶縁皮膜剥離方法では、第一領域50の絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮できるが、照射ピッチは常にP0の一定値で、特に狭くする必要がない。

【0056】

従来技術において、照射ピッチが一定の場合に絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮するには、レーザ出力を高くするか、パルス周波数を高くするかである。レーザ出力を高くするには、大出力のレーザ光源部14とする必要があるが、装置コストが高くなる。これに対し、図4の絶縁皮膜剥離方法では、第一領域50の絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮できるが、レーザ光源部14のレーザ出力は常にW0の一定値で、特に大出力にする必要がない。

【0057】

従来技術において、照射ピッチが一定でレーザ出力が一定の場合に絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮するにはパルス周波数を高くする。図14Aと図14Bは、レーザ光20のパルス周波数を高くする場合を示す図である。図14Aは、パルス周波数 f_0 の場合について、連続して放射される3つのスポット22を並べて、その位置精度を示す図である。 f_0 は、各スポット22の位置精度が所定の範囲を超えてばらつかないように設定されている。図14Bは、 f_0 より高いパルス周波数 f_1 について、連続して放射される3つのスポット22を並べて、その位置精度を示す図である。パルス周波数を f_0 から f_1 に上げると、N回目のスポット22の照射から次の(N+1)回目のスポット22の照射へ移る時間が短くなり、スポット22の走査経路24上の位置精度が低下する。図14Bでは、スポット22の位置精度のばらつきを破線で示す。これに対し、図4の絶縁皮膜剥離方法では、第一領域50の絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮できるが、パルス周波数は常に f_0 の一定値で、特に上げる必要がない。

【0058】

上記のように、図4の絶縁皮膜剥離方法では、レーザ光20に関するレーザ出力、照射ピッチ、パルス周波数を特に変更することなく、絶縁皮膜付導線30の先端側に折返し走査を行う第一領域50を設けて、絶縁皮膜剥離の作業時間を短縮できる。また、第一領域50と剥離境界40との間に一方向走査を行う第二領域52を設けて、絶縁皮膜付導線30の絶縁性能を確保することができる。

【符号の説明】

【0059】

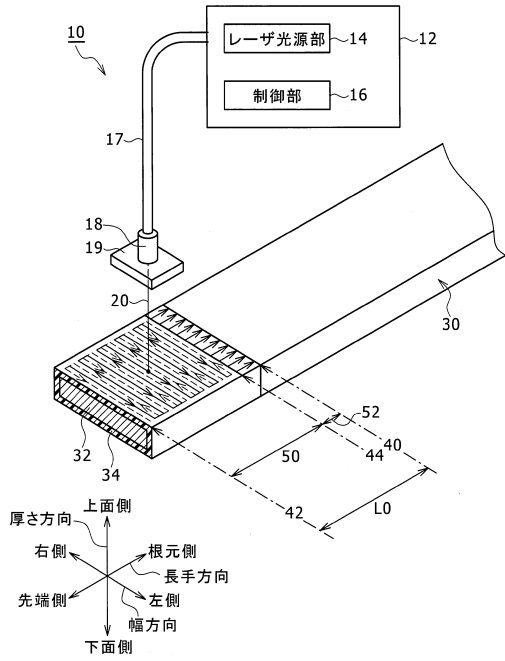
10 (レーザ光を用いた)絶縁皮膜剥離システム、12 制御装置、14 レーザ光源部、16 制御部、17 レーザファイバ、18 レーザヘッド、19 走査部、20 レーザ光、22 スポット、24, 25, 26 走査経路、30 絶縁皮膜付導線、32 導線、33 導線露出面、34 絶縁皮膜、36 炭化層、38 破片、40 剥離境界、42 先端部、44 領域境界、50 第一領域、52 第二領域、54, 56 サブ領域、60 第一走査モード、62 第二走査モード。

10

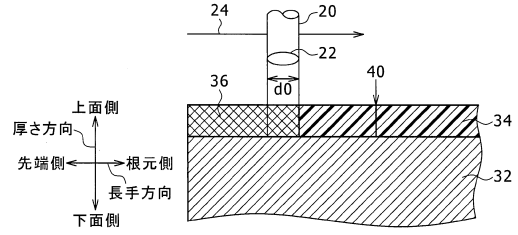
20

30

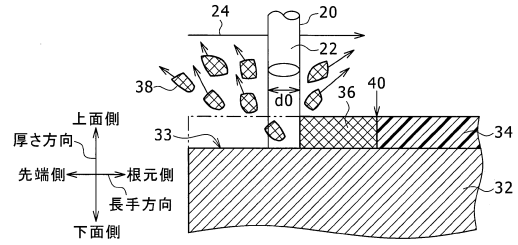
【図1】



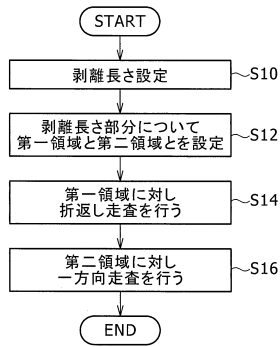
【図2】



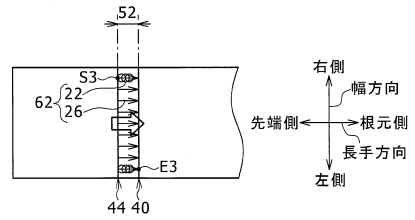
【図3】



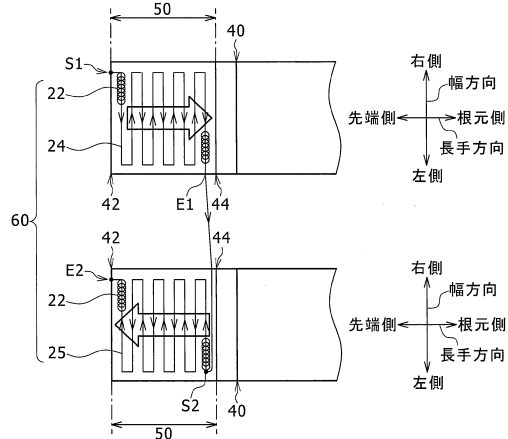
【図4】



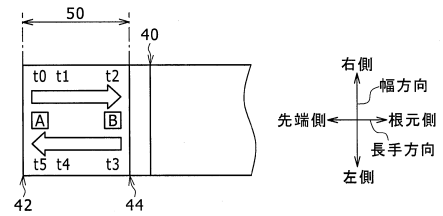
【図6】



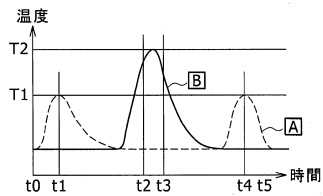
【図5】



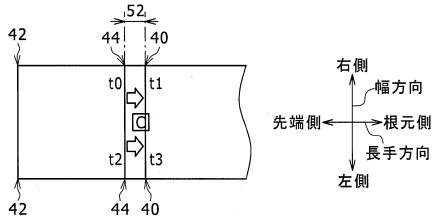
【図7A】



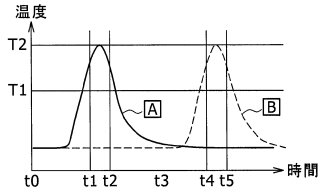
【図7B】



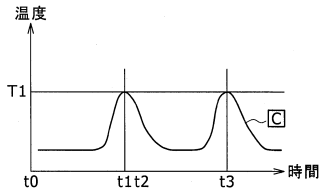
【図 8 A】



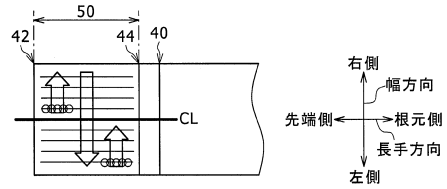
【図 9 B】



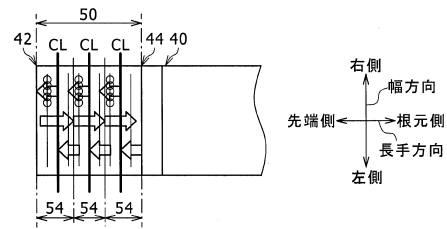
【図 8 B】



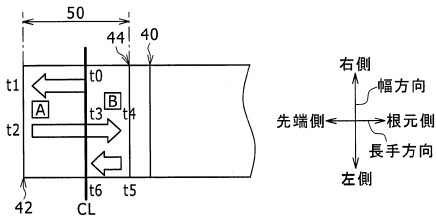
【図 10 A】



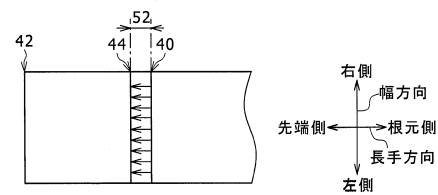
【図 10 B】



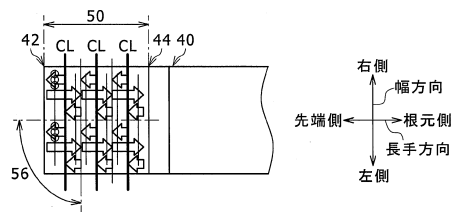
【図 9 A】



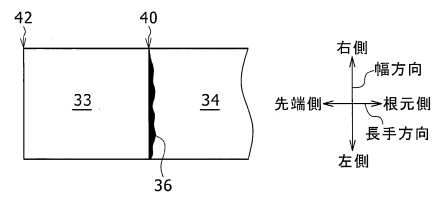
【図 11 C】



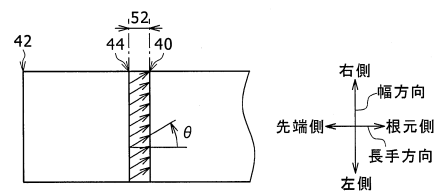
【図 10 C】



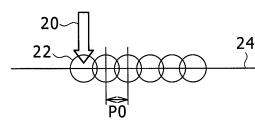
【図 12】



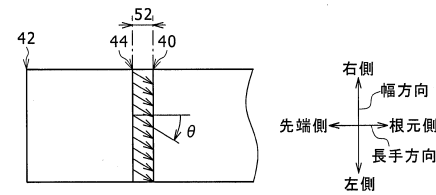
【図 11 A】



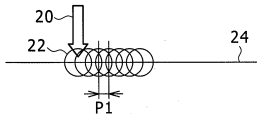
【図 13 A】



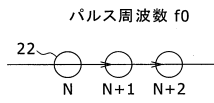
【図 11 B】



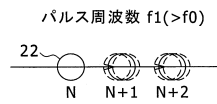
【図 1 3 B】



【図 1 4 A】



【図 1 4 B】



フロントページの続き

- (72)発明者 平尾 泰之
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 中村 俊朗
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 武田 洋明
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 黒石 孝志

- (56)参考文献 特開2017-220634(JP,A)
特開平8-182142(JP,A)
特開2008-109753(JP,A)
特開2010-125464(JP,A)
米国特許出願公開第2007/0193985(US,A1)
中国特許出願公開第107175409(CN,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 26/00 - 26/70
H02K 15/04