(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2023-509638
(P2023-509638A)
(43)公表日　令和5年3月9日(2023.3.9)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
Ｂ２３Ｋ　26/21　(2014.01)		Ｂ２３Ｋ	26/21	Ｇ	４Ｅ１６８
Ｂ２３Ｋ　26/073(2006.01)		Ｂ２３Ｋ	26/073		

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全46頁）

(21)出願番号　特願2022-540428(P2022-540428)
(86)(22)出願日　令和2年12月30日(2020.12.30)
(85)翻訳文提出日　令和4年8月24日(2022.8.24)
(86)国際出願番号　PCT/US2020/067591
(87)国際公開番号　WO2021/138510
(87)国際公開日　令和3年7月8日(2021.7.8)
(31)優先権主張番号　PCT/US2019/068996
(32)優先日　令和1年12月30日(2019.12.30)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　63/008,722
(32)優先日　令和2年4月11日(2020.4.11)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA
最終頁に続く

(71)出願人　316003531
ヌブル インク
アメリカ合衆国、８０１１２ コロラド州、センテニアル、トゥーソン ウェイ ７４４２、スイート １３０
(74)代理人　100083895
弁理士　伊藤 茂
(74)代理人　100175983
弁理士　海老 裕介
(72)発明者　フィナフ， マシュー
アメリカ合衆国， ８０１０８ コロラド州， キャッスル ロック， ノーススター サークル ６８０９
(72)発明者　ゼディカー， マーク， エス．
アメリカ合衆国， ８０１０４ コロラド
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　レーザーを用いた金属溶接部からの有害な副生成物を低減させる方法およびシステム

(57)【要約】
危険な量の金属粉末を生成することなく、材料を一緒に溶接するための可視光レーザーシステムおよび操作。危険な量の金属粉末を生成することなく、アルミニウムベース材料に対して溶接部を形成する、青色、青緑色、緑色のレーザーシステムおよび方法。危険な量の金属粉を生成することなく、バッテリーパックなどのエネルギー貯蔵デバイスで使用するための、導電性要素、特に薄いアルミニウム導電性要素を一緒に溶接するための、青色、青緑色、および緑色のレーザーシステム並びに操作。
【選択図】図１０

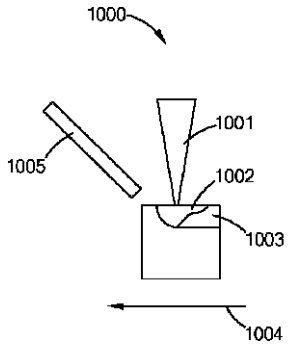


FIG. 10

【特許請求の範囲】
【請求項１】
アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、
ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；
ｂ．青色レーザービームを該ワークピースに向け、それによって、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、
ｃ．該アルミニウムベース材料、該ＨＡＺ、および該再凝固領域の微細構造が同一であるようにした、方法。
【請求項２】
該同一の微細構造が、該溶接部の脆弱性を示すような識別可能な差異を示さない、請求項１記載の方法。
【請求項３】
該同一の微細構造が、類似の大きさの結晶成長領域からなる、請求項１に記載の方法。
【請求項４】
該溶接部が伝導モード溶接で形成される、請求項１に記載の方法。
【請求項５】
該第１ピースおよび該第２ピースが約１０μｍから約１０００μｍの厚さを有する、請求項１に記載の方法。
【請求項６】
該第１ピースがアルミニウム箔の複数の層からなる、請求項１に記載の方法。
【請求項７】
該第１ピースがアルミニウム金属である、請求項１に記載の方法。
【請求項８】
該第１ピースが、約１０～約９５重量パーセントのアルミニウムを有するアルミニウム合金である、請求項１に記載の方法。
【請求項９】
該レーザービームが、パワー密度が８００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満である集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１０】
該レーザービームが、５００ｋＷ／ｃｍ^{2}以下のパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１１】
該レーザービームが、約１００ｋＷ／ｃｍ^2～約８００ｋＷ／ｃｍ^{2}のパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１２】
該レーザービームが、約８００ｋＷ／ｃｍ^2～約５ＭＷ／ｃｍ^{2}のパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１３】
該レーザービームが、１００ｋＷ／ｃｍ^{2}より大きいパワー密度の集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１４】
該レーザービームが５００Ｗ未満のパワーを有する、請求項１に記載の方法。
【請求項１５】
該レーザービームが２７５Ｗ未満のパワーを有する、請求項１に記載の方法。
【請求項１６】
該レーザービームが７５０Ｗ未満のパワーを有する、請求項１に記載の方法。
【請求項１７】
該レーザービームが１５０Ｗ～約７５０Ｗの範囲のパワーを有する、請求項１に記載の

方法。
【請求項１８】
該レーザービームが約２００Ｗ～約１，５００Ｗの範囲のパワーを有する、請求項１に記載の方法。
【請求項１９】
該レーザービームが、約５０μｍ～約２５０μｍのスポットサイズを有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項２０】
該レーザービームが、約４０５ｎｍ～約５００ｎｍの波長を有する、請求項１に記載の方法。
【請求項２１】
形成された該溶接部がスパッタフリーである、請求項１に記載の方法。
【請求項２２】
該レーザービームが該ワークピースを蒸発させない、請求項１に記載の方法。
【請求項２３】
アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、
ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウム材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；
ｂ．青色レーザービームを該ワークピースに向け、それによって、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含んでなる溶接部を形成することと；を含み、
ｃ．該ＨＡＺの硬度の範囲が、該アルミニウムベース材料の硬度の範囲内であるようにした、方法。
【請求項２４】
該再凝固領域の硬度の範囲が、該アルミニウムベース材料の硬度の範囲内である、請求項２３に記載の方法。
【請求項２５】
該アルミニウムベース材料、該ＨＡＺ、および該再凝固領域の微細構造が同一である、請求項２３に記載の方法。
【請求項２６】
該同一の微細構造は、該溶接部の脆弱性を示すような識別可能な差を示さない、請求項２５に記載の方法。
【請求項２７】
該同一の微細構造が、該溶接部の脆弱性を示すような識別可能な差異を示さない、請求項２６に記載の方法。
【請求項２８】
該同一の微細構造が、類似の大きさの結晶成長領域からなる、請求項２６に記載の方法。
【請求項２９】
該溶接部が伝導モード溶接によって形成される、請求項２３に記載の方法。
【請求項３０】
該第１および第２ピースが約１０μｍから約５００μｍの厚さを有する、請求項２３に記載の方法。
【請求項３１】
該第１ピースがアルミニウム箔の複数の層からなる、請求項２３に記載の方法。
【請求項３２】
該第１ピースがアルミニウム金属である、請求項２３に記載の方法。
【請求項３３】
該第１ピースが、約１０～約９５重量パーセントのアルミニウムを有する、アルミニウム合金である、請求項２３に記載の方法。

【請求項３４】
該レーザービームが、パワー密度が２０００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満である集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項２３に記載の方法。
【請求項３５】
該レーザービームが、５００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満のパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項２３に記載の方法。
【請求項３６】
該レーザービームが、約１００ｋＷ／ｃｍ^2～約４５００ｋＷ／ｃｍ^{2}のパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項２３に記載の方法。
【請求項３７】
該レーザービームが、１００ｋＷ／ｃｍ^{2}より大きいパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項２３に記載の方法。
【請求項３８】
該レーザービームが５００Ｗ未満のパワーを有する、請求項２３に記載の方法。
【請求項３９】
該レーザービームが２７５Ｗ未満のパワーを有する、請求項２３に記載の方法。
【請求項４０】
該レーザービームが７５０Ｗ未満のパワーを有する、請求項２３に記載の方法。
【請求項４１】
該レーザービームが１５０Ｗ～約７５０Ｗの範囲のパワーを有する、請求項２３に記載の方法。
【請求項４２】
該レーザービームが約２００Ｗ～約１，５００Ｗの範囲のパワーを有する、請求項２３に記載の方法。
【請求項４３】
該レーザービームが、約５０μｍ～約２５０μｍのスポットサイズを有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項２３に記載の方法。
【請求項４４】
該レーザービームが、約１００μｍ～約５００μｍのスポットサイズを有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項２３に記載の方法。
【請求項４５】
該レーザービームが、約４０５ｎｍから約５００ｎｍの波長を有する、請求項２３に記載の方法。
【請求項４６】
該溶接部がスパッタフリーである、請求項２３に記載の方法。
【請求項４７】
該レーザービームが該ワークピースを蒸発させない、請求項２３に記載の方法。
【請求項４８】
アルミニウムベース材料に溶接を形成する方法であって、
ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；
ｂ．青色レーザービームを該ワークピースに向け、それによって、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み
ｃ．該再凝固領域の硬度の範囲が、銅ベース材料の硬度の範囲内であり；
ｄ．該アルミニウムベース材料、該ＨＡＺ、および該再凝固領域の微細構造が同一であるようにした、方法。
【請求項４９】
該同一の微細構造が、該溶接部の脆弱性を示すような識別可能な差異を示さない、請求項４８に記載の方法。

【請求項５０】
該同一の微細構造が、該溶接部の脆弱性を示すような識別可能な差異を示さない、請求項４８に記載の方法。
【請求項５１】
該同一の微細構造が、類似の大きさの結晶成長領域を含む、請求項４８に記載の方法。
【請求項５２】
該溶接部が伝導モード溶接によって形成される、請求項４８に記載の方法。
【請求項５３】
該第１ピースおよび第２ピースが約１０μｍから約５００μｍの厚さを有する、請求項４８に記載の方法。
【請求項５４】
該第１ピースがアルミニウム箔の複数の層からなる、請求項４８に記載の方法。
【請求項５５】
該第１ピースがアルミニウム金属である、請求項４８に記載の方法。
【請求項５６】
該第１ピースが、約１０～約９５重量パーセントのアルミニウムを有するアルミニウム合金である、請求項４８に記載の方法。
【請求項５７】
該レーザービームが、パワー密度が８００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満である集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項４８に記載の方法。
【請求項５８】
該レーザービームが、５００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満のパワー密度を有する集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項４８に記載の方法。
【請求項５９】
該レーザービームが、約１００ｋＷ／ｃｍ^2～約３０００ｋＷ／ｃｍ^{2}のパワー密度を有する集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項４８に記載の方法。
【請求項６０】
該レーザービームが、パワー密度が１００ｋＷ／ｃｍ^{2}より大きい集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項４８に記載の方法。
【請求項６１】
該レーザービームが５００Ｗ未満のパワーを有する、請求項４８に記載の方法。
【請求項６２】
該レーザービームが２７５Ｗ未満のパワーを有する、請求項４８に記載の方法。
【請求項６３】
該レーザービームが７５０Ｗ未満のパワーを有する、請求項４８に記載の方法。
【請求項６４】
該レーザービームが１５０Ｗ～約７５０Ｗの範囲のパワーを有する、請求項４８に記載の方法。
【請求項６５】
該レーザービームが約２００Ｗ～約１，５００Ｗの範囲のパワーを有する、請求項４８に記載の方法。
【請求項６６】
該レーザービームが、約５０μｍ～約２５０μｍのスポットサイズを有する集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項４８に記載の方法。
【請求項６７】
該レーザービームが、約４０５ｎｍ～約５００ｎｍの波長を有する、請求項４８に記載の方法。
【請求項６８】
該溶接部がスパッタフリーである、請求項４８に記載の方法。
【請求項６９】

該レーザーが該ワークピースを蒸発させない、請求項４８に記載の方法。
【請求項７０】
アルミニウムベース材料にキーホール溶接部を形成する方法であって、
ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウム材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；
ｂ．青色レーザービームを該ワークピースに向け、それによって、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含むキーホールモード溶接部を形成することと、
を含む方法。
【請求項７１】
該レーザービームのパワーが１０００ｋＷ未満である、請求項７０に記載の方法。
【請求項７２】
該レーザービームのパワーが５００ｋＷ未満である、請求項７０に記載の方法。
【請求項７３】
該レーザービームのパワーが３００ｋＷ未満である、請求項７０に記載の方法。
【請求項７４】
キーホールからのスパッタを抑制するために該レーザービームを引き延ばすことを含む、請求項７０に記載の方法。
【請求項７５】
キーホールからのスパッタを抑制するために該レーザービームのパワーを変調することを含む、請求項７０に記載の方法。
【請求項７６】
キーホールモードでの溶接の間、スパッタを抑制するためにビームを急速に走査することを含む、請求項７０記載の方法。
【請求項７７】
溶接が開始された後に、該レーザービームのパワーを急速に減少させることを含み、減少させる方法は、自動でまたは手動で行うことができる、請求項７０に記載の方法。
【請求項７８】
低い気圧を使用して、溶接プロセス中に閉じ込められるガスおよびスパッタを減少させることを含む、請求項１、２３、または７０に記載の方法。
【請求項７９】
シールドガスを適用することを含む、請求項１、２３、または７０に記載の方法。
【請求項８０】
Ｈｅ、Ａｒ、N_2からなる群から選択されるシールドガスを適用することを含む、請求項１、２３、または７０に記載の方法。
【請求項８１】
Ａｒ－H_2、N_2、N_2－H_2からなる群から選択されるシールド混合ガスを適用することを含む、請求項１、２３、または７０に記載の方法。
【請求項８２】
シールドガスを適用することと、該シールドガスに水素を添加して酸化物層を除去し、溶接部の濡れを促進することと、を含む、請求項１、２３、または７０に記載の方法。
【請求項８３】
該溶接部を形成するための該レーザービームと同じ領域に第２のレーザービームを向けることを含む、請求項１、２３、または７０に記載の方法。
【請求項８４】
該レーザービームを非集光スポットとしてワークピースに向ける、請求項１乃至８３のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８５】
該レーザービームは、複数の重複する経路を通るようにした、請求項１乃至８３のいずれか一項に記載の方法。

【請求項８６】
該レーザービームが複数のオフセット経路を通るようにした、請求項１乃至８３のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８７】
該レーザービームが、約５００ｎｍから約５７５ｎｍの範囲の波長を有する、請求項１乃至８６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８８】
該レーザービームが、約４５０ｎｍ、約４６０ｎｍ、約４７０ｎｍ、約５１５ｎｍ、約５３２ｎｍ、及び約５５０ｎｍからなる群から選択される範囲の波長を有する、請求項１乃至８６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８９】
約５００ミクロン未満の粒径を有するアルミニウムダストが形成されない、請求項１乃至８８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９０】
５００ミクロン未満の粒子径を有するアルミニウムダストが形成されない、請求項１乃至８８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９１】
約４２０ミクロン未満の粒子径を有するアルミニウムダストが形成されない、請求項１乃至８８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９２】
４２０ミクロン未満の粒子サイズを有するアルミニウムダストが形成されない、請求項１乃至８８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９３】
アルミニウムダストのいかなる形成も、ＮＦＰＡ－４８４（２０１９年改訂版）によって定められた限界値以内またはそれ以下である、請求項１乃至８８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９４】
生成される空中浮遊アルミニウムダストの量が爆発レベル未満である、請求項１乃至８８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９５】
少量の空中浮遊アルミニウムダストが生成され、その量は、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、および１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ、および約１ｍｇ～約０．１ｍｇからなる群から選択される、請求項１乃至９２のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９６】
該アルミニウムダストが、アルミニウム、酸化アルミニウム、および水酸化アルミニウムのうちの１つ以上を含む、請求項８７乃至９５のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９７】
長さ１ｍｍの溶接部の形成中に、少量の空中浮遊アルミニウムダストが生成され、その量は、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、１ｍｇ未満、０．１ｍｇ、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ、約１ｍｇ～約０．１ｍｇからなる群から選択される、請求項１乃至９６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９８】
該アルミニウムダストが、アルミニウム、酸化アルミニウム及び水酸化アルミニウムのうちの１つ以上を含む、請求項９７のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９９】
溶接を行う時間の間に、少量の空中浮遊アルミニウムダストが生成され、その量は、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍ

ｇ未満、および１ｍｇ未満、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ、約１ｍｇ～約０．１ｍからなる群から選択され、該アルミニウムダストがアルミニウム、酸化アルミニウムおよび水酸化アルミニウムの１つ以上を含む、請求項１乃至９５のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１００】

溶接を行う時間が、少なくとも１０秒、１０～１０００秒、１０００秒以上、１００００秒以上、少なくとも１時間、少なくとも２時間、少なくとも１０時間、および１０秒から１００時間からなる群から選択される、請求項９９に記載の方法。

【請求項１０１】

アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、

ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースを銅ベース材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；

ｂ．青色レーザービームを該ワークピースに向け、それによって、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該銅ベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、

ｃ．アルミニウム－銅界面の微細構造が、最小限の金属間化合物を示すようにした、方法。

【請求項１０２】

アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、

ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースを鋼材の第２ピースと接触して配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；

ｂ．青色レーザービームを該ワークピースに向け、それによって、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該銅ベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み

ｃ．アルミニウム－銅界面の微細構造が、最小限の金属間化合物を示すようにした、方法

【請求項１０３】

アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、

ａ．銅ベース材料の第１ピースをアルミニウム材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；

ｂ．青色レーザービームを該ワークピースに向け、それによって、該銅ベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、

ｃ．アルミニウム－銅界面の微細構造が、最小限の金属間化合物を示すようにする、方法。

【請求項１０４】

アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、

ａ．鋼ベース材料の第１ピースをアルミニウム材料の第２ピースと接触して配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；

ｂ．青色レーザービームを該ワークピースに向け、それによって、鋼ベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、

ｃ．アルミニウム－鋼の界面の微細構造が、最小限の金属間化合物を示すようにした、方法。

【請求項１０５】

アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、

ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；

ｂ．青色レーザービームを該ワークピースに向け、それによって、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再

凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、
ｃ．該アルミニウムベース材料、該ＨＡＺ、および該再凝固領域の微細構造が同一であるようにした、方法。
【請求項１０６】
アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、
ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；
ｂ．青色レーザービームを該ワークピースに向け、それによって、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、
ｃ．該アルミニウムベース材料、該ＨＡＺ、および該再凝固領域の微細構造が同一であるようにした、方法。
【請求項１０７】
該同一の微細構造が、該溶接部の脆弱性を示すような識別可能な差異を示さない、請求項１に記載の方法。
【請求項１０８】
該同一の微細構造が、類似の大きさの結晶成長領域からなる、請求項１に記載の方法。
【請求項１０９】
該溶接部が伝導モード溶接によって形成される、請求項１に記載の方法。
【請求項１１０】
該第１および第２ピースが、約１０μｍ～約１０００μｍの厚さを有する、請求項１に記載の方法。
【請求項１１１】
該第１ピースがアルミニウム箔の複数の層からなる、請求項１に記載の方法。
【請求項１１２】
該第１ピースがアルミニウム金属である、請求項１に記載の方法。
【請求項１１３】
該第１ピースが、約１０～約９５重量パーセントのアルミニウムを有するアルミニウム合金である、請求項１に記載の方法。
【請求項１１４】
該レーザービームが、パワー密度が８００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満である集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１１５】
該レーザービームが、パワー密度が５００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満の集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１１６】
該レーザービームが、約１００ｋＷ／ｃｍ^2～約８００ｋＷ／ｃｍ^{2}のパワー密度を有する集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１１７】
該レーザービームが、約８００ｋＷ／ｃｍ^2～約５ＭＷ／ｃｍ^{2}のパワー密度を有する集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１１８】
該レーザービームが、１００ｋＷ／ｃｍ^{2}より大きいパワー密度を有する集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１１９】
該レーザービームが５００Ｗ未満のパワーを有する、請求項１に記載の方法。
【請求項１２０】
該レーザービームが２７５Ｗ未満のパワーを有する、請求項１に記載の方法。
【請求項１２１】
該レーザービームが７５０Ｗ未満のパワーを有する、請求項１に記載の方法。

【請求項１２２】
該レーザービームが１５０Ｗから約７５０Ｗの範囲のパワーを有する、請求項１に記載の方法。
【請求項１２３】
該レーザービームが約２００Ｗから約１，５００Ｗの範囲のパワーを有する、請求項１に記載の方法。
【請求項１２４】
該レーザービームが、約５０μｍから約２５０μｍのスポットサイズを有する集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項１に記載の方法。
【請求項１２５】
該レーザービームが約４０５ｎｍから約５００ｎｍまでの波長を有する、請求項１に記載の方法。
【請求項１２６】
該溶接部はスパッタフリーで形成される、請求項１に記載の方法。
【請求項１２７】
該レーザービームは該ワークピースを蒸発させない、請求項１に記載の方法。
【請求項１２８】
アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、
ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；
ｂ．該ワークピースに青色レーザービームを向け、それにより、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、
ｃ．該ＨＡＺの硬度範囲が、該アルミニウムベース材料の硬度範囲内にあるようにした、方法。
【請求項１２９】
アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、
ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；
ｂ．３８９ｎｍから８５０ｎｍの範囲の波長を有するレーザービームを該ワークピースに向け、それにより、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、
ｃ．該アルミニウムベース材料、該ＨＡＺ、および該再凝固領域の微細構造が同一となるようにした、方法。
【請求項１３０】
該同一の微細構造は、該溶接部の脆弱性を示す識別可能な差異を示さない、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１３１】
該同一の微細構造が同様のサイズの結晶成長領域を含む、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１３２】
該溶接部が伝導モード溶接によって形成される、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１３３】
該第１及び第２ピースが約１０μｍから約１０００μｍの範囲内の厚さを有する請求項１２９に記載の方法。
【請求項１３４】
該第１ピースがアルミニウム箔の複数の層を含む、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１３５】
該第１ピースがアルミニウム金属である、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１３６】

該第１ピースが、約１０から約９５重量パーセントまでのアルミニウムを有するアルミニウム合金である、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１３７】
該レーザービームが、８００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満のパワー密度を有する集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１３８】
該レーザービームが、５００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満のパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１３９】
該レーザービームが、約１００ｋＷ／ｃｍ^{2}から約８００ｋＷ／ｃｍ^{2}のパワー密度を有する集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１４０】
前記レーザービームが、約８００ｋＷ／ｃｍ^{2}から約５ＭＷ／ｃｍ^{2}までのパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１４１】
該レーザービームが、１００ｋＷ／ｃｍ^{2}より大きいパワー密度を有する集光スポットとして前記ワークピースに向けられる方法請求項１２９に記載の方法。
【請求項１４２】
該レーザービームが６００Ｗ未満のパワーを有する、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１４３】
該レーザービームが２７５Ｗ未満のパワーを有する、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１４４】
該レーザービームが７５０Ｗ未満のパワーを有する、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１４５】
該レーザービームが１５０Ｗから約７５０Ｗの範囲のパワーを有する、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１４６】
該レーザービームが約２００Ｗから約１，５００Ｗの範囲のパワーを有する、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１４７】
該レーザービームが、約５０μｍから約２５０μｍのスポットサイズを有する集光スポットとして該ワークピースに向けられる、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１４８】
該レーザービームが約４０５ｎｍから約５００ｎｍまでの波長を有する、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１４９】
該溶接部はスパッタなしで形成される、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１５０】
該レーザービームが該ワークピースを蒸発させない、請求項１２９に記載の方法。
【請求項１５１】
アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって、
ａ．アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウム材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；
ｂ．３８０ｎｍから８５０ｎｍの範囲内の波長を有するレーザービームを該ワークピースに向け、それにより、該アルミニウムベース材料の第１ピースと該アルミニウムベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、
ｃ．該ＨＡＺの硬度範囲が該アルミニウムベース材料の硬度範囲内にあるようにした、方法。
【請求項１５２】

約５００ミクロン未満の粒径を有するアルミニウムダストが形成されない、請求項１０１乃至１５０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１５３】
５００ミクロン未満の粒子サイズを有するアルミニウムダストが形成されない、請求項１０１乃至１５０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１５４】
約４２０ミクロン未満の粒径を有するアルミニウムダストが形成されない、請求項１０１乃至１５０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１５５】
４２０ミクロン未満の粒径を有するアルミニウムダストが形成されない、請求項１０１乃至１５０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１５６】
アルミニウムダストの形成が、ＮＦＰＡ－４８４（２０１９年改訂）によって設定された制限内またはそれ以下である、請求項１０１乃至１５０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１５７】
生成される空中浮遊アルミニウムダストの量が爆発レベル未満である、請求項１０１乃至１５０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１５８】
少量の空中浮遊アルミニウムダストが生成され、その量が、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇから２０ｍｇ、約１ｍｇから約０．１ｍｇからなる群から選択された量とされ；該アルミニウムダストは、アルミニウム、酸化アルミニウム、および水酸化アルミニウムのうちの１つまたは複数を含む、請求項１０１乃至１５０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１５９】
１ｍｍの長さの溶接部の形成中に少量の空中浮遊アルミニウムダストが生成され、その量が１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、および１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇから約１ｇ、約１ｇから約５０ｍｇ、約７０ｍｇから２０ｍｇ、および約１ｍｇから約０．１ｍｇからなる群から選択された量とされ；該アルミニウムダストは、アルミニウム、酸化アルミニウム、および水酸化アルミニウムのうちの１つまたは複数を含む、請求項１０１乃至１５０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１６０】
該溶接部を成形している間、少量の空中浮遊アルミニウムダストが生成され、その量が１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～２０ｍｇ、および約１ｍｇ～約０．１ｍからなる群から選択される量とされ；該アルミニウムダストは、アルミニウム、酸化アルミニウム、および水酸化アルミニウムのうちの１つまたは複数を含む。請求項１０１乃至１５０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１６１】
溶接部を成形するための時間が、少なくとも１０秒、１０～１０００秒、１０００秒超、１００００秒超、少なくとも１時間、少なくとも２時間、少なくとも１０時間、１０秒～１００時間からなる群から選択される、請求項１６０に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、材料のレーザー加工、特に、約３５０ｎｍから約８５０ｎｍ及びそれ以上の波長を有するレーザービームを使用した金属材料のレーザー接合に関する。本発明は、赤外線溶接技術によって形成される有害な微粒子などの有害物質の形成を緩和、低減、除去

するものである。
【背景技術】
【０００２】
金属、例えばアルミニウムのＩＲ溶接、超音波溶接及び抵抗溶接は、有害な粒子を含む有害物質を生成する可能性がある。これらの有害な副産物の生成は、特に、溶接形成不良、溶接品質不良、及びこれらの方法による溶接工程一般によって引き起こされる。これらの危険の１つは、アルミニウム粉（パウダー）、例えば、金属アルミニウム、酸化アルミニウム、水酸化アルミニウムの生成である。このようなアルミニウム粉の危険性は、溶接や溶着のニーズが高まるにつれて、ますます懸念されるようになってきた。例えば、このようなニーズとその結果生じる有害物質の生成の問題がある１つの市場は、成長する電気自動車市場向けの高性能電子機器の分野である。このような有害物質の形成を低減し、好ましくは緩和し、より好ましくは除去する溶接技術が、一般に必要とされ、特に、例えば、成長する自動車市場用の高性能電池及び電子機器を、経済的にその溶接仕様を満たすための速度及び性能を維持しながら製造するために必要とされている。
【０００３】
１０３０ｎｍのＩＲレーザー源を使用する場合、この波長における金属、例えばアルミニウムや銅の高い反射率は、レーザーからのそれら材料に対するパワーの結合を困難にし、それら材料を加熱し溶接することを困難にする。この結合の難しさは、例えば、アルミニウム（８％）、銅（５％）など、１０００ｎｍ以上の波長では室温での吸収率が低く、金属に効率よくパワーを結合できないことに起因している。パワーが金属に結合し始め、金属が加熱され始めると、赤外線の吸収が急速に増大し、気化や粒子の発生に直接つながる暴走プロセスが発生する。
【０００４】
高反射率を克服する１つの方法は、ハイパワーレベル（＞１ｋＷ）のＩＲレーザーを使用してキーホール溶接を開始し、それによってパワーを材料に結合することである。この溶接方法の問題点は、とりわけ、キーホール内の蒸気が微小爆発を引き起こし、溶接される部品全体に溶融アルミニウムを噴霧したり、その微小爆発によって溶接される部品を完全に貫通する穴を開けたりする可能性があることである。その結果、研究者は、溶接中のこれらの欠陥を防ぐために、レーザーパワーを急速に変調することに頼らざるを得ない。これらの欠陥は、レーザーで金属を溶接しようしたときにレーザーは金属を最初に融点まで加熱して次に急速に金属を気化し始めるというプロセス自体の直接的結果であることが分かっている。金属が気化してキーホールが形成され、レーザー結合が最初の５％から１００％にまで急速に上昇すると、それが非常に急速に生じるため、結合される熱量が部品の溶接に必要な熱量を急速に超え、結果として上述した微小爆発になる。
【０００５】
ＩＲ溶接プロセスによって引き起こされるこれらの微小爆発およびスパッタリングは、金属粉（ダスト）を発生させる。金属粉は、健康上の問題、可燃性、爆発性のリスク、及びこれらの組み合わせとバリエーション、及び他の有害な影響を呈する可能性がある。例えば、アルミニウム粉は、金属アルミニウム、酸化アルミニウム、水酸化アルミニウムなどの小さな（例えば、ミクロンおよびサブミクロンサイズの）アルミニウムベースの粒子である。アルミニウムの粉塵を吸入すると、金属熱や肺線維症などの健康障害を引き起こす可能性がある。また、アルミニウム粉は可燃性固体であり、火災の危険性がある。約５００ミクロンより小さい粒子径を持つアルミニウム粉が存在すると、爆発の危険性がある。
【０００６】
加工作業中、アルミニウムの微粉は、研削、鋸引き、切断、サンディング、ＩＲレーザー溶接又はスクラッチブラシなどによって発生することがあり、それらの少なくとも一部は、潜在的に爆発可能であるほど微細である。このような粒子を表現するために、「ダスト（粉塵）」または「パウダー（粉）」という用語が頻繁に使用される。寸法を特定することは難しいが、すべての粒子が５００ミクロンより大きければ、おそらく爆発は持続し

ない。しかし、この物質が可燃性固体であることに変わりはない。しかし、より粗いものと細かいものが混在して発生する可能性が高く、４２０ミクロン（４０メッシュ）またはそれより細かいものであれば、爆発する可能性がある。細かい粒子は発火点に達すると容易に燃え、粗い粒子にも引火する傾向がある。アルミニウムの場合、粒子が粉塵として空気中に浮遊している状態で着火すると、粒子から粒子へと猛烈な勢いで燃焼が広がるため、爆発が起こる可能性がある。

【０００７】

現在の赤外線レーザー方法及びシステムによる金属、例えばアルミニウムのレーザー溶接は、金属の高い反射率のために、困難であり、問題を有する。赤外線レーザーでのこの問題を克服する試みは、制御できないスパッタと予測できない溶接部の変動、金属粉、例えばアルミニウムベースの粉の生成という問題を有する。アルミニウム粉生成の危険性を管理するためには、大規模で複雑、かつ高価な空気処理と管理システムが必要とされる。アルミニウムを主成分とする粉体を作業者から遠ざけることができるが、作業者は危険な可燃性粉体の取り扱いと廃棄をしなければならない。したがって、そのような危険な副産物粉、例えばアルミニウム粉の形成を減少させ、好ましくは緩和し、より好ましくは除去するという重要な、従来からの必要性がある。

【０００８】

より難しいアルミニウム溶接プロセスの１つは、アルミニウム箔の積層体（重ねられたアルミニウム箔）を相互に溶接して、より厚いバスバーにする方法である。今日、これはＩＲレーザーでは信頼性をもって行うことはできず、または製造業者が必要とする溶接品質をもって行うことはできない。このため、製造業者はこれらの箔を一緒に結合するためには超音波溶接法に依存してきた。これらの超音波法も最適とは言えず、問題がある。たとえば、超音波溶接法では、ソノトロードが製造中に摩耗する可能性があり、それにより不完全溶接からデブリス（アルミニウム粉）が残ってしまう溶接まで、プロセスにばらつきが生じる。これらの欠陥は、製造歩留まりを制限し、バッテリーの内部抵抗を制限し、結果として生じるバッテリーのエネルギー密度を制限し、そして多くの場合、バッテリーの信頼性を制限する。更に、これらのプロセスはアルミニウムベースの粉などの有害金属粉を生じる。

【０００９】

「アルミニウムベース」という用語は、特に明記しない限り、可能な限り広い意味を与えられるべきであり、アルミニウム、６０６１アルミニウム、１１００アルミニウム、１，１００～７０００シリーズのアルミニウム、アルミニウム金属、アルミニウムで電気めっきされた材料、少なくとも約１０％重量から１００重量％のアルミニウムを含む金属材料、少なくとも約１０重量％から１００重量％のアルミニウムを含む金属および合金、少なくとも約２０重量％から１００重量％のアルミニウムを含む金属および合金、少なくとも約１０重量％から１００重量％のアルミニウムを含む金属および合金、少なくとも約５０重量％から１００重量％のアルミニウムを含む金属および合金、少なくとも約７０重量％から１００重量％のアルミニウムを含む金属および合金、および少なくとも約９０重量％から１００重量％のアルミニウムを含む金属および合金を含む。

【００１０】

「レーザー加工」、「材料のレーザー加工」という用語、および同様のそのような用語は、特に明記しない限り、可能な限り広い意味を与えられるべきであり、溶接、はんだ付け、製錬、接合、焼きなまし、軟化、粘着付与、リサーフェシング、ピーニング、熱処理、融着、シーリング、スタッキングを含む。

【００１１】

本明細書で使用される場合、特に明記しない限り、「ＵＶ」、「紫外線」、「ＵＶスペクトル」、および「スペクトルのＵＶ部分」および同様の用語は、それらの最も広い意味を与えられるべきであり、約１０ｎｍから約４００ｎｍ、および１０ｎｍから４００ｎｍの波長の光を含む。

【００１２】

本明細書で使用される場合、特に明記しない限り、「可視」、「可視スペクトル」、および「スペクトルの可視部分」という用語および同様の用語は、それらの最も広い意味を与えられるべきであり、約３８０ｎｍから約７５０ｎｍ、および４００ｎｍから７００ｎｍの波長の光を含む。

【００１３】

本明細書で使用される場合、特に明記しない限り、「青色レーザービーム」、「青色レーザー」および「青色」という用語は、それらの最も広い意味を与えられるべきであり、概ね、レーザービームを提供するシステム、レーザービーム、約４００ｎｍから約５００ｎｍの波長を有するレーザービームまたは光を提供、例えば伝播させる例えばレーザーおよびダイオードレーザーなどのレーザー光源を指す。典型的な青色レーザーの波長は４０５～４９５ｎｍおよび約４０５～４９５ｎｍの範囲である。青色レーザーは、４５０ｎｍ、約４５０ｎｍ、４６０ｎｍ、約４６０ｎｍ、約４７０ｎｍの波長を含む。青色レーザーは、約１０ｐｍ（ピコメートル）から約１０ｎｍ、約５ｎｍ、約１０ｎｍ、約２０ｎｍ、およびより大きな値とより小さな値の帯域幅を有する。

【００１４】

本明細書で使用される場合、特に明記しない限り、「緑色レーザービーム」、「緑色レーザー」および「緑色」という用語は、それらの最も広い意味を与えられるべきであり、一般に、レーザービームを提供するシステム、レーザービーム、約５００ｎｍから約５７５ｎｍの波長を有するレーザービームまたは光を提供、例えば伝播させるレーザーおよびダイオードレーザーなどのレーザー光源を指す。緑色レーザーは、５１５ｎｍ、約５１５ｎｍ、５３２ｎｍ、約５３２ｎｍ、５５０ｎｍ、および約５５０ｎｍの波長を含む。緑色レーザーは、約１０ｐｍから１０ｎｍ、約５ｎｍ、約１０ｎｍ、および約２０ｎｍ、およびより大きな値とより小さな値の帯域幅を有する。

【００１５】

本明細書で使用される場合、特に明記しない限り、「少なくとも」、「より大きい」などの用語は、「以上」も意味し、すなわち、そのような用語は、特に明記しない限り、より低い値を除外する。

【００１６】

本明細書で使用される「金属間化合物」という用語は、明示的に別段の定めがない限り、その最も広い意味を与えられるべきであり、２種以上の金属元素の間で秩序ある固体化合物を形成するすべてのタイプの金属合金を含む。金属間化合物は一般的に硬くて脆い。金属間化合物という用語は、化学量論的金属間化合物および非化学量論的金属間化合物を含む、金属間化合物のすべての分類を含む。

【００１７】

本明細書で使用される場合、特に明記しない限り、値の範囲、約「ｘ」から約「ｙ」までの範囲、および同様のそのような用語および定量化は、その範囲内の別個の値を個別に参照するのを省略する単なる方法である。したがって、それらには、その範囲内にある各アイテム、機能、値、量、または数量が含まれる。本明細書で使用される場合、特に明記しない限り、範囲内のすべての個々の点は、本明細書に組み込まれ、本明細書で個別に記載されているかのように本明細書の一部をなす。

【００１８】

本明細書においては、特に明記しない限り、室温は２５℃である。また、標準温度・標準圧力は２５℃、１気圧である。特に明記されていない限り、すべての試験、試験結果、物理的特性、および温度依存の値、圧力依存の値、あるいはその両方の値は、標準温度と標準圧力で提供される。

【００１９】

概括的には、本明細書で使用される「約」という用語および記号「～」は、特に明記しない限り、±１０％の分散または範囲、記載された値の取得に関連する実験または機器の誤差、および、好ましくはこれらのうち大きい方を包含する。

【００２０】

本発明のこの背景技術の記載は、本発明の実施形態に関連し得る当技術分野の様々な態様を紹介することを意図している。したがって、この記載での上記記載は、本発明をよりよく理解するためのフレームワークを提供し、先行技術の承認と見なされるべきではない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００２１】

金属の溶接、特に、金属粉や他の有害物質を生じることなく電子部品や電池用のアルミニウム金属を溶接することに対する、長年にわたる、増大し、満たされていないニーズがあった。これらのニーズに含まれるものとして、アルミニウムをそれ自体および他の金属に溶接するための改良された方法がある。また、アルミニウムベースの粉末および危険なものを生じることなく、アルミニウム箔のスタックおよびそのスタックを厚いアルミニウムまたはアルミニウム部品または銅部品に溶接することを含む。本発明は、とりわけ、本明細書に教示され開示される製造品、装置およびプロセスを提供することによって、これらのニーズを解決するものである。

【課題を解決するための手段】

【００２２】

すなわち、アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースに接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；このワークピースに青色レーザービームを向け、それによって、アルミニウムベース材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースの間に溶接部を形成することと；を含み、最小限のアルミニウムベースの粉末だけが生じ、好ましくはアルミニウムベースの粉末が全く生じないようにする、アルミニウムベース材料に高品質の溶接を形成する方法及びシステムが提供される。

【００２３】

アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースに接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；このワークピースに緑色レーザービームを向け、それによって、アルミニウムベース材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースの間に溶接部を形成することと；を含み、最小限のアルミニウムベースの粉末だけが生じ、好ましくはアルミニウムベースの粉末が全く生じないようにする、アルミニウムベース材料に高品質の溶接を形成する方法及びシステムが提供される。

【００２４】

また、アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースに接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；このワークピースに青緑色レーザービームを向け、それによって、アルミニウムベース材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースの間に溶接部を形成することと；を含み、最小限のアルミニウムベースの粉末だけが生じ、好ましくはアルミニウムベースの粉末が全く生じないようにする、アルミニウムベース材料に高品質の溶接を形成する方法及びシステムが提供される。

【００２５】

また、溶接部がＨＡＺおよび再凝固領域を含み、アルミニウム、ＨＡＺ、及び再凝固領域の微細構造が同一であるようにされる、アルミニウム溶接の溶接部、システム及び方法が提供される。

【００２６】

以下の特徴のうちの１つまたは複数を有するこれらの溶接部、システム、および方法がさらに提供される。すなわち、溶接部は伝導モード溶接によって形成される；溶接部はキーホールモード溶接によって形成される；第１および第２ピースは、約１０μｍから約５００μｍの厚さを有する；第１ピースは、アルミニウム箔の複数の層を含む；第１ピースはアルミニウム金属である；第１ピースは、約１０から約９５重量パーセントのアルミニ

ウムを有するアルミニウム合金である；レーザービームは、パワー密度が８００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満である集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームは、５００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満のパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームは、約１００ｋＷ／ｃｍ^{2}から約８００ｋＷ／ｃｍ^{2}のパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームは、パワー密度が１００ｋＷ／ｃｍ^{2}を超える集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームは５００Ｗ未満のパワーを有する；レーザービームは２７５Ｗ未満のパワーを有する；レーザービームは１５０Ｗ未満のパワーを有する；レーザービームは、１５０Ｗから約７５０Ｗの範囲のパワーを有する；レーザービームは、約２００Ｗから約１５００Ｗの範囲のパワーを有する；レーザービームは約５００Ｗから約５ｋＷの範囲のパワーを有する；レーザービームは、約５０μｍから約５００μｍのスポットサイズを有する集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームは、約４０５ｎｍから約５００ｎｍの波長を有する；レーザービームは、約３８０ｎｍから約５００ｎｍの波長を有する；溶接部がスパッタ無しで形成される；レーザーはワークピースを蒸発させない。

【００２７】

さらに、４０５ｎｍから５００ｎｍの波長範囲を有する青色レーザーを用いたアルミニウムの溶接、およびこの溶接によって形成される溶接部および製品が提供される。

【００２８】

波長３８０ｎｍから５７５ｎｍの範囲のレーザーを用いたアルミニウムの溶接と、この溶接によって生成される溶接部および製品を提供する。

【００２９】

波長５００ｎｍから５７５ｎｍの範囲のレーザーを用いたアルミニウムの溶接と、この溶接により生成される溶接部および製品を提供する。

【００３０】

さらに、５０５ｎｍから６００ｎｍの波長範囲のレーザーによるアルミニウムの溶接と、この溶接によって生成される溶接部および製品が提供される。

【００３１】

３８０ｎｍから８５０ｎｍ波長範囲のレーザーによるアルミニウムの溶接と、この溶接により生成される溶接部および製品が提供される。

【００３２】

さらに、以下の特徴のうちの１つまたは複数を含むこれらの溶接部、方法、およびシステムが提供される。すなわち、伝導モードでアルミニウムを溶接する；溶接プロセス中に溶融池の気化なしに伝導モードでアルミニウムを溶接する；アルミニウムを伝導モードで溶接して、母材と同様のサイズの結晶成長領域を備えた、母材と同様の微細構造を形成する；伝導モードのようにアルミニウムを溶接して、熱影響部（ＨＡＺ）内に母材と同様の微細構造を形成する；アルミニウムを伝導モードで溶接して、溶接ビード内に母材と同様の微細構造を形成する；伝導モードでアルミニウムを溶接して熱影響部内に母材と同様の硬度を生成する；アルミニウムを伝導モードで溶接して、溶接ビード内に母材と同様の硬度を生成する；アルミニウムを溶接して溶接部の微細構造が母材とは異なるものとする；アルミニウムを溶接してＨＡＺ内の微細構造が母材に類似したものとする。

【００３３】

さらに、以下の特徴のうちの１つまたは複数を含むこれらの溶接部、方法、およびシステムが提供される。すなわち、キーホールモードでアルミニウムを溶接する；キーホールモードでアルミニウムを溶接し、溶接中に非常に低いスパッタが発生し、溶接後にアルミニウムの表面にスパッタがほとんど又は全くないようにする；パワー密度が５００ｋＷ／ｃｍ^{2}以上で、キーホールを開いたままにすることができる溶接速度でアルミニウムを溶接する；４００ｋＷ／ｃｍ^{2}以上のパワー密度で、キーホールを開いたままにすることができる溶接速度でアルミニウムを溶接する；１００ｋＷ／ｃｍ^{2}以上のパワー密度で、溶接速度がキーホール溶接方式への移行を防ぐのに十分な速さでアルミニウムを溶接する；溶接中の溶け込み深さを改善するために予加熱してアルミニウムを溶接する；Ａｒ－ＣＯ

$_2$アシストガスを伴ってアルミニウムを溶接する；Ａｒ－Ｈ$_2$アシストガスを伴ってアルミニウムを溶接する；Ａｒアシストガスを伴ってアルミニウムを溶接する；空気を伴ってアルミニウムを溶接する；Ｈｅアシストガスを伴ってアルミニウムを溶接する；Ｎ$_2$アシストガスを伴ってアルミニウムを溶接する；アシストガスを伴ってアルミニウムを溶接する。

【００３４】

さらに、以下の特徴のうちの１つまたは複数を含むこれらの溶接部、方法、およびシステムが提供される。すなわち、レーザーパワーが１Ｈｚから１ｋＨｚに変調される；レーザーパワーが１ｋＨｚから５０ｋＨｚに変調される；細長い青色レーザースポットを使用してキーホールを開いたままにする；ロボットを使用して、スポットを迅速に円形運動、振動運動、または長方形振動運動で移動させる；ガルバノメーターに取り付けられたミラーを使用して、溶接方向と平行にスポットを振動させる；ガルバノメーターに取り付けられたミラーを使用して、溶接方向に対して垂直にスポットを振動させる；一対のガルバノメーターに取り付けられた一対のミラーを使用して、スポットを迅速に円形運動、振動運動、または長方形の振動運動で移動させる。

【００３５】

さらに、アルミニウムベース材料にキーホール溶接を形成する方法が提供され、その方法は、アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースに接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；青色レーザービームをワークピースに向け、それによって、アルミニウムベース材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺ及び再凝固領域を含むキーホールモード溶接部を形成することと、を含む。

【００３６】

さらに、以下の特徴のうちの１つまたは複数を含むこれらの溶接部、方法、およびシステムが提供される。すなわち、キーホール溶接のレーザーパワーが１０００Ｗ未満である；キーホール溶接のレーザーパワーが５００Ｗ未満である；キーホール溶接のレーザーパワーが３００Ｗ未満である；キーホールからのスパッタを抑制するためにレーザービームを伸ばす；キーホールからのスパッタを抑制するためにレーザーパワーを変調する；溶接のキーホールモード中のスパッタを抑制するためにビームを迅速にスキャンする；溶接が自動または手動で開始された後、レーザーパワーを急速に低下させる；溶接プロセス中に閉じ込められるガスとスパッタを減らすために低い大気圧を使用する；シールドガスを適用する；Ｈｅ、Ａｒ、Ｎ$_2$からなる群から選択されるシールドガスを適用する；Ａｒ－Ｈ$_2$、Ｎ$_2$、Ｎ$_2$－Ｈ$_2$からなる群から選択されるシールドガス混合物を適用する；シールドガスを適用し、シールドガスに水素を添加して酸化物層を除去し、溶接部の濡れを促進する。

【００３７】

とりわけスポットサイズを制御し、波長とカップリングを最適化することによって、レーザーパワーは、５００Ｗから１０００Ｗ以上、約１ｋＷ、約２ｋＷ、約３ｋＷ、５００Ｗから２ｋＷ、および１ｋＷから５ｋＷとすることができ、良好な溶接速度、例えば経済的に許容できる速度で減少したスパッタ溶接、好ましくはスパッタフリー溶接を得ることができる。

【００３８】

アルミニウムを溶接するために青色、青緑色、および緑色レーザーを使用するこれらの溶接方法およびシステムにおいて、溶接プロセスの間に、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、および１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ、約１ｍｇ～約０．１ｍｇ、より少ない量の、アルミニウム、酸化アルミニウムおよび水酸化アルミニウムを含むアルミニウムベース粉が生じる。

【００３９】

アルミニウムを溶接するために青、青緑、および緑レーザーを使用するこれらの方法お

よびシステムにおいて、１ｍｍ長の溶接部の形成中に、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、および１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ、約１ｍｇ～約０．１ｍｇ、より少ない量の、アルミニウム、酸化アルミニウム、水酸化アルミニウムを含むアルミニウムベース粉が生じる。

【００４０】

アルミニウムを溶接するために青色、青緑色、および緑色レーザーを使用するこれらの方法およびシステムにおいて、溶接の１０秒間に、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、および１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ、約１ｍｇ～約０．１ｍｇ、より少ない量の、アルミニウム、酸化アルミニウムおよび水酸化アルミニウムを含むアルミニウムベース粉が生じる。

【００４１】

アルミニウムを溶接するために青色、青緑色、および緑色レーザーを使用するこれらの方法およびシステムにおいて、溶接の１００秒の間に、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、および１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ、約１ｍｇ～約０．１ｍｇ、より少ない量の、アルミニウム、酸化アルミニウムおよび水酸化アルミニウムを含むアルミニウムベース粉が生じる。

【００４２】

アルミニウムを溶接するために青色、青緑色及び緑色レーザーを使用するこれらの方法及びシステムにおいて、溶接の１，０００秒の間に、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ、約１ｍｇ～約０．１ｍｇ、より少ない量の、アルミニウム、酸化アルミニウム、水酸化アルミニウムなどのアルミニウムベース粉が生じる。

【００４３】

さらに、アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって：アルミニウムベース材料の第１ピースを銅ベース材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；ワークピースに青レーザービームを向け、それによってアルミニウムベース材料の第１ピースと銅ベース材料の第２ピースとの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、アルミニウム－銅界面の微細構造は最小限の金属間化合物を示すようにする、方法が提供される。

【００４４】

さらに、アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって：アルミニウムベース材料の第１ピースを鋼材の第２ピースに接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；ワークピースに青色レーザービームを向け、それによってアルミニウムベース材料の第１ピースと銅ベースの材料の第２ピースの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、アルミニウム－銅界面のミクロ構造が最低限の金属間化合物を示すようにする、方法が提供される。

【００４５】

さらに、アルミニウムベース材料に溶接を形成する方法であって：銅ベースの材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースに接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；青色レーザービームをワークピースに向け、それによって銅ベースの材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、アルミニウム－銅界面のミクロ構造が最小の金属間化合物を示すようにする、方法が提供される。

【００４６】

さらに、アルミニウムベース材料に溶接を形成する方法であって：スチールベースの第１ピースをアルミニウム材料の第２ピースに接触させて配置してなるワークピースをレー

ザーシステム内に配置することと；ワークピースに青色レーザービームを向け、それによって、スチールベース材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、アルミニウム－スチール界面のミクロ構造が最小金属間化合物を示すようにする、方法が提供される。

【００４７】

さらに、アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって：アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；ワークピースに青色のレーザービームを向け、それによってアルミニウムベース材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、アルミニウムベース材料、ＨＡＺ、および再凝固領域の微細構造が同一であるようにする、方法が提供される。

【００４８】

さらに、アルミニウムベース材料に溶接を形成する方法であって：アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウムベース材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；ワークピースに青色レーザービームを向け、それによってアルミニウムベース材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、このアルミニウムベース材料、ＨＡＺ、及び再凝固領域の微細構造が同一であるようにする、方法が提供される。

【００４９】

さらに追加的に、これらの方法は、以下の特徴のうちの１つ以上を有することができる：同一の微細構造は、溶接部の脆弱性を示すような識別可能な差を示さない；同一の微細構造は、同様のサイズの結晶成長領域を含む；溶接部は、伝導モード溶接によって形成される；第１および第２ピースは、約１０μｍから約１０００μｍの厚さを有する；第１ピースは、アルミニウム箔の複数の層からなる；第１ピースがアルミニウム金属である；第１ピースが約１０～約９５重量％のアルミニウムを有するアルミニウム合金である；レーザービームが、パワー密度が８００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満である集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームが、パワー密度が５００ｋＷ／ｃｍ^{2}未満である集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームが、約１００ｋＷ／ｃｍ^2～約８００ｋＷ／ｃｍ^{2}のパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームが、約８００ｋＷ／ｃｍ^{2}から約５ＭＷ／ｃｍ^{2}のパワー密度を有する集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームが、パワー密度が１００ｋＷ／ｃｍ^{2}より大きい集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームが５００Ｗ未満のパワーを有する；レーザービームが２７５Ｗ未満のパワーを有する；レーザービームが７５０Ｗ未満のパワーを有する；レーザービームが１５０Ｗ～約７５０Ｗの範囲のパワーを有する；レーザービームが約２００Ｗ～約１，５００Ｗの範囲のパワーを有する；レーザービームが約５０μｍ～約２５０μｍのスポットサイズを有する集光スポットとしてワークピースに向けられる；レーザービームが約４０５ｎｍ～約５００ｎｍの波長を有する；溶接部がスパッタフリーである；レーザーがワークピースを気化しない。

【００５０】

さらに、アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって：アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウム材料の第２ピースに接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；ワークピースに青色レーザービームを向け、それによって、アルミニウムベース材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースの間に、ＨＡＺと再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、ＨＡＺの硬度の範囲がアルミニウムベース材料の硬度範囲内にあるようにされた、方法が提供される。

【００５１】

さらに、アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって：アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウム材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；３８９ｎｍ～８５０ｎｍの範囲の波長を有するレーザービームをワークピースに向け、それによって、アルミニウムベース材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースの間に、ＨＡＺと再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、アルミニウムベース材料、ＨＡＺ、および再凝固領域の微細構造が同一であるようにする、方法が提供される。

【００５２】

さらに追加的に、アルミニウムベース材料に溶接部を形成する方法であって：アルミニウムベース材料の第１ピースをアルミニウム材料の第２ピースと接触させて配置してなるワークピースをレーザーシステム内に配置することと；３８０ｎｍ～８５０ｎｍの範囲の波長を有するレーザービームをワークピースに向け、それによって、アルミニウムベース材料の第１ピースとアルミニウムベース材料の第２ピースの間に、ＨＡＺおよび再凝固領域を含む溶接部を形成することと；を含み、ＨＡＺの硬度の範囲がアルミニウムベース材料の硬度の範囲内であるようにする、方法が提供される。

【００５３】

さらに追加的に、これらの方法は、以下の特徴のうちの１つ以上を有することができる：約５００ミクロン未満の粒子サイズを有するアルミニウムダストが形成されない；約５００ミクロン未満の粒子サイズを有するアルミニウムダストが形成されない；約４２０ミクロン未満の粒子サイズを有するアルミニウムダストが形成されない；アルミニウムダストのいかなる形成もＮＦＰＡ－４８４（２０１９年改訂版）によって定められた限界値以内またはそれ以下である；生成される空中浮遊アルミニウムダストの量が爆発レベル未満である；少量の空中浮遊アルミニウムダストが生成され、その量は、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、および１ｍｇ未満、０．１ｍｇ、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ、約１ｍｇ～約０．１ｍｇの群から選択される；アルミニウムダストが、アルミニウム、酸化アルミニウムおよび水酸化アルミニウムのうちの１つ以上を含む；１ｍｍ長の溶接部の形成中に、少量の空中浮遊アルミニウムダストが生成され、その量は、１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、および１ｍｇ未満０．１ｍｇ、０．００１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ、約１ｇ～約５０ｍｇ、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ、および約１ｍｇ～約０．１ｍｇからなる群から選択される；アルミニウムダストがアルミニウム、酸化アルミニウムおよび水酸化アルミニウムのうちの１つ以上を含む；溶接を予備的に行う時間の間に、少量の空中浮遊アルミニウムダストが生成され、その量は１００ｇ未満、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、および１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、約５０ｇ～約１ｇ未満、約１ｇ～約５０ｍｇ未満、約７０ｍｇ～約２０ｍｇ未満、約１ｍｇ～約０．００１ｍｇ未満からなる群から選択される；アルミニウムダストが、アルミニウム、酸化アルミニウムおよび水酸化アルミニウムのうちの１つ以上を含む；溶接を行うための時間が、少なくとも１０秒、１０～１０００秒、１０００秒以上、１００００秒以上、少なくとも１時間、少なくとも２時間、少なくとも１０時間、および１０秒から１００時間からなる群から選択される。

【図面の簡単な説明】

【００５４】

【図１】本発明に係るアルミニウムシートの重ね溶接の一実施形態の上面の写真である。

【００５５】

【図２】図１の溶接部の下面の写真である。

【００５６】

【図３】図１の溶接部の断面の写真である。

【００５７】

【図４】本発明に係るアルミニウムシートの突合せ溶接の一実施形態の上面の写真である

。
【００５８】
【図５】図４の溶接部の下面を撮影した写真である。
【００５９】
【図６】図４の溶接部の断面の写真である。
【００６０】
【図７】本発明によるアルミニウム角形セルとパウチセル電池のリード線の溶接の一実施形態を示す写真である。
【００６１】
【図８】図７の溶接部の断面の拡大写真であり、注釈付き写真である。
【００６２】
【図８Ａ】図８の断面の拡大写真である。
【００６３】
【図９】様々な金属の吸収曲線であり、ＩＲレーザーと可視レーザーとの間の吸収の違いを示している。
【００６４】
【図１０】本発明による材料への伝導モード溶接伝播の実施形態の概略図である。
【００６５】
【図１１】本発明による材料へのキーホール溶接伝播の実施形態の概略図である。
【００６６】
【図１２】本発明によるレーザー溶接用の部品保持具の一実施形態の斜視図である
【００６７】
【図１２Ａ】図１２の部品保持具の断面図である。
【００６８】
【図１３】本発明による重ね溶接を行うために薄い部品を保持するための部品保持具の実施形態の斜視図である。
【００６９】
【図１３Ａ】図１３の部品保持具の断面図である。
【００７０】
【図１４】本発明による実施形態に係るレーザー溶接方法の実施形態を実施するのに使用するための１５０ワット青色レーザーシステムの実施形態の概略図である。
【００７１】
【図１５】本発明による３００ワット青色レーザーシステムを作る２つの１５０ワット青色レーザーシステムを使用した実施形態の光線追跡の概略図である。
【００７２】
【図１６】本発明による８００ワット青色レーザーシステムを作る４つの１５０ワット青色レーザーシステムを使用した実施形態の光線追跡の概略図である。
【００７３】
【図１７】本発明による溶け込み（μｍ）と速度ｍ／分の関係を示す、アルミニウム１１００（ＢＯＰ）試験の実施形態のグラフである。
【００７４】
【図１８】本発明による溶け込み（μｍ）と速度ｍ／分の関係を示す、アルミニウム１１０の突合せ溶接試験の実施形態のグラフである。
【発明を実施するための形態】
【００７５】
概括的には、本発明は、金属を溶接するためのレーザー、レーザービーム、システム及び方法に関し、他の溶接技術、特にＩＲレーザー溶接技術によって生成される有害な微粒子を含む有害物質の生成を緩和し、低減し、排除するものである。
【００７６】
本発明の一実施形態において、レーザービームは、青、青緑、緑及び赤の波長を有し、

他の溶接技術、特にＩＲレーザー溶接技術によって生成される有害な微粒子を含む有害物質の生成を緩和、低減、除去する。

【００７７】

本発明の一実施形態において、レーザービームは、青、青緑、緑及び赤の波長を有し、アルミニウムベース材料を溶接し、他の溶接技術、特にＩＲレーザー溶接技術によって生成される有害なアルミニウム粉を含む有害物質の生成を緩和、低減及び除去するものである。

【００７８】

本発明の一実施形態では、青色、緑青、緑色及び赤色レーザービームは、金属粉を生成するＩＲ溶接工程によって生じる微小爆発及びスパッタリングを排除する（又は、アルミニウム粉の生成があったとしても最大安全量以下であり、火災の危険を引き起こさない点まで著しく排除する）。すなわち、本発明は、健康上の問題、可燃性、爆発性のリスク、およびこれらの組み合わせとバリエーション、およびその他の有害な影響をもたらす可能性のある金属ダストの形成を排除する。例えば、アルミニウムダストは、金属アルミニウム、酸化アルミニウム、水酸化アルミニウムなどの小さな（例えば、ミクロンおよびサブミクロンサイズの）アルミニウムベースの粒子である。アルミニウムダストを吸入すると、金属熱や肺線維症などの健康障害を引き起こす可能性がある。また、アルミニウムダストは可燃性固体であり、火災の危険性がある。密閉された場所にアルミニウムダストが存在すると、爆発のリスクと危険性が生じる可能性がある。

【００７９】

本発明は、アルミニウムダストをほとんど含まないアルミニウムベース材料のレーザー溶接を提供する。すなわち、例えば、本発明は、濃度（ｍｇ／リットル（空気））が爆発レベル未満であるような、アルミニウムダストの形成の減少を提供する。空中浮遊アルミニウム粉および固体アルミニウム粉の両方は、米国、欧州および他の国々で規制されている。アルミニウム粉は非常に危険であり、可燃性固体であり、爆発性があり、爆発物の製造に使用される可能性がある。

【００８０】

アルミニウムダストの規格は、全米防火協会（米国）により出されている。実施すべき試験は、ＮＦＰＡ　４８４（２０１９年改訂）“Ｓｔａｎｄａｒｄ　ｆｏｒ　Ｃｏｍｂｕｓｔｉｂｌｅ　Ｍｅｔａｌｓ”に概説されている。試験の結果、施設に対するＮＦＰＡ　４８４の適用性が決定される。ＮＦＰＡ　４８４は、燃焼または爆発が可能な形態の金属を加工、取り扱い、または保管するあらゆる施設に適用される。ダストを生成する工程に何らかの変更が加えられた場合、最小爆発濃度および点火エネルギーを再決定するため、常に新しいサンプルを試験する必要がある。速度、合金、ワックスなどの表面コーティング、潤滑剤、または使用する研磨剤を変更すると、より微細なダストが発生し、その結果、潜在的な危険性が増加する可能性がある。

【００８１】

好ましい実施形態では、青、青緑、緑及び赤の範囲の波長を使用する本発明のレーザー溶接技術は、アルミニウムダストの生成は、ＮＦＰＡ－４８４（２０１９年改訂）によって確立された閾値及び安全限界以下であり、その開示全体は参照により本明細書に組み込まれるものとする。

【００８２】

青、緑青、緑及び赤、波長に対してより大きなスポットサイズを使用すると、スパッタ及びアルミニウムダストの生成をさらに低減又は排除することができる。例えば、スポットサイズは、１００μｍ以上、２００μｍ以上、３００μｍ以上、４００μｍ以上、５００μｍ以上、約３００μｍ～約５００μｍ、約１００μｍ～約４００μｍ、約１０μｍ～約５００μｍ、約４００μｍ～約６００μｍ、約５０μｍ～約６００μｍ、約５００μｍ～約１μｍが採用可能である。

【００８３】

一実施形態では、本発明は、本明細書に記載されるように、電池を含む電子部品用の金

属ベース材料に対して、金属粉をほとんど形成することなく、高品質の溶接部、高い溶接速度、およびその両方を提供する。一実施形態において、本発明は、本明細書に記載されるように、電池を含む自動車電子部品用のアルミニウムベース材料に対して、金属粉の形成がほとんどない高品質の溶接部、高い溶接速度、およびその両方を提供する。

【００８４】

本明細書では、アルミニウムベース材料の溶接とアルミニウム粉末の生成の回避に焦点を当てているが、本発明のレーザーシステム及び溶接技術は、金、銅、真鍮、銀、アルミニウム、ニッケル、ニッケルメッキ銅、ステンレス鋼及びこれらの合金などの他の金属の溶接に適用できる。

【００８５】

本発明のレーザー技術、溶接プロセス、レーザービーム及びこれらの溶接プロセスを実行するためのシステムは、そのエミッタからのレーザービームが、例えば、空間的、スペクトル的、コヒーレント、ラマン及び偏光方法の組み合わせを用いることによって結合されることが可能である。米国特許公開番号２０１６／０３２２７７７、２０１８／０３７５２９６、２０１６／００６７８２７及び２０１９／０２７３３６５、並びに米国特許出願シリアル番号１６／６９５，０９０及び１６／５５８，１４０（これらの各々の開示全体は、参照により本書に組み込まれる）に教示及び開示されているレーザービームを供給するシステム及び方法は、本発明を実行する際に使用することができる。

【００８６】

本発明の一実施形態において、高パワー青色レーザー源（例えば、～４５０ｎｍ）は、伝導溶接モード及びキーホール溶接モードを含む多くの溶接技術において安定した溶接を提供する。このシステム及び方法は、蒸発、スパッタ、微小爆発、及びこれらの組み合わせとバリエーションを最小化、低減、及び好ましくは排除し、アルミニウムダストの形成を低減及び防止する工程を提供する。一実施形態において、～２００μｍのスポットサイズを有する１５０ワットから２７５ワットの範囲のパワーレベルでのアルミニウムの青色レーザー溶接は、本明細書に記載されるように、有害なアルミニウムダストの生成なしに、良好な溶接部を実現する。

【００８７】

実施形態では、約３００ワットから約５００ワット、約５００ワットから約１ｋＷ、７５０Wから１．５ｋＷ、１ｋWから２．５ｋＷ、１ｋＷ～５ｋＷ、２５０Ｗ～５ｋＷ、およびそれ以上のパワーで、スポットサイズを～１００μｍ、～２００μｍ、～３００μｍ、～４００μｍ、～５００μｍ、～７００μｍ、～１０００μｍ、約１００μｍ～約１０００μｍ、約１００μｍ～５００μｍ、約２００μｍ～７５０μｍ、約２００μｍ～約４００μｍ、約６００μｍ～約８００μｍ、約５００μｍ～約１０００μｍ、約７００μｍから約１，５００μｍ、約１ｍｍ以上、約２ｍｍ、約３ｍｍ以上、および約４ｍｍ以上とし、有害なアルミニウムダスト、本明細書に記載のように有害物質の組み合わせとバリエーションなしに、経済的に実行可能な速度で、良好な溶接を達成する、アルミニウムの青色レーザー溶接を行う。

【００８８】

好ましくは、実施形態では、レーザー波長は、３５０ｎｍから５００ｎｍの波長で、スポットサイズ（直径、または断面）は、１００ミクロン（μｍ）から３ｍｍの範囲とすることができ、より大きなスポットサイズもまた企図される。スポットは、円形、楕円形、線形、四角形、またはその他のパターンにすることができる。好ましくは、レーザービームは連続的である。実施形態では、レーザービームは、例えば約１マイクロ秒以上のパルスとすることができる。これにより、本明細書に記載されるような有害なアルミニウムダストの生成なしに、アルミニウムベース材料に良好な溶接部を作る。

【００８９】

焦点と、焦点位置と、アルミニウム材料へのレーザービームの浸透の深さは、さらに、スパッタとアルミニウムダストの生成を減少させ排除する能力を提供する。典型的には、レーザービームの浸透が深く、焦点が深いほど、スパッタ及びダストの減少及び除去が大

きくなる。

【００９０】

図１から図３には、５００Ｗのレーザーパワーを３０ｍｍ／秒で使用した２００μｍ／２００μｍのアルミニウムシートの重ね溶接の写真が示されている。アルゴン処理ガスは５０ｃｆｈで利用される。０．４秒の滞留時間は、このレーザーが酸化膜を切断し、材料の長さ方向で直線経路に沿って伝搬するのに適した溶融池を形成するのに十分な時間を提供する。図１は、上面を示している。図２は、下面を示している。図３は、溶接部の断面を示している。エッチング液は、アルミニウムの結晶構造を明らかにしないが、溶接部分と非溶接部分の間には目に見える差異はほとんど見られない。ＨＡＺはほとんど存在しない。酸化はほとんど、あるいは全く存在しない。

【００９１】

図４から図６には、１３０ｍｍ／秒で５００Ｗのレーザーパワーを利用した、２００μｍ／２００μｍのアルミニウムシートの突き合わせ溶接の写真が示されている。レーザーは、レーザー中心波長が１０～２０ｎｍのレーザーの帯域幅を有する４５０ｎｍ±１０ｎｍのレーザービームを提供した。アルゴン処理ガスは、５０ｃｆｈで利用される。レーザーパワーが溶接シームに容易に伝播し、両側の材料を加熱し、材料間のシームに沿って伝播するのに適した溶融池を生成するので、滞留時間は不要である。図４は、きれいで均一な溶接部の上面を示す。溶接部の両側の溶融した領域と、それらをつなぐ溶融凝固した金属の滑らかな領域がはっきりと観察できる。図５は、下面である。ここでも、溶接部は３つに分かれている。両側の等間隔のシェブロンパターンと、それらをつなぐ小さなやや粗いパッチがある。図６は、溶接部の断面を示したものである。エッチング液はアルミニウムの結晶構造を明らかにしないが、溶接部分と非溶接部分の目に見える差異はほとんどない。溶接により加熱され、引き寄せられるように金属が曲げられる。ＨＡＺはほとんど存在しない。酸化はほとんど、あるいは全く存在しない。

【００９２】

図７、図８及び図８ａには、本発明のレーザー溶接技術を使用してプリズムセル及びパウチセル電池のリード線をレーザー溶接している写真が示されている。レーザーは、レーザーの中心波長を有するレーザービームを提供し、１０～２０ｎｍのレーザーの帯域幅を有する４５０ｎｍ±１０ｎｍとすることができる。図７、図８、および図８Ａは、１ｍｍのアルミニウムタブに１２μｍアルミニウムの４１層の溶接を示す。１０００Ｗのパワーは、８００～２０００ｍｍ／ｍｉｎの範囲の速度で３パスプロセスで使用される。最初のドウェル（滞留）は、最初のパスの間に箔をタブに融合させるのに十分な大きさの溶融池を最初に形成するために利用される。ある実施形態では、レーザー加熱をより大きな領域に広げるために、レーザーは焦点を外して移動される。レーザーは、箔の縁に沿って、箔の縁の外側、中心、または内側にオフセットして移動される。次のパスでは、レーザービームを箔スタックの内側または上にさらに移動させるのが一般的である。レーザーの焦点位置は、最高の特性で最も再現性の高い溶接を行うために適宜調整される。通常、この工程では、ほとんど酸化は発生しない。

【００９３】

プロセスの実施形態は、箔の厚いスタック（積み重ね）を重ねあわせる溶接を含む。このプロセスでは、より長いドウェル（滞留）が使用され得る。小さな円形又は楕円形のパターンを使用して、スタック厚さを完全に貫通させることができる。溶接の溶け込みを維持するために、小さな往復運動をすることができる。溶接の溶け込みを維持するために、小さな楕円形やその他のパターンを使用することができる。箔層の切断量を制限するために、金属薄片で箔を覆うようにすることができる。

【００９４】

本発明の実施形態は、アルミニウム材料への効率的な熱伝達率；安定した溶接溜り；および伝導モード溶接またはキーホールモード溶接のいずれかにおいて特にこれらの利点を有すること；を含む利益を達成するために可視レーザーシステムを使用する、アルミニウムとアルミニウム、アルミニウムと他の材料、およびこれらの組み合わせの溶接方法、装

置、およびシステムに関する。アルミニウムは、図９に示すように、青色波長領域において吸収性（２０％）がある。本発明のレーザービームシステム及び方法は、レーザースポットから熱が伝導されるよりも速く母材（溶接される材料、例えば、アルミニウム）を加熱する。酸化物層の溶融が完了すると、アルミニウム母材の溶融が始まり、安定した溶融池が作られる。つまり、レーザービーム中の材料は融点まで急速に加熱され、連続レーザービームによって融点に維持されるため、安定した溶接ビードが形成される。

【００９５】

図１０は伝導モード溶接１０００の実施形態の模式図であり、溶接の方向を矢印１００４で示す。レーザービーム１００１、例えば、青色波長は、溶融池１００２に焦点を合わせて維持する。溶融池１００２の背後には、固体溶接部１００３がある。母材、例えば、アルミニウム金属又は合金は、溶接部の下にある。シールドガスストリーム１００５を使用することもできる。

【００９６】

図１１にはキーホールモード溶接２０００の実施形態の概略が示されており、矢印２００７で溶接の方向が示されている。キーホール２００６には、金属／蒸気プラズマが存在する。青色レーザービーム２００１は、プラズマ雲２００２、溶融池２００３、および固体溶接金属２００４を作る。シールドガスストリーム２００５も使用することができる。

【００９７】

図１１のキーホール溶接を図１０の伝導モード溶接と比較すると、キーホール溶接における最終溶接再凝固領域の壁は、伝導モード溶接よりも部品又は母材に入り込んでより垂直である。

【００９８】

好ましくは、本システムおよび方法の実施形態のためのハイパワーレーザービーム（例えば、可視レーザービーム、緑色レーザービーム、および青色レーザービーム）は、システム内の光学系を通して約５０μｍ以上のスポットサイズに集束される性能を有し、１０Ｗ以上のパワーを有する。青色レーザービームを含むレーザービームのパワーは、１０Ｗ、２０Ｗ、５０Ｗ、１００Ｗ、１０Ｗ～５０Ｗ、１００Ｗ～２５０Ｗ、２００～５００Ｗ、１５０～１０００Ｗ、１０００Ｗ、５００Ｗ～１５００Ｗ、１５００Ｗ、より高いパワー及び低いパワーも想定されており、またこれらの範囲内のすべての波長が想定されている。これらのパワーおよびレーザービームに対するスポットサイズ（最長断面距離、円の場合は直径）は、約２０μｍから約４ｍｍ、約３ｍｍ未満、約２ｍｍ未満、約２０μｍ～約１ｍｍ、約３０μｍ～約５０μｍ、約５０μｍ～約２５０μｍ、約５０μｍ～約５００μｍ、約１００μｍ～約４０００μｍ、それ以上及び以下、及びこれらの範囲内のすべてのサイズであり得る。レーザービームスポットのパワー密度は、約５０ｋＷ／ｃｍ^2～５ＭＷ／ｃｍ^2、約１００ｋＷ／ｃｍ^2～４．５ＭＷ／ｃｍ^2、約１００ｋＷ／ｃｍ^2～１０００ｋＷ／ｃｍ^2、約５００ｋＷ／ｃｍ^2～２ＭＷ／ｃｍ^2、約５０ｋＷ／ｃｍ^{2}超、約１００ｋＷ／ｃｍ^{2}超、約５００ｋＷ／ｃｍ^{2}超、約１０００ｋＷ／ｃｍ^{2}超、約２０００ｋＷ／ｃｍ^{2}超、およびより高いパワー密度とより低いパワー密度、およびこれらの範囲内のすべてのパワー密度であり得る。アルミニウムの溶接速度は、本明細書で記載したアルミニウムダストを生じることなく、約０．１ｍｍ／秒から約２００ｍｍ／秒、さまざまな条件に応じてより遅いかより早い速度、およびこれらの範囲内のすべての速度とすることができる。

【００９９】

本発明の方法およびシステムの実施形態は、１つ、２つ、３つ、またはそれ以上のレーザービームを使用して溶接部を形成することができる。レーザービームは、溶接を開始するために同じ領域に焦点を合わせることができる。レーザービームスポットは重なったり一致したりする場合があり得る。複数のレーザービームを同時に、一致させて使用することができる。単一のレーザービームを使用して溶接を開始し、続いて２番目のレーザービームを追加することができる。複数のレーザービームを使用して溶接を開始し、続いてより少ないビーム、例えば単一のビームを使用して溶接を継続することができる。この複数

のレーザービームは、異なるパワーまたは同じパワーであり得、パワー密度は異なるか同じであり得、波長は異なるか同じであり得、これらの組み合わせおよび変形とすることもできる。追加のレーザービームの使用は、同時または順次にすることができる。複数のレーザービームを使用するこれらの実施形態の組み合わせおよび変形もまた使用され得る。複数のレーザービームを使用すると、溶接部からのスパッタを抑制でき、深溶け込み溶接法でもその抑制ができる。

【０１００】

実施形態では、溶接プロセス中に母材から酸化物層を除去するために、水素ガスH_2を不活性ガスと混合することができる。その水素ガスは溶接領域に流される。水素ガスはまた、溶接部の濡れを促進する。水素ガスはシールドガスに添加するか、シールドガスと混合して、シールドガスの一部として溶接部に適用することができる。これらの混合ガスには、例えば、$Ar-H_2$、$He-H_2$、N_2-H_2がある。

青色、青緑色、緑色、赤色レーザーシステムを使用した、アルミニウム、アルミニウム合金、およびその他の金属の伝導モード溶接をする方法

【０１０１】

本発明のシステムは、有害なアルミニウムダストを含むＩＲ溶接の有害物質生成に関連する問題および困難を克服する。本発明のレーザービームのアルミニウムとの相互作用により、アルミニウムがその融点に達し、許容可能な処理条件幅を可能にする。

【０１０２】

一実施形態では、部品保持装置または固定具を使用することにより、定常伝導モード溶接が実行され、高品質の溶接が安定した迅速な速度で得られる。

【０１０３】

レーザービームによって部品に誘発される熱過渡の間、溶接される材料を所定の位置に保持するために溶接固定具が使用される。図１２および図１２Ａの固定具は、それぞれ、重ね溶接、突合せ溶接、さらにはエッジ溶接に使用することができる溶接クランプの斜視図及び断面図である。溶接固定具４０００は、ベースプレートまたは支持構造４００２を有する。ベースプレート４００２に取り付けられているのは、２つのクランプ部材すなわちホールドダウン４００１である。ホールドダウン４００１は、ベースプレート４００２の表面上に載るタブと、溶接されるワークピースに接触して保持する自由端とを有する。ホールドダウン４００１の自由端の間の領域のベースプレート４００２には、例えば、幅２ｍｍ×深さ２ｍｍのスロットがある。４本のボルト４００４（他のタイプの調整締め付け装置も使用できる）は、クランプをワークピースに対して調整、締め付け、保持して、ワークピースを保持または固定する。

【０１０４】

この固定具の材料は、ステンレス鋼などの低熱伝導率材料であり、それは溶接中に部品を所定の位置に保持するために必要なクランプ圧力を加えるのに十分に剛性であるため好ましい。実施形態では、クランプ、ベースプレート、およびそれら両方は、溶接プロセス中にワークピースに対して絶縁性または絶縁効果を与えることができる。固定具に熱伝導率の低い材料を使用すると、部品に蓄積される熱が固定具自体によって急速に伝導されることが防止、最小化、および低減される。クランプのために選択される材料、クランプの幅、および部品の下のギャップはすべて、溶接の溶け込み深さ、溶接ビードの幅、および溶接ビードの全体的な品質を決定するパラメータとなる。

【０１０５】

好ましい実施形態では、固定具４０００のベースプレート４００２はステンレス鋼で構成され、幅２ｍｍのギャップ４００３が溶接領域の真下に配置されるように切り込まれ、溶接部の裏面の酸化を最小限に抑えるために（カバーガスまたはシールドガスとしての）アルゴン、ヘリウム、または窒素などの不活性ガスが注入される。カバーガスは、水素と不活性ガスの混合物であり得る。クランプ４００１は、ベースプレート４００２のギャップ４００３の縁から２ｍｍのところで、溶接される部品を押圧するように設計されている。したがって、この実施形態では、溶接される部品の幅６ｍｍの領域がレーザービームに

対して開放されている（レーザービームはクランプからわずかに離される）。クランプのこの配置により、レーザービームが表面に簡単にアクセスできるだけでなく、部品をしっかりとクランプすることができる。このタイプのクランプは、厚さが５０μｍから数ｍｍまでの２枚のアルミニウム箔またはアルミニウムシートを突き合わせ溶接するのに好ましい。この固定具は、２００μｍから数ｍｍの範囲の２枚のより厚いアルミニウム板を重ね溶接するのにも適している。クランプ圧力の大きさは非常に重要であり、レーザーパワーの大きさ、溶接の速度、部品の厚さ、および実行される溶接のタイプに応じて、クランプボルトは０．０５ニュートンｍ（Ｎｍ）、最大３Ｎｍのトルク、又はより厚い材料の場合はそれ以上で締めることができる。このトルク値は、ボルトのサイズ、ねじ山のかみ合い、およびボルトの中心からクランプポイントまでの距離に大きく関係する。

【０１０６】

一実施形態では、高品質で優れた溶接は、固定具自体への寄生熱損失を最小限に抑えながら、溶接中の部品の移動を防ぐのに十分なクランプ力を提供することによって得られる。図１２および図１２Ａの固定具の実施形態は、溶接固定具の断面を表し、任意のタイプの形状を溶接するために、任意の２Ｄ経路（例えば、－Ｓ－、－Ｃ－、－Ｗ－など）に設計することができる。別の実施形態では、固定具は、予熱されるか、または溶接プロセス中に加熱されて、固定具への寄生熱損失を低減しながら、溶接の浸透の速度または深さを増加させることができる。固定具を数１００℃に加熱すると、溶接速度、または溶け込みの深さと品質を２倍以上に向上させることができる。溶接部上面のシールドガスは、図１０に示すように、溶接進行方向の前から溶接進行方向の後ろに縦方向に供給される。

【０１０７】

伝導モード溶接プロセスを使用する２つの部品の重ね溶接は、部品が密接に接触して配置および保持されることを必要とする。２つの部品（集合的にワークピース）は、好ましくは図１３および図１３Ａ（斜視図、断面図）に示されるタイプの固定具に配置することができる。固定具５０００は、ベースプレート５００３および２つのクランプ５００２を有する。クランプは、ホールドダウンボルト５００１に対応する４つのスロット５０１０を有する。従って、ワークピースに対するクランプの相対的な位置、およびクランプ力または圧力の大きさを調整して固定することができる。固定具には、位置決めと固定を支援する磁石を付けることができる。クランプ５００２は、シールドガスを送るための内部チャネル５００４を有する。チャネル５００４は、シールドガス出口５００５と流体連通している。シールドガス供給システムからのシールドガス出口とシールドガスチャネルはクランプ内にある。したがって、ガス供給システムはクランプの長さに沿った穴の列であり、アルゴン、ヘリウム、または窒素などの不活性ガスを供給する。アルゴンは空気よりも重く酸素に替わり部品に留まり、部品の上面の酸化を防ぐため、好ましいガスである。少量の水素を不活性ガスに加えて、部品上の酸化層の除去を促進し、溶融プロセス中の部品の濡れを促進することができる。

【０１０８】

インサート５００６もあり、これは、箔の積層体内の個々の箔が積層体内で互いに接触をキープし維持するように強制するために使用される。インサート５００６は、箔を引き伸ばして、互いにしっかりと均一に接触させることができる。図１３および図１３Ａの実施形態では、インサート５００６は逆Ｖ字形である。それは、箔の積層体、およびそれらの個々の厚さに応じて、湾曲、ハンプ（凸部）、または他の形状にすることができる。さらに、図１３および１３Ａの実施形態では、インサート５００６は、クランプ５００２に隣接しているが、クランプ５００２によって覆われていない。インサートはクランプの端から取り外すことができる。または、クランプの一方または両方がインサートを部分的に覆う場合がある。

【０１０９】

好ましい実施形態では、ベースプレート５００３は、クランプ５００２と同様に、ステンレス鋼から作られている。固定具は、セラミックまたは断熱材料から作ることができる。凸状のインサート５００６は、溶接部の下から圧力を加えて、（２、３、１０などの）

重なり合うプレートを密接に接触させる。この実施形態では、シールドガスのための手段が、クランプの長さに沿った一列の穴の形でクランプに組み込まれ、アルゴン、ヘリウム、または窒素などの不活性ガスを供給するようになっている。アルゴンは空気よりも重く、酸素に替わって部品に留まり、部品上面の酸化を防ぐための好ましいガスである。ベースプレート５００３の凸状のインサート５００６はまた、酸化を防ぐために、溶接部の裏側にカバーまたはシールドガスを供給するための一連のチャネル、穴またはスロットを有し得る。図に示されているように、固定具５０００は、溶接部の断面を表し、任意の形状を一緒に溶接するための任意の２Ｄ経路に設計することができる。このアプリケーションでは、ワークピースの性質によっては、ボルトのトルク値が重要になる場合があり、トルク値が０．１Ｎｍなど低すぎる場合には部品が接触したままにならず、トルク値が１Ｎｍ超の高すぎる場合には寄生熱伝達により、溶接プロセスの効率が低下して溶け込みと溶接ビードの幅が減少する。

【０１１０】

個別に及び集合的にスパッタ及びダスト形成を更に減少させ、除去することができる他の処理パラメータとしては、部品への適切なアシストガスの供給、焦点の位置決め、伝導モード溶接の使用、及び溶接パルスパラメータの使用又は溶接部の成形（円形、ラスターパターンでのウォブリングと同様）などがある。

有害な金属粉の発生を抑えた状態でアルミニウム、アルミニウム合金、その他の金属を溶接するための更なる技術

【０１１１】

５００ワットで２００μｍのスポットでは、パワー密度は１．６ＭＷ／ｃｍ^{2}超である。このパワー密度以上では、青色レーザーでさえ、溶接部にスパッタと多孔を生成する可能性がある。ただし、吸収が十分に制御されているため、スパッタを抑制、制御、または除去することが可能である。スパッタを抑制するための第１の方法は、溶接速度を一定に保ちながら、スパッタが開始されたらパワーレベルを下げることである。スパッタを抑制する第２の方法は、溶融池を長くしてシールドガスと気化した金属をキーホールから排出し、スパッタがなく（スパッタフリー）欠陥のない溶接を行うことである。スパッタを抑制するための第３の方法は、ガルバノモーターのセットに取り付けられたミラーのセットまたはロボットのいずれかを使用して、青色レーザービームを揺らすことである。スパッタを抑制する第４の方法は、真空の使用を含む溶接環境の圧力を低下させるものである。最後に、スパッタを抑制するための第５の方法は、１Ｈｚから１ｋＨｚの範囲、または最大５０ｋＨｚの範囲でレーザービームパワーを変調することである。好ましくは、溶接パラメータは、プロセス中のスパッタを最小限に抑えるように最適化される。

【０１１２】

本発明の実施形態は、概ね、材料のレーザー加工、材料による高レベルまたは増加されたレベルの吸収性を有するように加工される材料に、事前に選択されたレーザービーム波長を適合させることによるレーザー加工、特に、材料による吸収性が高いレーザービームを用いた材料のレーザー溶接に関する。

【０１１３】

本発明の一実施形態は、３５０ｎｍから８５０ｎｍの波長の可視レーザービームを有するレーザービームを使用して、これらの波長に対してより高い吸収性を有する材料を溶接するか、レーザー処理によって接合することに関する。特に、レーザービーム波長は、少なくとも約１０％、少なくとも約１５％、少なくとも約１８％、および少なくとも約２０％、またはそれ以上、および約１０％から約２０％の吸収性を有するように、レーザー加工される材料に基づいて事前に決定される。したがって、例えば、金、銅、真ちゅう、銀、アルミニウム、ニッケル、これらの金属の合金、ステンレス鋼、および他の金属、材料、および合金を溶接するために、約４００ｎｍから約５００ｎｍの波長を有するレーザービームが使用される。

【０１１４】

金、銅、真ちゅう、ニッケル、ニッケルメッキ銅、ステンレス鋼、およびその他の材料

、メッキされた材料、および合金を溶接するための、青色レーザー、例えば、約４０５ｎｍから約４９５ｎｍの波長が、室温でのそれら材料の高い吸収性、例えば約１５％を超える吸収性のために好ましい。本発明のいくつかの利点の１つは、レーザー操作、例えば溶接プロセスの間、材料にレーザーエネルギーをより良く結合することができる、青色レーザービームのような予め選択された波長のレーザービームの能力である。レーザーエネルギーを溶接される材料によりよく結合させることによって、暴走プロセスの可能性は大幅に減少し、好ましくは排除される。レーザーエネルギーのより良い結合はまた、より低いパワーのレーザーを使用することを可能にし、コスト削減をもたらす。また、結合が良いため、制御性が高く、許容範囲が大きいので、溶接の再現性が高くなる。これらの特徴は、赤外線レーザーや赤外線レーザー溶接作業にはないもので、特に電子機器や電力貯蔵分野の製品にとって重要である。

【０１１５】

金、銅、真鍮、ニッケル、ニッケルメッキ銅、ステンレス鋼などの材料、メッキ材料、合金の溶接にレーザー、例えば約３８０～約５７５ｎｍ波長を使用することは、室温での材料の高い吸収率、例えば約１５％以上の吸収率のために好ましい。本発明のいくつかの利点の１つは、レーザー操作、例えば溶接プロセスの間、材料にレーザーエネルギーをより良く結合することができる、青色レーザービームのような予め選択された波長のレーザービームの能力である。レーザーエネルギーを溶接される材料によりよく結合させることによって、暴走プロセスの可能性は大幅に減少し、好ましくは排除される。レーザーエネルギーのより良い結合はまた、より低いパワーのレーザーを使用することを可能にし、コスト削減をもたらす。また、結合が良いため、制御性が高く、許容範囲が大きいので、溶接の再現性が高くなる。これらの特徴は、赤外線レーザーや赤外線レーザー溶接作業にはないもので、特に電子機器や電力貯蔵分野の製品にとって重要である。

【０１１６】

一実施形態では、ＣＷモードで動作する青色レーザーが使用される。ＣＷ動作は、レーザーパワーを迅速かつ完全に変調し、フィードバックループで溶接プロセスを制御でき、最適な機械的および電気的特性を備えた再現性の高いプロセスが可能であるために、多くの用途でパルスレーザーよりも好まれる。

【０１１７】

本発明の一実施形態には、１つ、２つ、またはそれ以上の部品のレーザー処理が含まれる。部品はレーザービームエネルギーを吸収する任意のタイプの材料、例えば、プラスチック、金属、複合材料、アモルファス材料、および他のタイプの材料から形成される。一実施形態では、レーザー加工は、２つの金属部品を一緒にはんだ付けすることを含む。一実施形態では、レーザー加工は２つの金属部品を一緒に溶接することを含む。

【０１１８】

一実施形態では、レーザー溶接動作が、自生溶接、レーザーハイブリッド溶接、キーホール溶接、重ね溶接、フィレット溶接、突合せ溶接、および非自生溶接からなる群から選択されるツール、システム、および方法が提供される。

【０１１９】

レーザー溶接技術は、多くの様々な状況において、特に、電気接続部を形成するために溶接が必要とされる場合、特に、バッテリーなどの電力貯蔵装置において有用であり得る。本発明のレーザー溶接操作およびシステムの実施形態は、母材のみが使用され、キーホール溶接、伝導溶接、重ね溶接、フィレット溶接および突合せなどの自生溶接をすることができる、概ね可視波長、好ましくは青色波長のレーザーを含む。レーザー溶接は非自生的であるものとすることができ、フィラー材料が溶融溜りに追加されてギャップを「埋める」か、溶接の強度のために隆起したビードを作製するようにすることができる。レーザー溶接技術には、レーザー材料蒸着（「ＬＭＤ」）も含まれる。

【０１２０】

本レーザー溶接操作およびシステムの実施形態は、電流がレーザービームと組み合わせて使用されてフィラー材料のより迅速な供給を提供するハイブリッド溶接であり得る、可

視波長、好ましくは青色波長のレーザーを含む。レーザーハイブリッド溶接は、定義上、非自生となる。

【０１２１】

好ましくは、いくつかの実施形態では、アクティブな溶接モニタ、例えば、カメラを使用して、その場で溶接の品質をチェックすることができる。これらのモニタには、たとえば、Ｘ線検査および超音波検査システムを含めることができる。さらに、オンストリームビーム分析とパワー監視を利用して、システムの特性と動作の特性を完全に理解することができる。

【０１２２】

本発明のレーザーシステムの実施形態は、新規のレーザーシステムおよび方法を従来のフライス盤および機械加工装置と組み合わせてハイブリッドシステムとすることができる。このようにして、製造、構築、再仕上げ、またはその他のプロセス中に材料を追加および削除できる。本発明者の１人または複数によって発明されたレーザーシステムの他の実施形態を使用するそのようなハイブリッドシステムの例は、米国特許出願シ第１４／８３７，７８２号に開示および教示されており、その開示全体は参照により本明細書に取り込まれる。

【０１２３】

典型的には、実施形態においては、レーザー溶接は、光学系を清潔に保つための非常に低いガス流、光学系を清潔に保つためのエアナイフ、または光学系を清潔に保つための不活性環境を使用する。レーザー溶接は、空気、不活性環境、またはその他の制御された環境、たとえばN_2中で実行できる。

【０１２４】

本レーザーシステムおよびプロセスの実施形態、伝導溶接、およびキーホール溶接で実行される２つの好ましい自生溶接モード、およびそれらが生成する自生の溶接部が存在する。伝導溶接は、低強度（＜１００ｋＷ／ｃｍ^2）のレーザービームを使用して２つの金属片を溶接する場合である。ここでは、２つの金属片を互いに突き合わせ、片側に重ね、完全に重ねることができる。伝導溶接は、キーホール溶接ほど深く溶け込まない傾向があり、一般的に、非常に強力な突合せ溶接のための特徴的な「球形」の溶接接合部を生成する。ただし、キーホール溶接が比較的高いレーザービーム強度（＞５００ｋＷ／ｃｍ^2）で生じ、この溶接は材料の奥深くまでの溶け込むことが可能であり、多くの場合、材料が重なる場合には複数の層を貫通し得る。伝導モードからキーホールモードへの移行の正確な閾値は、青色レーザー光源ではまだ決定されていないが、キーホール溶接は、材料の頂部に特徴的な「ｖ」字型を持ち、材料の奥深くまで溶け込んだ再凝結された材料のほぼ平行なチャネルがある。キーホールプロセスは、金属の溶融池の側面からのレーザービームの反射によってレーザーエネルギーを材料の奥深くに伝達する。これらのタイプの溶接はどのレーザーでも実行できるが、青色レーザーは、赤外線レーザーよりも、これらのタイプの溶接の両方を開始するための閾値が大幅に低いと見込まれる。

【０１２５】

以下の実施例は、本レーザーシステムおよび動作の様々な実施形態、特に電子記憶装置内の構成要素を含む構成要素を溶接するための青色レーザーシステムを説明するためのものである。これらの例は、説明を目的としたものであり、予測的である得、本発明の範囲を制限するものと見なされるべきではない。

【０１２６】

実施例１

【０１２７】

青、青緑、緑又は赤のレーザービームを用いた金属のレーザー溶接は、ビームをふらつかせることなく（ワブリングなく）実施される。これらの溶接は深い溶け込みを有する。したがって、これらのレーザービームを使用した、アルミニウム箔、およびアルミニウム板を含むアルミニウムベース材料のワブリングフリー溶接が提供される。アルミニウム、アルミニウムベース材料、およびこれらの合金のワブリングフリー溶接が可能である。

【０１２８】
このワブリングフリーレーザー溶接の一実施形態では、青色レーザー溶接は、厚さが２ｍｍ以下、約１ｍｍ以下及び１ｍｍ以下のアルミニウムに対して、波長が４５０ｎｍの青色レーザービームを用いて行われる。
【０１２９】
このワブリングフリーレーザー溶接の一実施形態では、青色レーザー溶接は、厚さが１ｍｍ未満のアルミニウムに対して、波長が４６０ｎｍの青色レーザービームを用いて行われる。
【０１３０】
このワブリングフリーレーザー溶接の実施形態において、レーザー溶接は、１ｍｍ未満の厚さを有するアルミニウムに、４７０ｎｍの波長を有する青色レーザービームを用いて行われる。
【０１３１】
このワブリングフリーレーザー溶接の実施形態において、レーザー溶接は、１ｍｍ未満の厚さを有するアルミニウムに、５１５ｎｍの波長を有する緑色のレーザービームを用いて行われる。
【０１３２】
このワブリングフリーレーザー溶接の実施形態において、レーザー溶接は、１ｍｍ未満の厚さを有するアルミニウムに、５３２ｎｍの波長を有する緑色のレーザービームを用いて行われる。
【０１３３】
このウォブルフリーレーザ溶接の実施形態において、レーザー溶接は、１ｍｍ未満の厚さを有するアルミニウムに、５５０ｎｍの波長を有する緑色レーザービームを用いて実施される。
【０１３４】
実施例１Ａ
【０１３５】
青色、青緑色、緑色または赤色のレーザービームを用いた金属のレーザー溶接が、ビームをふらつかせることなく（ワブリング無しに）実施される。これらの溶接は深い溶け込みを有する。これにより、これらのレーザービームを用いた、アルミニウム箔、およびアルミニウム板を含むアルミニウムベース材料の、ビームのウォブルを用いた溶接が提供される。アルミニウム、アルミニウムベース材料、及びこれらの合金のワブリングフリー溶接が提供される。
【０１３６】
このレーザー溶接の実施形態では、レーザー溶接は、２ｍｍ以下、約１ｍｍ以下、１ｍｍ以下の厚さを有するアルミニウムに対して、４５０ｎｍの波長を有する青色レーザービームを用いて行われる。
【０１３７】
このレーザー溶接の実施形態では、レーザー溶接は、１ｍｍ以下の厚さを有するアルミニウムに対して、４６０ｎｍの波長を有する青色レーザービームを用いて行われる。
【０１３８】
このレーザー溶接の実施形態において、レーザー溶接は、１ｍｍ未満の厚さを有するアルミニウムに対して、４７０ｎｍの波長を有する青色レーザービームを用いて行われる。
【０１３９】
このレーザー溶接の実施形態において、レーザー溶接は、１ｍｍ未満の厚さを有するアルミニウムに対して、５１５ｎｍの波長を有する緑色レーザービームを用いて行われる。
【０１４０】
このレーザー溶接の実施形態において、レーザー溶接は、１ｍｍ未満の厚さを有するアルミニウムに、５３２ｎｍの波長を有する緑色レーザービームを用いて行われる。
【０１４１】

このワブリングフリーレーザー溶接の実施形態では、レーザー溶接は、１ｍｍ未満の厚さを有するアルミニウムに対して、５５０ｎｍの波長を有する緑色レーザービームを用いて行われる。

【０１４２】

実施例２

【０１４３】

４５０ｎｍの波長を有するレーザービームを生じる４つの２００ワットの青色レーザーモジュールを有する６００ワットレーザの実施例。このレーザーシステムは、米国特許出願シリアル番号１６／７３０，８５２に教示され開示されており、その開示全体は参照により本明細書に組み込まれる。レーザーダイオードは個別にコリメートされ、ビーム発散は円形化され、各モジュールについて２２ｍｍｒａｄのビームパラメータ積をもたらす。４つの青色レーザーモジュールからのレーザービームは、直径１００ｍｍの集光光学系の開口部を埋めように、垂直方向と同様に水平方向にも光学的に整えられる。この複合ビーム（４５０ｎｍ）は、ビームパラメータ積が４４ｍｍｒａｄである。この青色レーザービームは、自由空間を経由してワークピースに照射される。また、このビームはファイバーを介して送出されてもよい。

【０１４４】

リアルタイムビーム診断をセットアップに統合することを可能にする４’×６’の光学ベンチを有する光学ブレッドボードが使用される。複合パワービームは１％ビームサンプラーでサンプリングされ、ビームの一部は遠視野プロファイルカメラとパワーメーターに送られる。遠視野は、溶接レンズと同じ焦点距離のレンズである、１００ｍｍＦ／１レンズまたは２００ｍｍＦ／２レンズのいずれかで作られる。どちらのレンズもＴｈｏｒＬａｂｓ社のＢＫ７非球面レンズである。レンズは約８０ｍｍまでアンダーフィルされ、ワークピースでのスポットは１００ｍｍＦＬレンズの場合は約２００μｍ、２００ｍｍＦＬレンズの場合は約４００μｍである。

【０１４５】

ビームコースティックは、セットアップのビームサンプリングアーム内の１００ｍｍのＦＬレンズの焦点を通してオフィール（Ｏｐｈｉｒ）ビームプロファイラを平行移動させ、９５％囲まれたパワーポイントでビームの直径を測定することによって測定される。この測定は、１００ｍｍＦＬレンズの焦点深度が比較的短いことを示している。

【０１４６】

ファナック６軸ロボット（ＦＡＮＵＣ　Ｍ－１６ｉＢ）を使用して、ロボットアダプタに取り付けられて溶接部の方向に沿って向けられた直径３／８インチのスパージャーチューブによってカバーガスが提供されている状態で、サンプルが自由空間ビーム焦点を通して移動される。

【０１４７】

図１２および１２Ａに示されるタイプの溶接固定具が使用されている。溶接固定具は溶接プロセスの一部であり、高熱伝導率の材料を溶接する場合、得られる溶け込み深さ、溶接速度、およびその両方に影響を与え得る。図１２および１２Ａは、溶接固定具の実施形態の図面である。一実施形態では、アルミニウム（６０６１シリーズ）が使用される。別の実施形態では、ステンレス鋼（３１６）が使用される。アルミニウムの溶接固定具は部品から熱を急速に奪う傾向があるが、ステンレス鋼の固定具は熱の大部分を部品内にとどまらせることができる。両方の材料は、サンプル（ワークピース、部品など）をクランプするためのさまざまな方法とともに評価される。固定具に配置された部品の上部にアルゴン－CO_2などの不活性ガスを流し、溶接プロセス中の部品の酸化を抑制する。小さなギャップ４００３がサンプルの中心の下に配置され、ビードオンプレートのポイントでの放熱を最小限に抑え、溶接部の裏側にアシストガスを追加できるようにする。

【０１４８】

溶接のキーホールモードでは、溶接時に強いプルームを生成する可能性がある。プルーム内の原子とイオンは４５０μｍの光を容易に吸収するため、このプルームを管理し、で

きれば抑制する必要がある。直径３／８インチのチューブスパージャーを使用して、部品の上部に５０ｓｃｆｈのアルゴンまたはアルゴン－CO_2を供給することによってプルームを抑制する。溶接は、プルームを管理し、部品の酸化を回避するためのアルゴン、アルゴン－CO_2、空気、ヘリウム、窒素などのさまざまなガスを用いて実施されまたは形成することができる。溶接プロセスを最適化する目的は、とりわけ、可能な限り最高の速度で最大の溶け込みを達成することである。実施例８Ａから８Ｋに提示されたデータは、カバーガスとしてアルゴンを使用している。突合せ溶接などの他のレーザー溶接およびレーザー加工のアプリケーションでは、プルームを管理することが望ましく、好ましい。

【０１４９】

実施例８Ａから８Ｆの５００ワットの溶接試験では、２００ｍｍの焦点距離のレンズを使用して、ビームを４００μｍのスポットサイズに集束させ、平均強度を４００ｋＷ／cm^2超にし、ピーク強度を８００ｋＷ／cm^2に近づける。

【０１５０】

実施例８Ｇから８Ｋの６００ワットの溶接試験では、１００ｍｍの焦点距離レンズを使用して、ビームを２００μｍのスポットサイズに集束させ、平均強度を約２．１ＭＷ／cm^2にし、ピーク強度を４．５ＭＷ／cm^2に近づける。

【０１５１】

このレーザープロセスを使用して、アルミニウム（１１００シリーズ）に対して、５００ワット、４００μｍのスポットサイズ、および４００ｋＷ／cm^2の平均パワー密度を使用してビードオンプレート溶接を実施し評価する。サンプルはすべて、せん断で１０ｍｍ×４５ｍｍのサイズにカットされ、処理前にアセトンで洗浄される。表面仕上げはＭｃＭａｓｔｅｒ　Ｃａｒｒ社から提供されたもので、薄いサンプルではロール仕上げ、厚いサンプルではミル仕上げのように見える。

【０１５２】

溶接のためのこのサンプルは、評価の前にアセトンで拭き、ボルトに１ニュートンメートルのトルクをかけて固定具に固定した。固定具とサンプルは、レーザーへの後方反射を防ぐためにビーム法線に対して２０度の角度で保持され、２００ｍｍＦＬレンズの場合にはスポットが４００μｍ×５４０μｍに伸びる。ビーム角度は、ビーム法線から溶接部品の後続側である。サンプルのこの傾斜は、部品上での強度が低いために、得られる最大溶接速度を低下させる可能性がある。溶接のシーケンスは、パーツとレーザービームの間に十分な距離をもって、ロボットがパーツを移動するように命令され、ロボットがプログラムされた速度に到達したことを確認し、溶接固定具がレーザービームの位置を横切るときにレーザーが開始される。部品は一定の速度でビームを通過し、溶接固定具の端に達すると、レーザービームがオフになり、ロボットはホームポジションに戻るように命令される。サンプルは、微細構造を明らかにするために、断面化され、研磨され、エッチングされる。すべての溶接部が、伝導モード溶接を示す球形の溶融凝固パターンを示した。

【０１５３】

実施例２Ａ

実施例２Ａのレーザー、プロセス、セットアップを使用して、アルミニウム１１００シリーズのサンプルを溶接および評価する。アルミニウム１１００シリーズのサンプルを準備し、実施例２のアルミニウム部品と同じように溶接固定具に取り付けた。溶接プロセスは、実施例２の銅溶接プロセスと似ているが、ロボットの速度のみが変更されている。図１７に示す溶接速度は、その厚さの部分の裏側に完全な溶け込みビードが観察される場合のものである。溶接プロセス中に観察される溶融溜りからのスパッタはない。

【０１５４】

実施例２Ｂ

【０１５５】

実施例２のレーザー、プロセス、およびセットアップを使用して、突合せ溶接および溶接試験を、溶接固定具に並べて配置された２つのアルミニウム１１００のサンプルに対して行う。サンプルはせん断で準備され、溶接が行われる前に２つのエッジに特別な準備は

されていない。溶接前にサンプルはアセトンで拭かれている。プロットされた最終的な溶接速度は、溶接されるサンプルの全長にわたって完全な溶け込みビードが得られる速度である。このデータの要約が図１８に示されている。

【０１５６】

実施例３

【０１５７】

実施例１、１Ａ、２、２Ａ及び２Ｂの溶接プロセスは、最小限の、そして好ましくは全くアルミニウムベース粉を生成しない。実施形態において、前述の量のアルミニウムベース粉は、空中浮遊アルミニウム粉又は空中浮遊アルミニウム粒子として生成されない。

【０１５８】

実施例４

【０１５９】

実施例１、１Ａ、２、２Ａ及び２Ｂの溶接工程の間に、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、約１ｍｇ未満、１ｍｇ未満、約０．５ｍｇ未満、０．５ｍｇ未満、約０．１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．０５ｍｇ未満、０．０１ｍｇ未満、約２０ｇ～約１ｍｇ、約２ｇ～約１ｍｇ、約２ｍｇ～約０．０５ｍｇ、約１ｍｇ～約０．００１ｍｇ、およびそれより少ない量のアルミニウム、酸化アルミニウムおよび水酸化アルミニウムを含むアルミニウムベースの粉が生成される。一実施形態では、前述の量のアルミニウムベースの粉は、空中浮遊アルミニウム粉または空中浮遊アルミニウム粒子として生成される。

【０１６０】

実施例５

【０１６１】

実施例１、１Ａ、２、２Ａおよび２Ｂの溶接プロセスのための１ｍｍ長の溶接部の形成の間に、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、約１ｍｇ未満、１ｍｇ未満、約０．５ｍｇ未満、０．５ｍｇ未満、約０．１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．０５ｍｇ未満、約０．０１ｍｇ未満、約２０ｇ～約１ｍｇ、約２ｇ～約１ｍｇ、約２ｍｇ～約０．０５ｍｇ、約１ｍｇ～約０．００１ｍｇ、およびより少ない量のアルミニウム、酸化アルミニウムおよび水酸化アルミニウムを含むアルミニウムベースの粉体が生成される。一実施形態では、前述の量のアルミニウムベースの粉は、空中浮遊アルミニウム粉または空中浮遊アルミニウム粒子として生成される。

【０１６２】

実施例６

【０１６３】

実施例１、１Ａ、２、２Ａ及び２Ｂの溶接工程の溶接の少なくとも１０秒、１０～１，０００秒、及び１，０００秒以上、１０，０００秒以上、溶接の全体の間に、５０ｇ未満、２０ｇ未満、１０ｇ未満、１ｇ未満、１００ｍｇ未満、５０ｍｇ未満、５ｍｇ未満、約１ｍｇ未満、１ｍｇ未満、約０．５ｍｇ未満、０．５ｍｇ未満、約０．１ｍｇ未満、０．１ｍｇ未満、０．０５ｍｇ未満、０．０１ｍｇ未満、約２０ｇ～約１ｍｇ、約２ｇ～約１ｍｇ、約２ｍｇ～約０．０５ｍｇ、約１ｍｇ～約０．００１ｍｇ、およびより少ない量のアルミニウム、酸化アルミニウムおよび水酸化アルミニウムなどのアルミニウムベースの粉が生成される。一実施形態において、前述の量のアルミニウムベースの粉は、空中浮遊アルミニウム粉または空中浮遊アルミニウム粒子として生成される。

【０１６４】

実施例７

【０１６５】

実施例１、１Ａ、２、２Ａ及び２Ｂの溶接プロセスは、５００ミクロンより小さい粒子サイズを有するアルミニウムベースの粉末を最小限しか生成せず、好ましくは全く生成しない。実施形態において、アルミニウムベースの粉末の量は、空中浮遊アルミニウム粉末又は空中浮遊アルミニウム粒子として生成されない。

【０１６６】
実施例８
【０１６７】
実施例１、１Ａ、２、２Ａ及び２Ｂの溶接プロセスは、約４２０ミクロンより小さい、好ましくは４２０ミクロンより小さい粒子サイズを有するアルミニウムベースの粉生成を最小限しか生成せず、好ましくは全く生成しない。一実施形態において、アルミニウムベース粉は、空中浮遊アルミニウム粉末または空中浮遊アルミニウム粒子として生成されない。
【０１６８】
実施例９
【０１６９】
自動車フレーム、船舶部品、フレーム、支柱、ビーム、構造支持体、機械部品などの、より大きく、より重いアルミニウム部品を溶接するための重荷重溶接システムが提供される。このレーザーシステムは、３８０ｍ～８５０ｎｍ、好ましくは４０５ｎｍ～６００ｎｍの波長を有し、５００Ｗ～５ｋＷ、４ｋＷ以上、５ｋＷ以上、２ｋＷ～１０ｋＷ、１ｋＷ～５ｋＷのパワーを有するレーザーを有する。
【０１７０】
実施例１０
【０１７１】
アルミニウムベース部品を含むアルミニウムベースコンポーネントの製造、製造及び組立において、研削、フライス加工、機械加工及び組立などの操作は、許容できない、望ましくない、危険な、さらには爆発性のアルミニウムダスト状態の生成を引き起こす可能性がある。空気処理システム、および粉塵が生成、輸送または存在する付近の領域は、３８０ｎｍ～８５０ｎｍ、好ましくは４０５ｎｍ～６００ｎｍの波長を有するレーザービームを受け、このレーザービームが、アルミニウム粉を軟化、溶融またはその両方により小さい粉塵粒子を大きなサイズの凝集物または粒子に凝集し、それらをもはや可燃性および爆発性がない、例えば、４２０ミクロン以上、５００ミクロン以上、６００ミクロン以上、１，０００ミクロン以上の粒子径を有する凝集体または粒子とすることができる。一実施形態において、レーザーエネルギーは、小粒子が気化されるように十分に高く、好ましくは酸素を含まない環境において、その蒸気は、例えば、収集プレートの面のアルミニウム金属として堆積される。
見出しと実施形態
【０１７２】
本明細書における見出しの使用は、明確にすることを目的としており、決して限定するものではない。したがって、見出しの下に記載されているプロセスおよび開示は、さまざまな例を含め、本明細書全体に関連して読む必要がある。本明細書における見出しの使用は、本発明の保護の範囲を制限するべきではない。
【０１７３】
本発明の実施形態の主題である、またはそれに関連する、新規で画期的なプロセス、材料、性能、または他の有益な特徴および特性の根底にある、理論を提供または論じる必要がないことに留意されたい。それにもかかわらず、この分野の技術をさらに進歩させるために、この明細書では様々な理論が提供されている。この明細書に記載されている理論は、特に明記されていない限り、特許請求の範囲に記載された発明に与えられる保護の範囲を制限、制約、または狭めるものではない。これらの理論は、本発明を利用するために必要とされたり実践されたりすることないであろう。さらに、本発明は、本発明の方法、物品、材料、デバイス、およびシステムの実施形態の機能的特徴を説明するための、これまで知られていなかった新しい理論につながる可能性があることを理解されたい。そして、そのような後に開発された理論は、本発明に与えられる保護の範囲を制限してはならない。
【０１７４】

本明細書に記載されているシステム、機器、技術、方法、活動および操作の様々な実施形態は、本明細書に記載されているものに加えて、他の様々な活動および他の分野で使用することができる。さらに、これらの実施形態は、例えば、将来開発される可能性のある他の機器または活動、この仕様の教示に基づいて、部分的に変更される可能性のある既存の機器またはアクティビティとともに使用することができる。さらに、本明細書に記載されている様々な実施形態は、異なる様々な組み合わせで互いに使用することができる。したがって、例えば、本明細書の様々な実施形態で提供される構成は、互いに使用することができる。例えば、Ａ、Ａ’およびＢを有する実施形態の構成要素、ならびにＡ’’、ＣおよびＤを有する実施形態の構成要素は、本明細書の教示にしたがって様々な組み合わせ、例えば、Ａ、Ｃ、Ｄ、およびＡ、Ａ’’、Ｃ、Ｄなど互いに使用することができる。本発明に与えられる保護の範囲は、特定の実施形態、実施例、または特定の図の実施形態に示される特定の実施形態、構成または配置に限定されるべきではない。

【０１７５】

本発明は、その精神または本質的な特徴から逸脱することなく、本明細書に具体的に開示されたもの以外の形態で具体化することができる。説明された実施形態は、すべての点で例示としてのみ考慮されるべきであり、限定的ではないと見なされるべきである。

【図面】

【図１】

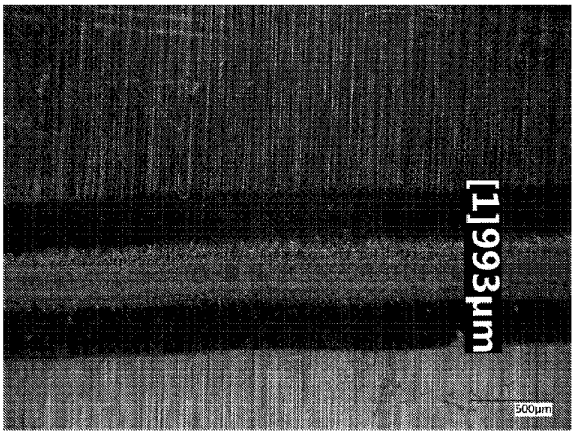


FIG. 1

【図２】

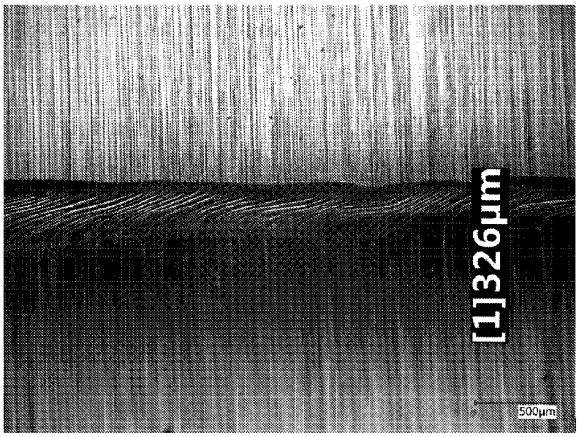


FIG. 2

【図３】

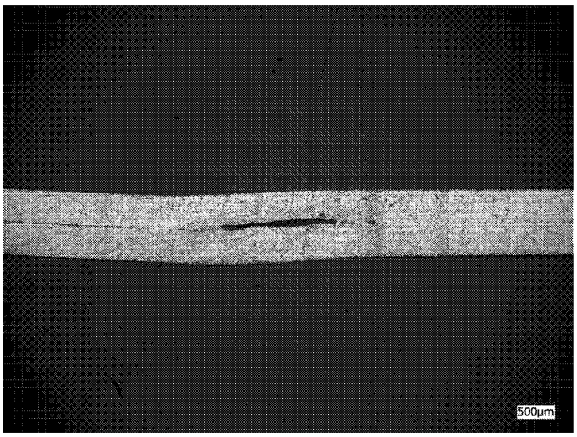


FIG. 3

【図４】

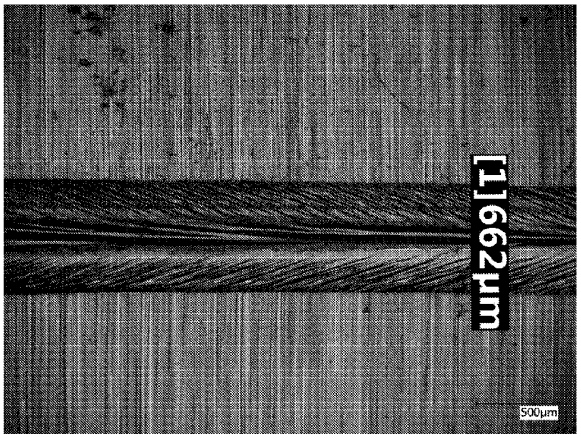


FIG. 4

【図５】

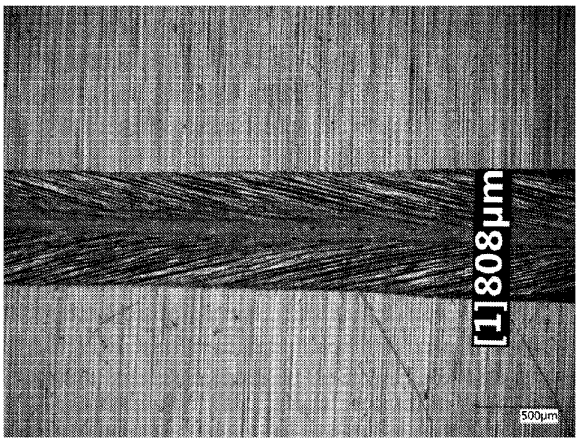


FIG. 5

【図６】

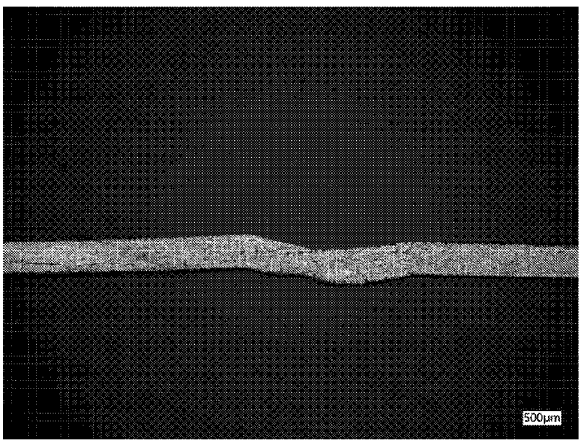


FIG. 6

【図７】

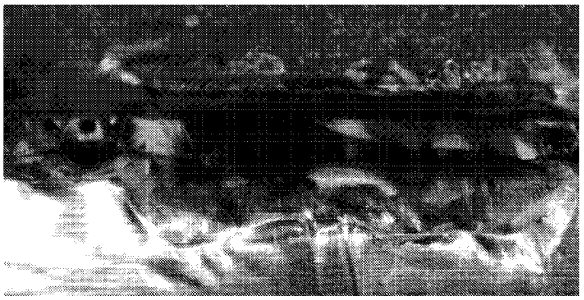


FIG. 7

【図８】

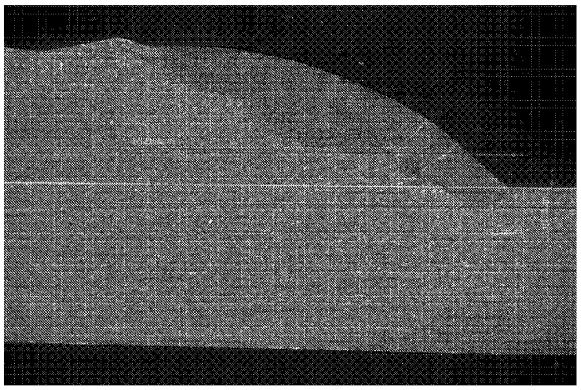


FIG. 8

【図８Ａ】

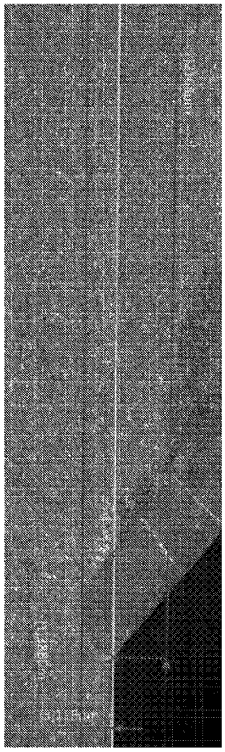


FIG. 8A
(enlarged view of FIG. 8)

【図９】

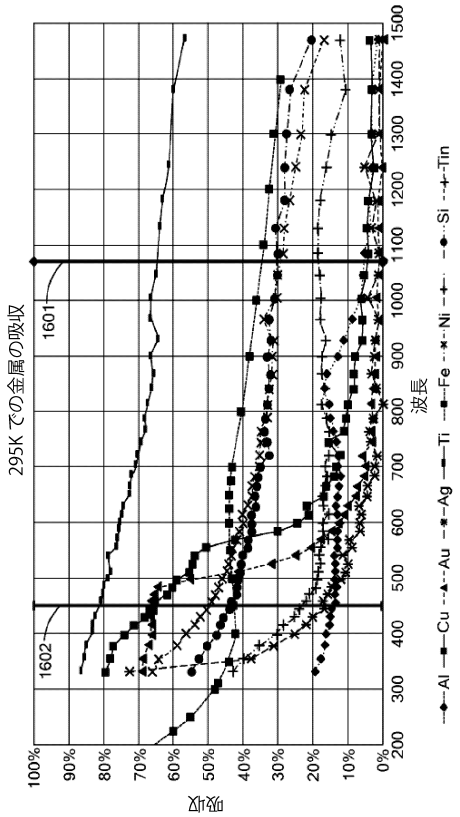


FIG. 9

【図１０】

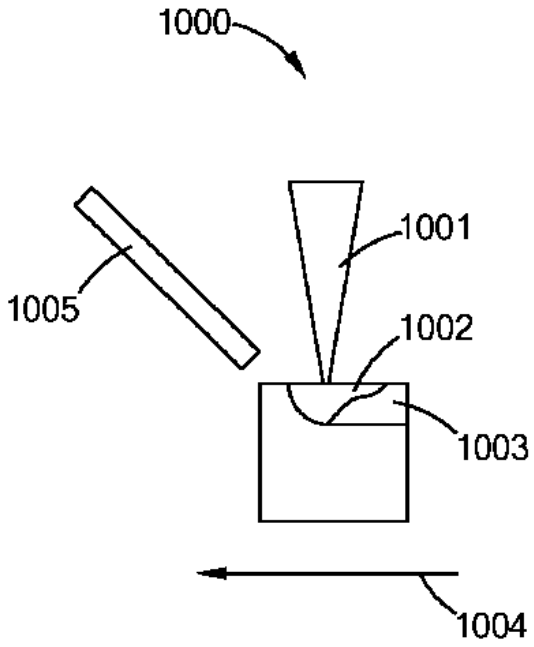


FIG. 10

【図１１】

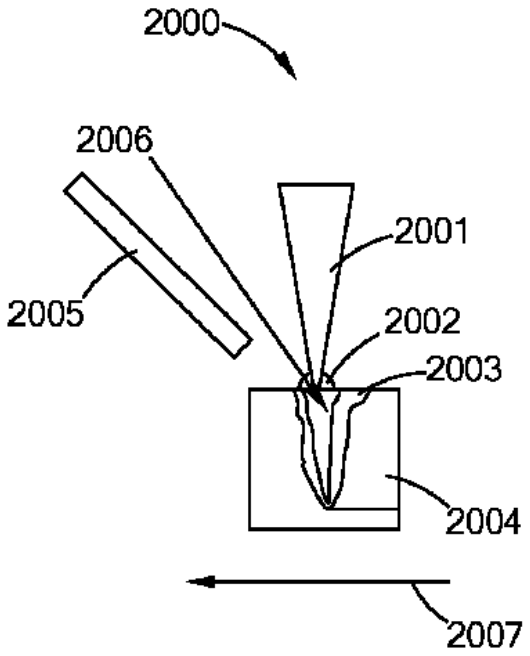


FIG. 11

【図１２】

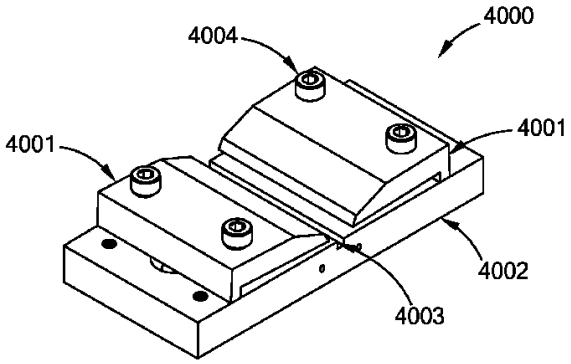


FIG. 12

【図１２Ａ】

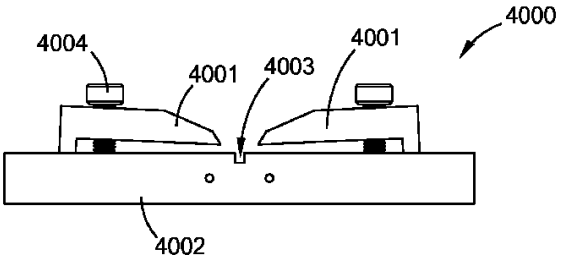


FIG. 12A

【図１３】

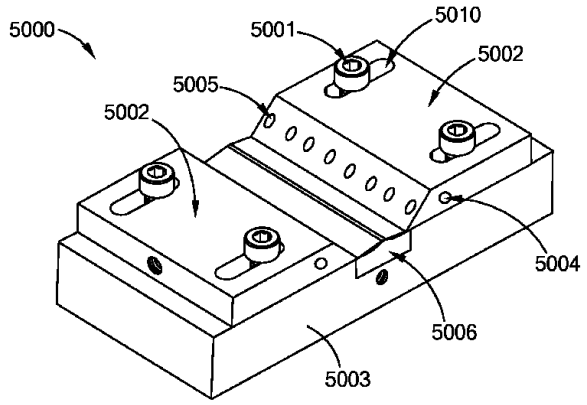


FIG. 13

【図１３Ａ】

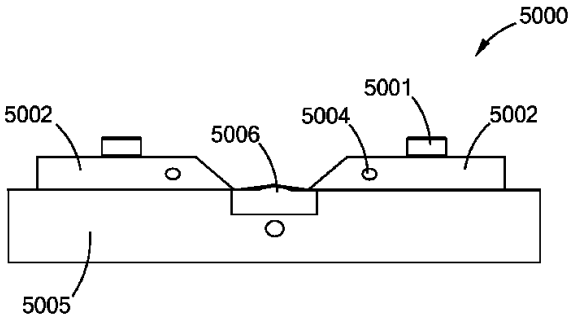


FIG. 13A

【図１４】

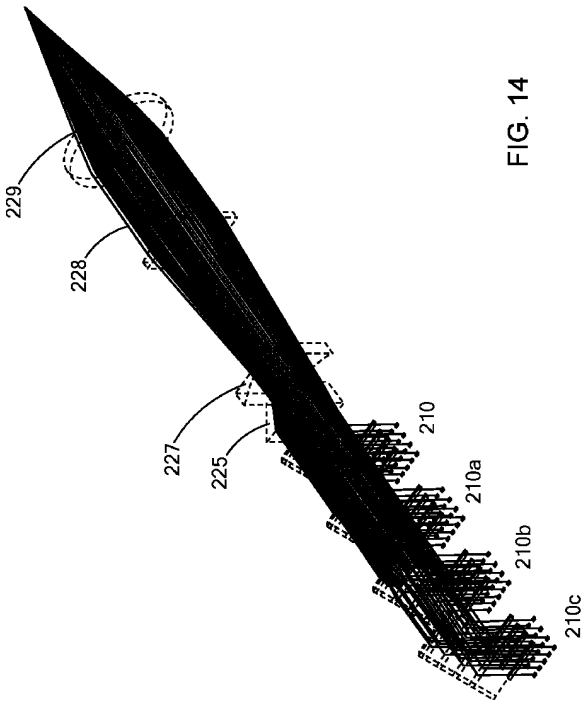


FIG. 14

【図１５】

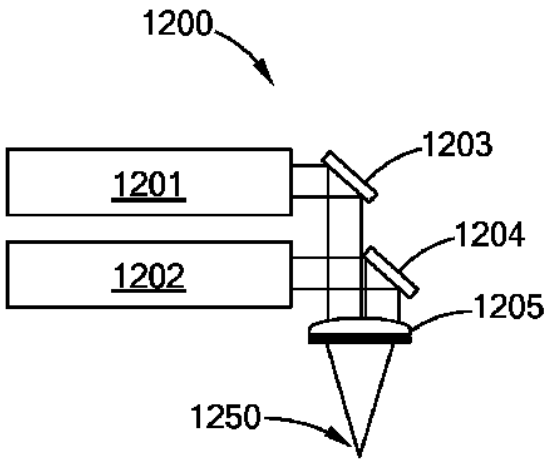


FIG. 15

【図１６】

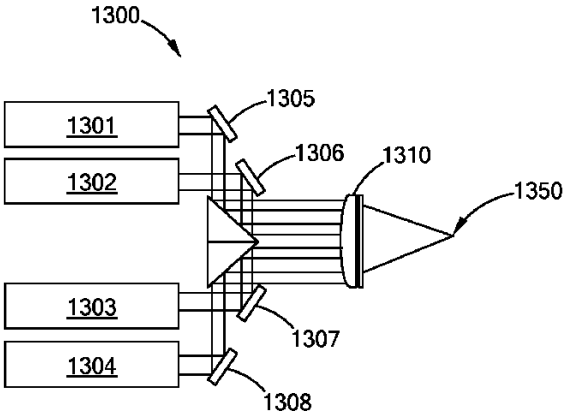


FIG. 16

【図１７】

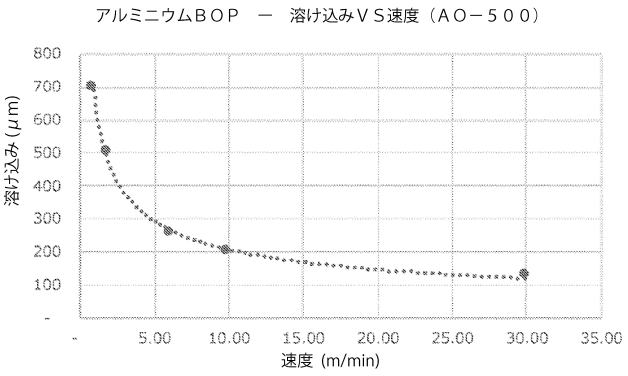


FIG. 17

【図１８】

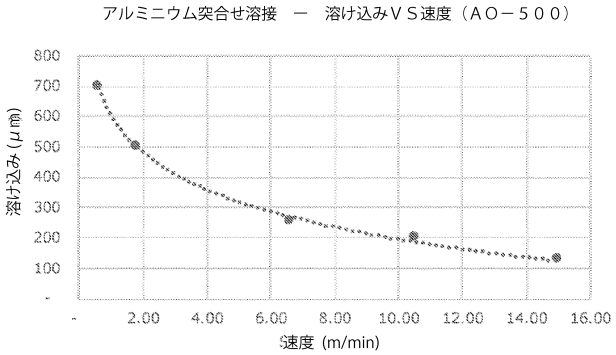


FIG. 18

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 20/67591

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC - B23K 26/21; B23K 103/12; B23K 26/24 (2021.01)
CPC - B23K 26/21; B23K 103/12; B23K 26/24; B23K 26/32; B23K 26/0626; B23K 2103/10

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)
See Search History document

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2018/0236605 A1 (NUBURU INC.) 23 August 2018 (23.08.2018), entire document especially paras [0016]-[0018], [0085]	1-83, 101-151, 156-161
---		---
A		152-155
Y	US 2017/0341144 A1 (NUBURU, INC.) 30 November 2017 (30.11.2017), entire document especially paras [0011], [0014]	1-83, 105-112, 114-135, 137-151, (156-161)/(105-112, 114-135, 137-150)
---		---
A		152-155/(105-112, 114-135, 137-150),
Y	WO 2018/157159 A1 (ARCONIC INC.) 30 August 2018 (30.08.2018), entire document especially para [0005]	1, 8, 23, 33, 48, 56, 113, 129, 136, (156-161)/(113, 129, 136)
---		---
A		(152-155)/(113, 129, 136)
Y	US 4,224,499 A (JONES) 23 September 1980 (23.09.1980), entire document especially col 3, lns 11-33	101-103, (156-161)/(101-103)
---		---
A		(152-155)/(101-103)

☒ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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	Date of mailing of the international search report
31 March 2021	MAY 04 2021
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300	Authorized officer Lee Young Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 20/67591

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y -- A	US 2006/0275623 A1 (TAKEDA et al.) 07 December 2006 (07.12.2006), entire document especially para [0027]	102, 104, (156-161)/(102, 104) --- (152-155)/(102, 104)

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 2019)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 20/67591

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☒ Claims Nos.: 84-100
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Form PCT/ISA/210 (continuation of first sheet (2)) (July 2019)

フロントページの続き

,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,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,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

州， キャッスル ロック， ヴィア ロス ピノン １８９６

(72)発明者　ボース， エリック

アメリカ合衆国， ８０１１２ コロラド州， センテニアル， トゥーソン ウェイ ７４４２

(72)発明者　フリッツ， ロバート， ディー.

アメリカ合衆国， ８００１６ コロラド州， オーロラ， サウス オウレイ ウェイ ６５６２

Ｆターム（参考）　4E168　BA02 BA87 BA88 DA03 DA04 DA13 DA32 DA37 DA40 EA08
FB03 KA16