(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2004-518246
(P2004-518246A)
(43)公表日　平成16年6月17日(2004.6.17)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
H05B 37/02	H05B 37/02	J	3K073

審査請求 未請求　予備審査請求 有　（全 45 頁）

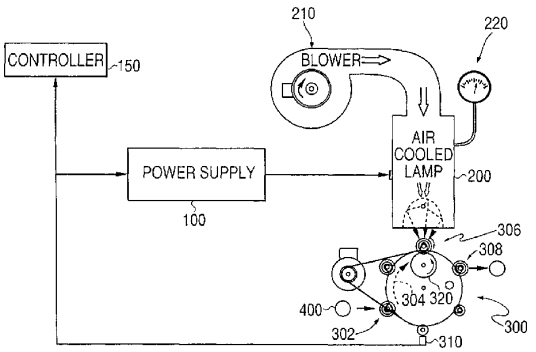
(21)出願番号	特願2002-556902(P2002-556902)
(86)(22)出願日	平成13年11月21日(2001.11.21)
(85)翻訳文提出日	平成15年5月22日(2003.5.22)
(86)国際出願番号	PCT/US2001/043331
(87)国際公開番号	WO2002/056330
(87)国際公開日	平成14年7月18日(2002.7.18)
(31)優先権主張番号	60/252,428
(32)優先日	平成12年11月22日(2000.11.22)
(33)優先権主張国	米国(US)
(31)優先権主張番号	09/989,037
(32)優先日	平成13年11月21日(2001.11.21)
(33)優先権主張国	米国(US)

(71)出願人　399017887
フュージョン・ユーヴィー・システムズ・インコーポレイテッド
アメリカ合衆国、メリーランド州　２０８７８、ゲイザースバーグ、クロッパー・ロード　９１０
(74)代理人　100059959
弁理士　中村　稔
(74)代理人　100067013
弁理士　大塚　文昭
(74)代理人　100082005
弁理士　熊倉　禎男
(74)代理人　100065189
弁理士　宍戸　嘉一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】紫外ランプ用電源及びサイクリングを使用して高電力／低冷却で動作させる方法

(57)【要約】
ランプシステムのための電源が提供される。本電源は、高電力レベルから低電力レベルまでスイッチする構造を含むことができる。高電力レベル及び低電力レベルによって形成されるサイクルが繰り返される。高電力レベルは、同じランプシステムのために使用される普通の安定状態電力レベルより高くすることができる。



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ランプシステム用電源であって、前記電源は高電力レベルから低電力レベルまでスイッチする構造を含み、前記高電力レベル及び前記低電力レベルによって形成されるサイクルが反復され、前記高電力レベルは、同一ランプシステムに使用される普通の安定状態電力レベルより高いことを特徴とする電源。
【請求項２】
前記電源は、低リップル電力を供給することを特徴とする請求項１に記載の電源。
【請求項３】
前記ランプシステムは、無極バルブを有する無極紫外ランプシステムからなることを特徴とする請求項１に記載の電源。
【請求項４】
前記ランプシステムは、紫外光を出力するアークランプに給電するアークランプシステムからなることを特徴とする請求項１に記載の電源。
【請求項５】
ランプシステムのための電源及びマグネトロンの組合わせであって、前記電源は前記マグネトロンを駆動し、前記電源は請求項１に記載の電源であることを特徴とする組合わせ。
【請求項６】
材料を前記紫外光に露光させる方法であって、前記紫外光を発生するランプシステムに給電するために請求項１に記載の電源を使用するステップを含むことを特徴とする方法。
【請求項７】
前記材料は前記紫外光に露光されることによって硬化され、前記露光はステップ及び反復プロセスによることを特徴とする請求項６に記載の方法。
【請求項８】
前記材料は前記紫外光に露光されることによって硬化され、前記露光は前記材料を前記紫外光に露光させる位置まで転送し、前記電源を使用する前記ランプシステムからの前記紫外光に前記材料を露光させることによることを特徴とする請求項７に記載の方法。
【請求項９】
ランプシステムの構造であって、前記ランプシステムの構造は前記ランプシステムに対する冷却要求を減少させるようにした電源を含み、前記電源は第１の電力レベルから、前記第１の電力レベルより低い第２の電力レベルまでスイッチする構造を含み、前記第１及び第２の電力レベルによって形成されるサイクルが反復され、前記ランプシステムの構造は更に前記ランプシステムを冷却する構造を含み、前記ランプシステムの冷却のレベルは、前記電源を前記第１の電力レベルにおいて安定状態条件で動作させる場合の同一ランプシステムの冷却要求に比して減少していることを特徴とするランプシステムの構造。
【請求項１０】
ランプシステムに給電するための電源を動作させる方法であって、前記電源から前記ランプシステムへ供給される電力を高電力レベルと低電力レベルとの間でスイッチさせるステップを含み、前記高電力レベル及び前記低電力レベルによって形成されるサイクルが反復され、前記高電力レベルはランプシステムに給電される普通の安定状態電力レベルより大きいことを特徴とする方法。
【請求項１１】
前記電力システムは、低リップル電力を供給することを特徴とする請求項１０に記載の方法。
【請求項１２】
前記ランプシステムは無極バルブからなり、前記電源は前記無極バルブに給電するためのマイクロ波を発生するマグネトロンを駆動することを特徴とする請求項１０に記載の方法。
【請求項１３】
前記ランプシステムは、アークランプからなることを特徴とする請求項１０に記載の方法

。
【請求項１４】
ランプシステムに給電するための電源を動作させることを含む前記ランプシステムを動作させる方法であって、前記方法は、前記電源から前記ランプシステムへ供給される電力を高電力レベルと低電力レベルとの間でスイッチさせるステップを含み、前記高電力レベル及び前記低電力レベルによって形成されるサイクルが反復され、前記方法は更に、前記ランプシステムを冷却するステップを含み、前記冷却のレベルは、前記電源を前記高電力レベルにおいて安定状態条件の下で動作させて使用した場合のランプシステムの冷却のレベルに比して減少していることを特徴とする方法。
【請求項１５】
前記冷却のレベルを減少させるために、前記冷却用空気圧及び冷却用空気流体積の少なくとも一方を減少させることを特徴とする請求項１４に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
（技術分野）
本発明は、従来可能であった電力レベルよりも実質的に高い電力レベルでデバイス（例えば、無極ランプのような紫外光を発生するランプ）に給電する、及び／または、通常の電力レベルではあるが冷却要求を減少させるか、または従来の電力レベルよりも高い電力レベルと従来使用されていたよりも減少した冷却空気圧及び流れ要求とを組合わせてデバイス（例えば、ランプ）に給電するための方法及び装置（例えば、電源）に関する。本発明はまた、実質的に高い電力レベル及び／または減少した冷却要求でマグネトロンに給電するための方法及び装置に関する。特定的には、本発明は、高速紫外光硬化のための超高電力レベルを達成できる、及び／または低冷却コストを達成できる方法及び装置（例えば、電源）に関する。
【０００２】
（従来の技術）
多くの紫外光硬化の用途（例えば、紫外光によってポリマー材料を硬化させる）における速度及び生産性を向上させるために、より高い電力レベルを使用することが従来から望まれていたが、さまざまな実際的制約から、紫外光ランプシステムに給電するために電源の能力を従来使用されていたよりも高い電力レベルへ移行させることは制限されてきた。
【０００３】
例えば強共振５０または６０ヘルツ電源は、ピーク電流が平均電流よりも遙かに高い高リップルのマグネトロン電流波形を発生し得る。この交流を整流した電力も、１００または１２０ヘルツに高いリップルを有するマグネトロン電流波形を発生し得る。電力レベルの上限は、この波形のピーク成分によって制限され得る。即ち、実質的に高い電力レベル及び／または減少した冷却要求でマグネトロンに給電し、ピーク電流成分がマグネトロンの電力上限に接近する場合、不都合なマグネトロンモードが発生する恐れがある。
【０００４】
別の実際的な制約は、マグネトロンのコストである。加熱または“調理産業”においては、２，４５０ＭＨｚで動作するマグネトロンが約３，０００ワットまでの電力レベルで広く使用されている。広範に使用されているために、それらは比較的低価格で大量に生産することができる。しかしながら、この価格範囲内で３，０００ワット以上で動作させるように設計されているマグネトロンは存在しない。現在市場に出ている３，０００ワット範囲以上のマグネトロンの価格は数倍も高価であり、それらは主としてレーダ型の用途に使用されている。
【０００５】
電力レベルを増加させる場合の別の制約は、マグネトロンのサイズである。現在入手可能な３，０００ワット以上で動作するマグネトロンは一般に水冷式であり、これがユーティリティ要求を付加して複雑さ及び動作コストを増加させている。一般に、マグネトロンの電力を高くすると物理的サイズは遙かに大きくなり、高価なランプ再設計と、望ましこと

ではないがランプ寸法を大きくすることが必要になる。
【０００６】
電力レベルを増加させる場合の別の制約は、マグネトロンの過熱である。今日使用されているマグネトロンの信頼できる動作を維持するために、空冷要求は、３，０００ワット以下のマイクロ波エネルギの電力レベルにおいてさえ既に積極的である。電力レベルを増加させるにつれて、冷却用空気圧及び流れに対する要求は電力よりも遙かに速い割合で増加する。図１は、安定状態動作時のマグネトロン冷却要求を示すグラフである。破線は、高リップル源電流の場合の冷却を表している。安定状態電力を僅かに増加させるだけでも、マグネトロン冷却を大きく増加させる必要があることが解る。
【０００７】
電力レベルに対する更に別の制約は、バルブの過熱である。マイクロ波駆動無極ランプの石英外囲は、高電力レベルで動作させるためには積極的な冷却を必要とする。電力レベルを増加させるにつれて、冷却用空気圧及び流れに対する要求は電力よりも遙かに速い割合で増加する。図２は、安定状態動作時のバルブ冷却要求を示すグラフである。破線は、高リップルマグネトロン電流の場合のバルブ冷却を表している。最新式装置の冷却電力要求は既に大きく、高雑音であり、電力を僅かに増加させるだけでもバルブ冷却を大きく増加させる必要がある。多くの用途においては、空冷を大きく増加させることは受入れ難いことである。
【０００８】
当分野においては公知のように、ランプをパルス化する、またはフラッシングさせると、高電力サイクル相を遙かに高い電力レベルで動作させることができる。これが本質的に、パルス化、またはフラッシュ技術である。文献内に、及び市場に、この技術の変形を使用するパルス化キセノン紫外ランプのような多くの参照が存在している。しかしながら、ランプをパルス化する、またはフラッシングさせるこの技術においては、キセノンフラッシュランプの“オン”パルス、即ち高電力サイクルの持続時間は極めて短く（１ｍｓの範囲内）、また高電力フラッシュ間の“オフ”時間は遙かに長い。数分の一秒以内に発生するプラズマ消弧を防ぐためには、各“オン及びオフ”期間のレートを相対的に極めて速くしなければならず、即ち装置は各フラッシュ毎にバルブを再点弧するための特別な点弧スキームを有していなければならない。紫外硬化に使用するためのマイクロ波給電される中圧無極ランプ及び線形中圧アークランプは、もしホットバルブ内のプラズマが消弧するようなことがあれば、ランプを再起動できるようになるまでの遅れは長くなってしまう。従ってバルブプラズマの再起動が極めて困難になって時間を消費するようになり、バルブをクールダウンしてバルブ内を稠密に充填できるようになるまでかなりな待機時間が必要になる。
【０００９】
本明細書が参照しているＰｅｎｚｅｎｓｔａｄｌｅｒらの米国特許第５，８３８，１１４号は、無極ランプを迅速に再起動させる問題に対処している。低電力レベル、即ちシマー（ｓｓｉｍｍｅｒ）モードを使用することができる。これは、ランプを遙かに低い（全電力動作の１０％より低い）電力レベルへ瞬時にスイッチすることを可能にし、また任意の時点にランプを全電力動作まで戻るようにスイッチすることを可能にする。この特許は、比較的高い電力から比較的低い電力までスイッチさせて、迅速な再起動特色を得ることを教示している。またこの特許は、全電力モードでマグネトロンへ供給する比較的高い電力から、ランプを点弧した状態に維持するのに十分なマイクロ波放射を生成する大きさの比較的低い電力までのスイッチを達成する電源をも開示している。この特許は更に、当分野において普通に使用されるような通常の電力レベルとして、“比較的高い電力”を開示している。
【００１０】
前記米国特許第５，８３８，１１４号は、サイクリングモードにおけるバルブ冷却要求の変更には言及していない。
【００１１】

前記米国特許第５，８３８，１１４号は、比較的高い電力モードが、普通に使用される電力レベルであるようなサイクリングを開示している。商用使用のために現在入手可能な最高電力無極ランプシステムは、約２，８００ワットで動作させることが望ましいマグネトロンを使用する６インチ及び１０インチ線形ランプシステムである。典型的な高度に冷却された線形ランプシステムを用いると、これは、６インチ長ランプシステムでは約４５０平均ワット／インチを、また１０インチシステムにおいて２，８００ワットで動作する同一マグネトロンを使用する場合には５６０平均ワット／インチを発生する。

【００１２】

図３は、幾つかのシステムの相対紫外光出力を示すチャートであって、システムＡ及びＢは現在商業用に入手可能なランプシステムを表している。図３は、システムＡ及びＢの１，８００Ｗｒｆ及び２，８００Ｗｒｆの電力レベル（マグネトロン出力の電力レベル）を示している。マグネトロンの効率は約７０％であり、マグネトロンの電力レベルは電源からマグネトロンへ供給される電力の電力レベルの約７０％である。本明細書を通して、記載した定量電力レベルは、電力出力として説明するマグネトロン出力の電力レベルであり、これは電源の実際の出力の約７０％である。即ち、電源自体からの電力レベルは３０％高めである。

【００１３】

（発明の概要）

本発明の実施の形態は、ランプシステムのための電源を提供することができる。本電源は、高電力レベルから低電力レベルまでスイッチさせる構造を含むことができる。高電力レベル及び低電力レベルによって形成されるサイクルが反復される。高電力レベルは、同じランプシステムにおいて使用される普通の安定状態電力レベルよりも高い。本電源は、低リップル電力を供給することができる。

【００１４】

ランプシステムは、無極バルブを有する無極紫外ランプシステムであることができる。ランプシステムは、紫外光を出力するアークランプに給電するアークランプシステムであることもできる。

【００１５】

本発明の実施の形態は、ランプシステムのための減少した冷却を要求する電源を提供することもできる。本電源は、第１の電力レベルから、第１の電力レベルよりも低い第２の電力レベルまでスイッチさせる構造を含むことができる。第１及び第２の電力レベルによって形成されるサイクルが反復される。本電源は、ランプシステムを冷却するための構造を含むこともでき、ランプシステムの冷却のレベルは同一ランプシステムの冷却要求に比して減少している。電源は、第１の電力レベルにおいて安定状態で動作することができる。

【００１６】

更に、本発明の実施の形態は、ランプシステムに給電するための電源を動作させる方法をも提供する。本方法は、電源によって供給される電力を、高電力レベルと低電力レベルとの間でスイッチさせるステップを含むことができる。高電力レベル及び低電力レベルによって形成されるサイクルが反復される。高電力レベルは、ランプシステムに給電するための普通の安定状態電力レベルよりも高い。

【００１７】

本発明の他の実施の形態、長所、及び顕著な特色は、以下の添付図面に基づく本発明の好ましい実施の形態の詳細な説明から明白になるであろう。

【００１８】

本明細書の一部をなす以下の実施の形態の説明及び前記特許請求の範囲から、本発明がより良く理解されよう。以上の、及び以下の説明は本発明の実施の形態の説明に集中しているが、これらは単なる例示に過ぎず、本発明はこれらに限定されるものではないことを理解されたい。

【００１９】

（実施の形態）

以下の詳細な説明では数値例が示されているが、本発明はこれらの値に限定されるものではない。

【００２０】

本発明の実施の形態は、極めて高い電力レベルと、極めて低い電力レベルとを交互させることによって、極めて高い電力レベルで動作させることができる。即ち、本発明の実施の形態は、極めて高い電力レベルと、極めて低い電力レベルとが交互し、高レベルの電力及び低レベルの電力のサイクルを発生する電源を含むことができる。このサイクルは繰り返すことができる。このようにサイクルさせることによって、交互電力サイクル内の上側電力及び下側電力の両者に対して、最新技術を超える程度まで電力を増加させることができる。従って、このサイクリングを使用すると、デバイス（例えば、紫外ランプシステム）を動作させる高電力レベルを、同一デバイスを動作させる電源の安定状態動作におけるよりも大きくすることができる。

【００２１】

本発明の実施の形態は、通常電力レベルと低電力レベルとが交互するサイクリングモードで動作させた場合、ランプシステムを通常電力レベルにおいてサイクリングさせながら冷却要求を減少させるという長所を達成することができる。このサイクリングモード（但し、高電力レベルが通常電力レベルである）で動作している時のランプの冷却用空気圧及び空気流体積は、通常の電力レベルにおける安定状態動作の場合に必要とされる冷却の数分の一で動作させることができる。更に、冷却用空気圧及び空気流体積の減少を達成できるので、バルブ外囲の最適温度を維持することによって紫外バルブの効率的な紫外動作を維持することができる。

【００２２】

硬化ランプシステムにおいて、例えばポリマー材料（例えば、ポリマー材料のボディ、またはボディ上のそのフィルム）を硬化させるために使用した時の本発明の実施の形態（例えば、電源、及びその使用方法）は、“ステップ及び反復”型処理に最も有用な迅速再起動特色を利用する硬化ランプシステムに使用する、及び紫外光に露光させる製品の転送及び位置決めを必要とする用途に使用する場合に特に有利である。製品を紫外光に露光させて硬化させるために位置決めする時に、ランプは高速硬化のために高めの電力へスイッチさせることができる。従来可能であったよりも実質的に高い電力レベルを使用する本発明の実施の形態によれば、硬化プロセスまたは装置の生産性またはスループットを増加させることができる。

【００２３】

本発明の実施の形態は、従来知られていたパルス化またはフラッシュランプシステムとは異なることができる。パルス化またはフラッシュランプシステムにおいては、パルスが毎秒多数回発生し、フラッシュオン時間は１秒より遙かに短い（例えば、１ｍｓ）。本発明の実施の形態によれば、高電力レベルを有する“オン”部分は複数秒間であることができ、本発明の少なくとも１つの実施の形態によれば、高電力レベルは少なくとも１秒間（例えば、４－６秒間）であることができる。

【００２４】

特定の条件の下で動作するように特別に設計された電源を用いれば、極めて実際的に、且つ信頼できるように電力限界問題を打開できることを発見した。サイクル時間及び冷却レートを適切にシーケンシングすることによって、バルブ及びマグネトロン温度を適当な範囲内に維持して寿命を延ばすことができ、極めて高い電力へスイッチする時の紫外応答を瞬時にすることができ、そしてマグネトロン陽極コアの内部加熱を減少させることができる。比較すれば、同一の平均電流及び同一の電力レベルではあるが、高いリップル陽極電流波形で動作する強共振電源を用いて動作するマグネトロンは、遙かに熱く動作する。図１は、高いリップル電流を有する電源の場合の冷却要求（破線で示す）と、高及び低電力レベルを有する本発明の実施の形態による電源の場合の冷却要求（実線で示す）とを比較している。

【００２５】

本発明の実施の形態におけるように、低リップルを有する電源と、サイクリングとを用いると、全ての電力レベルにおいてバルブ外囲のピーク温度を低下させることができることも発見した。換言すれば、サイクリングが“ステップ及び反復”硬化の用途のために通常電力動作を可能にするにも拘わらず、極めて低いレベルへサイクリングすることによって冷却要求をも減少させることができる。このことは、バルブの寿命を延ばすための冷却要求を減少させることによって、より高い電力レベルにおいてより重要になる。図２は、高リップルマグネトロン電流源からの高リップルマグネトロン電流を使用する冷却要求（破線で示す）と、本発明の実施の形態により設計された特別なソリッドステート電源（実線で示す）とを比較している。

【００２６】

また、特別に設計された電源を使用することによって、サイクリングモードで動作する無極ランプのための電力レベルを、最新式の電力レベルから実質的に増加させ得ることも発見した。電力能力を増加させたソリッドステート電源を設計した。図４は、２／３のデューティサイクル（４秒の４，２００ワット、及び２秒の１５０ワット）で、マグネトロンから４，２００ワットまでの出力で動作するシステムを示すグラフであり、本発明の実施の形態の結果は実線で示してある。

【００２７】

本発明の実施の形態による電源は、種々の条件に調整するために、調整可能な電力レベルを組入れることができる。電源は、低リップルマグネトロン陽極電流を供給するように設計することもできる。電源は、最高電力レベルにおけるマグネトロンモーディングを防ぐために、特別なピーク陽極電圧及び電流制限用電子回路を組込むこともできる。更に電源は、高電力レベルと、普通の強共振電源を用いて従来得られていたよりも低い低電力レベルとの間を交互するための極めて低い電力モードを組込むことができる。電源は、設計推奨よりも長い上昇した電力レベルでシステムが動作することを防止し、保護するためにプログラミング能力を有することができる。また電源は、ユーザの用途、またはユーザのマシンによってランプサイクルタイミングを自動的に制御できるようにするために、外部制御用の制御接続を含むことができる。

【００２８】

電源の電力レベルポテンシャルは、標準マグネトロンへのマグネトロン電流を増加させることによって増加させることができる。例えば、無極システムの普通のマグネトロンのためのマグネトロン電流を０．８４アンペアから１．２５アンペアまで増加させることによってマイクロ波電力出力を通常の２，８００ワットから４，２００ワットまで増加させることができる。これは、最新の無極ランプマイクロ波電力レベルに比して、５０％の電力増加である。図２は、バルブ冷却要求を示しており、実線が本発明の実施の形態の結果を示している。サイクル持続時間が５秒よりも短ければ、より高い電力レベルさえも可能である。

【００２９】

本発明の実施の形態による紫外ランプを駆動するための電源の動作には、３つの変数が存在する。これらの変数は、オーバードライブ（サイクルの特別に高い電力部分）、オーバードライブの時間、及びデューティサイクル（高電力の時間と、高電力の時間及び低電力における高電力オフの時間の和との比）を含むことができる。この比に１００％を乗ずることができる。

【００３０】

平均電力レベルは、上述したデューティサイクルに電力レベルを乗じたものである。本発明の実施の形態によれば、平均電力レベルを増加させる必要はないが、マグネトロンからより高い電力レベルを達成するためにピーク電力（上述したような高電力）を増加させることができる。一例を挙げれば、平均電力レベルを約１に維持しても、増加した動作電力を達成することができる。例えば、低リップルを有し、本発明に従って動作する電源（即ち、比較的高い、及び比較的低い電力レベルを有する電源）を用いて同一ランプを使用した場合、動作電力を５０％増加させることができる。

【００３１】
即ち、比較的高いレベルと比較的低いレベルとの間をサイクルし、低リップル電流を有する電源を使用すると、従来の電源では不可能であった特別に高い電力レベルで動作させ得ることを発見したのである。マグネトロン内のモーディングまたは内部アーキングは、マグネトロンを破壊する恐れがあり、また強共振型電源が同一の特別に高い電力レベルの安定状態レベルで動作するのを阻止する。
【００３２】
冷却要求を大きく増加させずにより高い電力レベルを達成するために、及びマグネトロン及び紫外ランプのバルブ成分の過熱を防ぐために、電源を、サイクルの電力低下相の間極めて低い電力レベルへスイッチさせることができる。電力低下相中に強制冷却を残存させて、マグネトロン及びバルブの臨界的成分の動作温度を急速に低下させることができ、次いでオーバードライブ高電力レベルのサイクルを反復することができる。オーバードライブ高電力レベルと極めて低い電力レベルとの間を交互させることにより、サイクリング型用途またはステップ及び反復型用途のためのより高速なスループットを有するよりパワフルな紫外光硬化システムのためのポテンシャルを得ることができる。強度がより高いので、より速い硬化時間を達成することができる。更に、ステップ及び反復硬化動作中の硬化効率の向上のような、効率の改善を達成することができる。
【００３３】
図５は、極めて高い電力サイクルモードにおける相対ＵＶＡ出力を示すタイミング図である。図５は、本発明の実施の形態によってより大きい強度が達成されており、紫外光出力の相対的な増加が少なくとも５０％に達していることを示している。相対的Ｙ軸（図５）上の１．０の通常紫外光出力は、２，８００ワットのマグネトロン電力における通常安定状態電力動作を表している。
【００３４】
サイクルの電力低下相は極めて低い電力レベル（無極ランプ内のバルブプラズマを消弧させない十分に高いレベルではあるが、通常電力の例えば１０％より低いレベル）であることができ、オーバードライブは通常電力の１．５－２．０倍である。低リップル電源を使用していることと、低レベル電力がプラズマの消弧を回避するのに十分に高い電力であることから、ランプを消さないことができる。
【００３５】
サイクリングモードにおいては、より高いレベルの冷却を必要とすることなくバルブのピーク温度を通常温度範囲内に維持することができるので、より高いオーバードライブ電力レベルが実際的である。図６は、４，２００ワットの高電力モードにおいて、２／３（６６．７％）のデューティサイクルでサイクルさせた動作の場合のバルブ温度の典型的な変化を示すタイミング図である。２，８００ワットで動作するランプにおいて通常要求されるものと同一の３．０インチ冷却圧が使用されている。本発明の実施の形態によれば、４，２００ワットのピーク電力で動作するバルブのピーク温度を、２，８００ワットにおける動作と同様の、９００°Ｃより低い通常範囲以内に留まらせることができる。
【００３６】
最良の冷却レートを得るように極めて低い“シマー”電力レベルを達成するためには、低リップルマグネトロン陽極電流が好ましいことも発見した。低リップルマグネトロン電流を用いると、バルブ内のプラズマを完全に消弧させることなく低電力の下限を更に低下させることができることを発見した（通常の高リップル電源を用いる場合には、プラズマの消弧が制限ファクタである）。低リップル電源を極めて高い電力レベルからこの極めて低い“シマー”電力レベルへ瞬時にスイッチさせた場合にはプラズマは完全に消弧せず、従って、命令に応じて極めて高い電力へスイッチバックさせることができる。従って、たとえ電力レベルを極端に変化させ、高い圧力でホットバルブを使用したとしても（他の電源を使用した場合には、通常はプラズマが消弧してしまう）、サイクル動作は１００％信頼できるものになる。
【００３７】

極めて低い電力シマーを約５秒までの持続時間で動作させた場合、バルブ充填物の蒸気圧も維持することができる。高電力無極ランプのために一般的に使用されている積極的な空冷を用いると、バルブ充填物は急速に冷え始め、蒸気圧及び紫外出力は約５秒後に減退し始める。もし外囲及び充填物材料が約５秒よりも長く冷却されれば、ランプは高電力へ瞬時に応答することができなくなる。サイクルの極めて低い電力相中、もし冷却用空気が変調、減少、または完全に遮断されれば、効率的な動作のために低電力の持続時間は更に延長されることになる。

【００３８】

通常電力レベルと極めて低い電力レベルとの間をサイクルさせると、たとえステップ及び反復硬化用途のための通常電力動作を可能にするデューティサイクルを用いたとしても、冷却要求を極めて低いレベルまで低下させることができる。幾つかの紫外光硬化の用途では、システム冷却要求を最小化することが有利であり得る。これは、たとえ従来の電力レベルと同一の高電力レベルを使用したとしても、上述したサイクリングを使用する本発明の実施の形態によって達成することができる。即ち、本発明のこの面は、各サイクルにおいて通常電力レベルと極めて低い電力レベルとの間をサイクルモードで、且つ冷却要求を減少させて動作させることができる。本発明の実施の形態によるサイクリングモードで、しかし通常の電力レベルで動作させる場合、ランプ冷却用空気圧及び空気流体積を通常電力レベルにおける安定状態動作の場合に要求される冷却の数分の一として動作させることができる。

【００３９】

通常電力においてサイクリングさせる時の冷却用空気圧及び流れを減少させる別の理由は、バルブ外囲を最適温度に維持することによって無極ランプの紫外バルブの効率的動作を維持することである。サイクリング動作の場合、もし冷却を減少させなければ、バルブが過冷却になって紫外硬化性能が低下する。ランプシステムは過冷却に鋭敏であり、従って、効率的な動作を維持するためには冷却及びデューティサイクルを整合させる必要がある。ランプが高電力へサイクルした時に最初の数秒以内に瞬時紫外応答を得るために、冷却及びデューティサイクルを精密に整合させる必要がある。冷却をデューティサイクル要求に整合させると、１．０の相対紫外出力までの通常電力レベルにおいて、図５に示す特別に高い電力サイクルモードの実質的に瞬時の紫外応答も得ることができる。

【００４０】

要求される冷却減少の程度は、本発明の実施の形態に従って使用されるデューティサイクルに依存し得る。ランプ電力とデューティサイクルとバルブに対する冷却要求との間の関係を調べた。通常電力（２，８００ワット）とデューティサイクルの関係を図７に示す。鋭い指数関数状の曲線は、デューティサイクルが空気要求に対して強い影響を与えることを示している。

【００４１】

サイクルの持続時間については、実際的な時間的限界は存在しない。ランプを４．０秒の高電力レベル及び２．０秒の低（即ちシマー）電力レベルのサイクルの長さの１／１０の持続時間にわたって（即ち、０．４秒間の高電力と、０．２秒間の低電力）通常電力レベルで繰り返しサイクルさせても、デューティサイクルは６７％である。しかしながら、高電力の最大持続時間は、通常電力を用いるサイクルにおいて最大約７秒までに制限されている。もしサイクルが７秒を遙かに超えればバルブは過熱し始め、バルブの長寿命を維持するためには図７に示すように空気圧及び流れを増加させる必要がある。

【００４２】

この６７％デューティサイクル例は、冷却圧及び流れを通常の１／３しか必要としないことを示している。５０％のデューティサイクルにおいては、冷却用圧力及び流れ要求は、安定状態の非サイクリング動作の１／１０まで減少させることができることに注目されたい。そのため（安定状態の非サイクリング動作の冷却用圧力及び流れ要求の１／１０では）、通常使用されている高雑音の遠心力型のブロワーは最早必要ではない。安価な、静粛な、そして薄型の小型ファンで十分であろう。３０％前後のデューティサイクルにおいて

は、バルブに対して実質的な強制空冷は必要としない。

【００４３】

高電力マイクロ波給電式ランプは、典型的には、同一空気源を使用してマグネトロン及びバルブを直列に冷却する。ランプマグネトロン冷却要求もバルブ要求に類似した曲線に沿って減少することが解った。従って、たとえ同一の空気源を使用してマグネトロン及びバルブを冷却しても、本発明の実施の形態によるサイクリングを使用する場合には、マグネトロン及びバルブを冷却するために同一の小さいファンを使用することができる。

【００４４】

この新しい型のサイクル動作のための電源制御ロジックは、デューティサイクルを制御し、最大持続時間を好ましい設計パラメータ内に維持するようにプログラムすることができる。

【００４５】

従って、比較的高い電力と、極めて低い電力レベルとにおいてサイクリングするように動作させることによって、同一マグネトロンを含む同一ランプシステムを使用しながら、高電力レベルを普通の電力レベルより遙かに高くすることができる。これは、例えばランプシステム（無極バルブランプシステムまたはアークランプの何れか）から大きい紫外光強度を達成し得るという長所を提供する。電源が低リップル電源である場合に、高及び低電力レベルのサイクルを使用してバルブを消弧させることなく最大電力レベルを増加させることができる。更に、本発明の実施の形態に従って高電力と低電力レベルとの間のサイクリングを使用すると、たとえ普通の電力レベルを高電力レベルとして動作させても、冷却要求（マグネトロンの、及びバルブの）を減少させることができる。本発明は、紫外硬化及びフォトリトグラフィのような紫外光に露光させる紫外処理システムに有益な効果を呈し、また紫外処理装置を使用するステップ及び反復プロセスに（付加的な電力レベルを与えるために）特に有益な効果を有している。これらのプロセスは、半導体処理、ＤＶＤその他の光データディスクの光学処理等を含む。

【００４６】

図８に、本発明の実施の形態による硬化システムを示す。他の実施の形態及び構成も本発明の範囲内にある。詳述すれば、図８は、空冷ランプシステム２００と、コントローラデバイス１５０とに結合されている電源１００を示している。コントローラデバイス５０は、電源１００の動作を制御することができる。

【００４７】

電源１００は、上述した高電力レベルから低電力レベルまでスイッチする構造のような特性、構造、及び機能を含むことができる（高電力レベル及び低電力レベルの組合わせがサイクルを構成し、このサイクルが繰り返される）。高電力レベルは、普通の安定状態電力レベルよりも高い。上述したように、電源は低リップル電力を供給することができる。

【００４８】

空冷ランプシステム２００は、無極バルブを有する無極紫外ランプシステムであることも、または紫外光を出力するアークランプであることもできる。ランプシステム２００は、ブロワーデバイス２１０及び／またはランプ冷却用圧力調整デバイス２２０を含むことも、またはそれらに結合することもできる。上述したように、ランプシステム２００の冷却レベルは、電源１００と共に使用した場合には、ブロワーデバイス２１０及び／またはランプ冷却用圧力調整デバイス２２０の使用によって低下させることができる。

【００４９】

図８には、中心軸の周りを回転する回転マシン３００も示されている。硬化させる材料（デバイス）４００は、回転マシン３００の位置３０２上に配置することができる。回転マシン３００は矢印３０４の方向に回転し、指標付き領域で停止することができる。指標付けは、コントローラ１５０に結合されている位置センサ３１０（または他の手段）の使用によって達成することができる。材料４００が位置３０６においてランプシステム２００の下に適切に位置決めされると回転マシン３００は回転を停止し、材料は回転デバイス３２０の使用によって回転させる（または、調整する）ことができる。即ち、回転ディスク

２０は、材料４００が位置３０６にある時に材料４００の全てまたは一部分をランプシステム２００の紫外放射によって硬化させることができるように、材料４００を運動、回転、及び／または調整することができる。次いで、回転マシン３００は矢印３０４の方向に回転し、材料は位置３０８において取外すことができる。

【００５０】

以上に添付図面を参照して本発明の実施の形態を説明したが、当業者ならば、本発明の原理の思想及び範囲内において多くの他の変更及び実施の形態を考案することができよう。詳述すれば、本発明の思想から逸脱することなく、前記説明、添付図面、及び特許請求の範囲内において成分部品及び／または組合わせ配列の合理的な変形及び変更が可能である。成分部品及び／または配列の変形及び変更の他に、当業者には代替品の使用も明白であろう。

【図面の簡単な説明】

【図１】

冷却圧力対マイクロ波ワットを示すグラフである。

【図２】

冷却圧力対マイクロ波ワットを示すグラフである。

【図３】

複数のシステムの相対ＵＶ光出力を示すチャートである。

【図４】

冷却圧力対マイクロ波ワットを示すグラフである。

【図５】

相対ＵＶＡ出力を示すタイミング図である。

【図６】

バルブ温度を示すタイミング図である。

【図７】

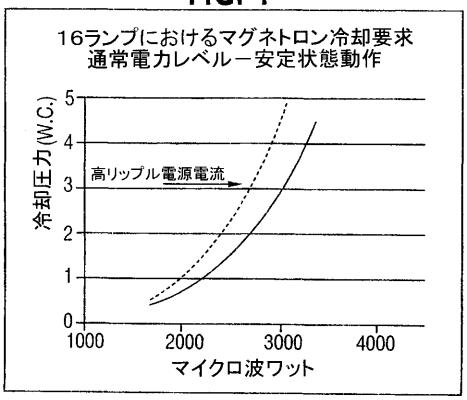
冷却圧力対デューティサイクルを示すグラフである。

【図８】

本発明の一実施の形態による硬化装置を示す図である。

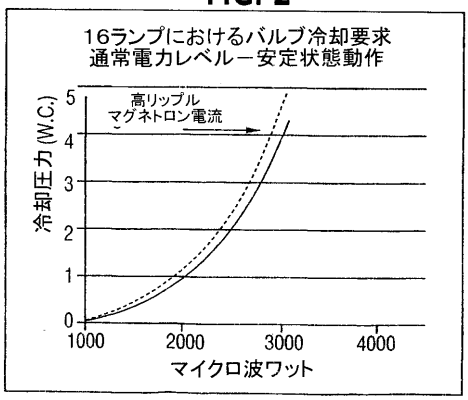
【図１】

FIG. 1



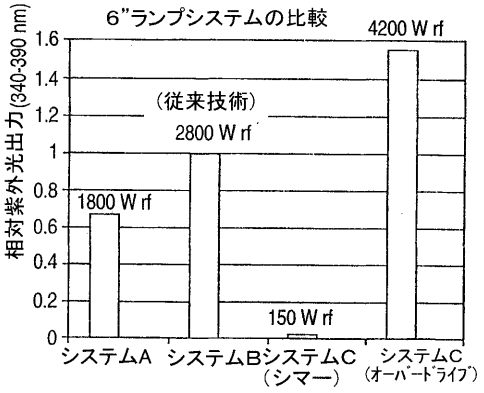
【図２】

FIG. 2



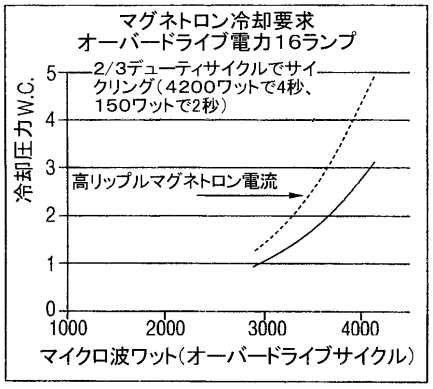
【図３】

FIG. 3



【図４】

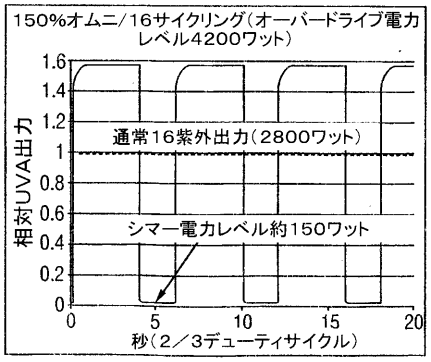
FIG. 4



【図５】

FIG. 5

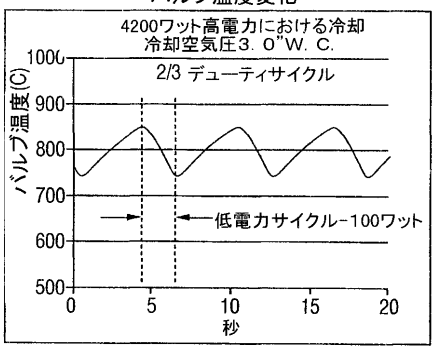
極めて高い電力サイクルモードにおける紫外応答



【図６】

FIG. 6

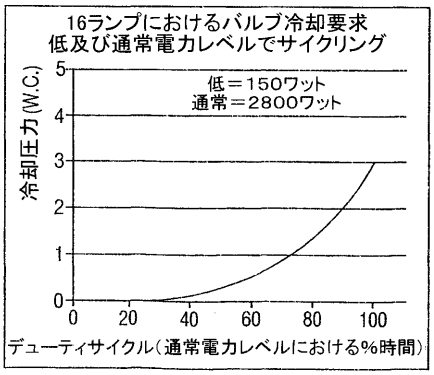
極めて高い電力サイクルモードにおける
バルブ温度変化



【図７】

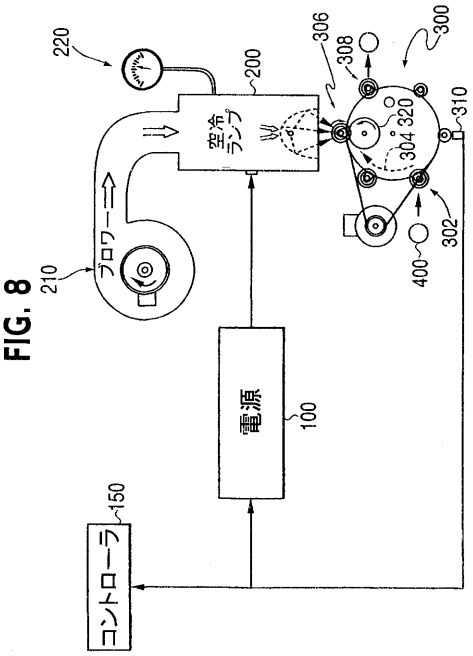
FIG. 7

通常電力レベルにおけるサイクリング



【図８】

FIG. 8



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
18 July 2002 (18.07.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/056330 A2

(51) International Patent Classification⁷: H01J

(21) International Application Number: PCT/US01/43331

(22) International Filing Date:
21 November 2001 (21.11.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/252,428 22 November 2000 (22.11.2000) US
09/989,037 21 November 2001 (21.11.2001) US

(71) Applicant: **FUSION UV SYSTEMS, INC.** [US/US]; 910 Clopper Road, Gaithersburg, MD 20878 (US).

(72) Inventors: **WOOD, Charles, H.**; 14725 Janice Drive, Rockville, MD 20853 (US). **PENZENSTADLER, Ernest, G.**; 12211 Parkstream Terrace, Herndon, VA 20170 (US).

(74) Agents: **SOLOMON, William, L** et al.; Antonelli, Terry, Stout & Kraus, LLP, Suite 1800, 1300 North Seventeenth Street, Arlington, VA 22209 (US).

(81) Designated States *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States *(regional)*: ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:
without international search report and to be republished upon receipt of that report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

WO 02/056330 A2

(54) Title: ULTRAVIOLET LAMP POWER SUPPLY AND METHOD FOR OPERATING AT HIGH POWER/REDUCED COOLING USING CYCLING

(57) Abstract: A power supply is provided for a lamp system. The power supply may include structure to switch from a high power level to a low power level. The high power level and the low power level together are a cycle that is repeated. The high power level may be higher than the conventional steady-state power level used for the same lamp system.

ULTRAVIOLET LAMP POWER SUPPLY AND METHOD FOR OPERATING AT HIGH POWER/REDUCED COOLING USING CYCLING

TECHNICAL FIELD

The present invention is directed to a method and apparatus (e.g., power supply) for powering a device (e.g., lamps producing ultraviolet light such as electrodeless lamps) at substantially higher power levels than have previously been possible, and/or powering such device (e.g., lamp) at normal power levels but with reduced cooling requirements, or with combinations of power levels higher than conventional power levels with cooling air pressure and flow requirements lower than that conventionally used. The present invention is also directed to a method and apparatus for powering a magnetron at substantially higher power levels and/or reduced cooling requirements. In particular, the present invention is directed to a method and apparatus (e.g., power supply) wherein ultrahigh power levels may be achieved for faster ultraviolet light curing, and/or reduced cooling costs may be achieved.

BACKGROUND ART

While it has been desired to utilize higher power levels for increasing speed and productivity in many ultraviolet light curing applications (e.g., for curing polymer material with ultraviolet light), various practical constraints may restrict the ability to go to higher power levels of a power supply, to power the ultraviolet light lamp system, than those conventionally used.

For example, ferro-resonant 50 or 60 hertz power supplies may produce high ripple

magnetron current waveforms with peak currents that are much higher than the average current. Rectified alternating current power supplies may produce a magnetron current waveform also with high ripple at 100 or 120 hertz. The upper power level may be limited by the peak component in this waveform. Thus, when powering a magnetron at substantially higher power levels and/or reduced cooling requirements, and the peak current component approaches the upper power limit of the magnetron, disadvantageous magnetron moding may occur.

Another practical constraint is the magnetron cost. Magnetrons operating at 2450 MHz are widely used in the heating or "cooker industry" with power levels up to about 3000 watts. Because of the widespread use, they may be produced in large quantities, and have a relatively low price. However, there are no magnetrons in this price range that are designed to operate over 3000 watts. The cost of magnetrons currently on the market in the over-3000 watt range may be many times more expensive, and are mainly used in radar-type applications.

Another constraint on increasing the power level is magnetron size. Magnetrons currently available to operate at more than 3000 watts are generally water-cooled, which may add a utility requirement that increases complexity and operating cost. Higher power magnetrons are generally much larger in physical size, and may require extensive lamp redesign and larger and less desirable lamp dimensions.

Another constraint on increasing power level is magnetron overheating. The air cooling requirements to maintain reliable operation of present-day magnetrons in use are already aggressive at power levels below 3000 watts of microwave energy. As the power

level is increased, the cooling air pressure and flow requirements may increase at a much faster rate than power. Fig. 1 is a graph showing magnetron cooling requirements at a steady state operation. The dotted line represents the cooling for high ripple supply current. Even small increases in steady-state power may require large increases in magnetron cooling.

A still further constraint on power level is bulb overheating. The quartz envelope of microwave-driven electrodeless lamps may require aggressive cooling to operate at high power levels. As the power level is increased, the cooling air pressure and flow requirements increase at a much faster rate than power. Fig. 2 is a graph showing bulb cooling requirements at a steady state operation. The dotted line represents the bulb cooling for a high ripple magnetion current. The cooling power requirements for current state-of-the-art equipment is already large and noisy, and even small increases in power may require large increases in bulb cooling. In many applications, large increases in air cooling are not acceptable.

It was previously known to those skilled in the art that pulsing or flashing a lamp on can allow operation at much higher power levels during the high power cycle phase. This is in essence a pulsed, or flash, technique. There are many references in the literature, and in the market, of examples, such as pulsed Xenon ultraviolet lamps, using variations of this technique. In this technique of pulsing or flashing a lamp on, however, the duration of the "on" pulse, or high-power cycle in Xenon flash lamps, is very short (in the range of 1ms), with much longer "off" times between the high-power flashes. The rates of each "on-and-off" period must be relatively very fast in order to prevent plasma extinction that will occur in a fraction of a second, or the apparatus must have special ignition schemes to re-ignite the bulb

for each flash. Microwave-powered, medium-pressure electrodeless lamps, and linear medium-pressure arc lamps, used for ultraviolet curing, may require extended delays before the lamp can be restarted if the plasma in the hot bulb is allowed to extinguish. Restarting the bulb plasma may then become extremely difficult and time consuming, requiring a significant waiting period to allow for the bulb to cool down, and the fill within the bulb to condense.

U.S. Patent No. 5,838,114 to Penzenstadler et al., the subject matter of which is incorporated herein by reference, addresses the problem of quickly restarting an electrodeless lamp. A low power level or simmer mode may be employed. This allows the lamp to be momentarily switched to a much lower power level, with less than 10% of full power operation, and allows the lamp to be switched back to full power operation at any time. The patent teaches switching from a relatively high power to a relatively low power to obtain the quick restart feature. The patent also discloses a power supply that achieves this switching from the relatively high power, supplied to the magnetron in a full power mode, to the relatively lower power, where the lower power is of a magnitude to generate sufficient microwave radiation to maintain the lamp in an ignited condition. The patent further discloses the "relatively high power" as a normal power level as conventionally used in the art.

U.S. Patent No. 5,838,114 provides no disclosure as to modification of bulb cooling requirements in the cycling mode.

U.S. Patent 5,838,114 discloses cycling wherein the relatively high power mode is the power level that is conventionally used. The highest power electrodeless lamp systems currently available for commercial use are 6-inch and 10-inch linear lamp systems that use

magnetrons desired to operate at about 2800 watts. With a typical highly coupled linear lamp system, this yields about 450 average watts/inch on the 6-inch long lamp system, and 560 average watts/inch using two of the same magnetrons each operating at 2800 watts on 10-inch systems.

Fig. 3 is a chart showing the relative UV light output for several systems where systems A and B represent currently available lamp systems for commercial use. Fig. 3 shows power levels of 1800 W rf and 2800 W rf, respectively, for Systems A and B, which are power levels of the magnetron output. As the magnetrons are about 70% efficient, the power levels of the magnetron are about 70% of the power levels of the power supplied to the magnetron from the power supply. Throughout this disclosure, the reported quantitative power levels are power levels of the magnetron output, discussed as power output, which is about 70% of the actual output of the power supply. That is, the power level from the power supply itself is 30% higher.

DISCLOSURE OF THE INVENTION

Embodiments of the present invention may provide a power supply for a lamp system. The power supply may include structure to switch from a high power level to a low power level. The high power level and the low power level together are a cycle that is repeated. The high power level is higher than the conventional steady-state power level used for the same lamp system. The power supply may provide low ripple power.

The lamp system may be an electrodeless ultraviolet lamp system with an electrodeless bulb. The lamp system may also be an arc lamp system for powering an arc

lamp outputting ultraviolet light.

Embodiments of the present invention may also provide a power supply to provide reduced cooling requirements for the lamp system. The power supply may include structure to switch from a first power level to a second power level lower than the first power level. The first and second power levels together form a cycle that is repeated. The power supply may also include structure to cool the lamp system where the level of cooling of the lamp system is reduced as compared to cooling requirements of the same lamp system. The power supply may operate in a steady-state condition at the first power level.

Embodiments of the present invention may still further provide a method of operating a power supply for powering a lamp system. The method may include switching the power supplied by the power supply to the lamp system between a high power level and a low power level. The high power level and the low power level together form a cycle that is repeated. The high power level is larger than a conventional steady-state power level for powering the lamp system.

Other embodiments, advantages and salient features of the invention will become apparent from the following detailed description taken in conjunction with the annexed drawings, which disclose preferred embodiments of the invention.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The foregoing and a better understanding of the present invention will become apparent from the following detailed description of example embodiments and the claims when read in connection with the accompanying drawings, all forming a part of the disclosure

of this invention. While the foregoing and following written and illustrated disclosure focuses on disclosing example embodiments of the invention, it should be clearly understood that the same is by way of illustration and example only and the invention is not limited thereto.

The following represents brief descriptions of drawings in which like reference numerals represent like elements and wherein:

FIG. 1 is a graph showing cooling pressure versus microwave watts;

FIG. 2 is a graph showing cooling pressure versus microwave watts;

FIG. 3 is a chart showing relative UV light output for a plurality of systems;

FIG. 4 is a graph showing cooling pressure versus microwave watts;

FIG. 5 is a timing diagram showing relative UVA output;

FIG. 6 is a timing diagram showing bulb temperature;

FIG. 7 is a graph showing cooling pressure versus duty cycle; and

FIG. 8 illustrates a curing apparatus according to an example embodiment of the present invention.

BEST MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION

The following detailed description, example values may be given although the presented invention is not limited to the same.

Embodiments of the present invention may operate at very high power levels by alternating the very high power levels with periods of very low power levels. Thus, embodiments of the present invention may include a power supply having alternating very

high power levels and very low power levels so as to provide a cycle of a high level of power and a low level of power. This cycle may be repeated. By cycling in this manner, the power may be increased to extend beyond the current state of the art with respect to both the upper power level and the lower power level in an alternating power cycle. Thus, using this cycling, the high power level in operating a device (e.g., an ultraviolet lamp system) may be greater than that in a steady-state operation of the power supply operating the same device.

Embodiments of the present invention may achieve the advantage, when operating in a cycling mode of alternating normal power level and low power level, of cycling the lamp system at normal power levels but with reduced cooling requirements. When operating in this cycling mode, but at normal power levels at the high power level, the cooling air pressure and air flow volume for the lamp may be operated at a small fraction of the cooling required for steady-state operation at the normal power levels. Moreover, since reduced cooling air pressure and air flow volume can be achieved, efficient ultraviolet operation of the ultraviolet bulb can be maintained by maintaining optimum bulb envelope temperatures.

Embodiments of the present invention (e.g., power supply and method of use thereof), when utilized in a curing lamp system for curing, for example, polymer materials (e.g., either a body of the polymer material or a film thereof on a body) may be particularly advantageous when used in curing lamp systems that utilize a quick restart feature, which are most useful for step-and-repeat type processing, and in applications that require transferring and positioning of the product to be exposed to ultraviolet light. When the product is positioned for curing by exposure to ultraviolet light, the lamp may be switched to higher power for fast curing. According to embodiments of the present invention, which utilize substantially

higher power levels than have previously been possible, increased productivity or throughput of a curing process or machine may be achieved.

Embodiments of the present invention may be different from pulsed or flash lamp systems as previously known. In the pulsed or flash lamp system, pulses occur many times per second; the flash time on is much less than one second, e.g., 1ms. According to embodiments of the present invention, the "on" portion, having high power level, may be for multiple seconds; for example, the high power level may be for at least one second (for example, 4-6 seconds) according to at least one embodiment of the present invention.

It was discovered that with a specially designed power supply operating under specific conditions, it is possible to overcome power limiting issues in a very practical and reliable manner. With the appropriate sequencing of cycle time and cooling rates, the bulb and magnetron temperatures may remain in a suitable range for long life, and the ultraviolet response may be instantaneous when switching to very high power. It was discovered that using a special high power solid state power supply design with low ripple current, the internal heating of the magnetron anode core may be reduced. In comparison, a magnetron operating with a ferro-resonant supply operating at the same average current and same power level but at high ripple anode current waveform operates much hotter. Fig. 1 shows the cooling requirements for a power supply having a high ripple current (shown by the dotted line) as compared with a power supply according to an embodiment of the present invention having the high and low power levels(shown by the solid line).

It was also discovered that with a power supply having low-ripple and with cycling, as in embodiments of the present invention, the peak bulb envelope temperatures may be

reduced at all power level. In other words, cooling requirements may be reduced with the cycling to a very low level even with cycles allowing normal power operation for step-and-repeat curing applications. This becomes more important at the higher power levels by reducing cooling requirements for extending bulb life. Fig. 2 shows cooling requirements using a high ripple magnetron current from a high ripple magnetron current source (shown by the dotted line) as compared to the special solid state power supply design according to an embodiment of the present invention (shown by the solid line).

It was also discovered that power levels for electrodeless lamps operating in a cycling mode could be substantially increased from current state-of-art power levels with the use of the specially designed power supply. A solid-state power supply has been designed with increased power capability. Fig. 4 is a graph showing a system operating up to 4200 watts output from the magnetron on a 2/3 cycle (4 seconds of 4200 watts and 2 second at 150 watts) where the solid line shows results of an embodiment of the present invention.

The power supply according to embodiments of the present invention may incorporate adjustable power levels for adjusting to various conditions. The power supply may also be designed to provide low-ripple magnetron anode current. The power supply may also incorporate special peak anode voltage and current limiting electronic circuits to prevent magnetron moding at highest power levels. Moreover, the power supply may incorporate a very low power mode for alternating between high and low power levels, which is lower than previously obtained with conventional ferro-resonant power supplies. The power supply may have programming capability to prevent and protect the system from operating at elevated power levels longer than design recommendations. Also, the power supply may include

control connections for external control so that the user's application or user's machine may automatically control the lamp cycle timing.

The power level potential for the power supply may be increased by increasing magnetron current to a standard magnetron. As an example, by increasing the magnetron current from 0.84 amps to 1.25 amps for a conventional magnetron in an electrodeless system, the microwave power output may increase from a normal 2800 watts to 4200 watts. This is a 50% increase in power over the current state of the art in electrodeless lamp microwave power levels. Fig. 2 shows the bulb cooling requirements where the solid line shows results of an embodiment of the present invention. Even higher power levels may be possible with cycle durations less than 5 seconds.

Three variables may exist in operation of a power supply for driving the ultraviolet lamp according to embodiments of the present invention. These variables may include overdrive (which is the extra high power part of the cycle); time at overdrive; and duty cycle (which is a ratio of the time on high power to the sum of the time on high power and the time off high power at low power). This ratio may be multiplied by 100%.

The average power level may be the aforementioned duty cycle multiplied by the power level. According to embodiments of the present invention, the average power level need not be increased, while the peak power (high power as discussed previously) may be increased to achieve higher power levels from the magnetron. As one example, the average power level may be maintained at about 1 while still achieving increased operating power. For example, with use of the same lamp with the power supply operating according to the present invention (i.e., with the power supply having relatively high and relatively low power

levels) with low ripple, the operating power may be increased 50%.

That is, it was discovered that operation at extra high power levels, which was not possible with conventional power supplies, could be obtained with a power supply having low ripple current with the power supply being cycled between relatively high and relatively low levels. Moding or internal arcing in the magnetron may cause magnetron damage and may prevent a ferro-resonant type power supply from operating at steady-state levels of the same extra high power level.

To accomplish the higher power level without causing a large increase in cooling requirements, and to prevent overheating the magnetron and bulb components of the ultraviolet lamp, the power supply may switch to very low power levels for the reduced power phase of the cycle. During the reduced power phase, forced cooling may remain on and operating temperature of the critical components of the magnetron and the bulb quickly drop, which then allows a repeat cycle of an overdrive high power level. Alternating between the overdrive high power levels and very low power levels may provide the potential for a more powerful ultraviolet light curing system design with faster throughput for cycling or step-and-repeat type applications. Due to the higher intensity, faster curing times may be achieved. Moreover, improved efficiency, such as improved efficiency in curing during step-and-repeat curing operations, may be achieved.

Fig. 5 is a timing diagram showing the relative UVA output in a very high power cycle mode. Fig. 5 shows the greater intensity achieved according to an embodiment of the present invention where the relative increase in ultraviolet light output is at least 50%. Normal ultraviolet light output of 1.0 on the relative Y scale (in Fig. 5) may represent the

normal steady-state power operation at 2800 watts of magnetron power.

The reduced power phase of the cycle may be at very low power levels, at a level that is high enough so that the bulb plasma in the electrodeless lamp does not go out but at a level which is, for example, less than 10% of normal power, with the overdrive being 1.5-2.0 times the normal power. The lamp may not go out because of use of the low ripple power supply, and since the low level power is at a power high enough to avoid extinguishing the plasma.

The higher overdrive power levels are practical in a cycling mode because peak bulb temperatures can be maintained in a normal temperature range without requiring higher levels of cooling. Fig. 6 is a timing diagram showing the typical variation in bulb temperature with operation at 4200 watts in the high power mode cycling at 2/3 (66.7%) duty cycle. The same 3.0 inch cooling pressure was used as normally required in a lamp operating at 2800 watts. The peak bulb temperature may remain in a normal range under 900°C in operation according to an embodiment of the present invention with a peak power of 4200 watts, similar to operating at 2800 watts.

It was also discovered that in order to achieve very low "simmer" power levels, for best cool-down rates, low ripple magnetron anode current may be preferred. With low ripple magnetron current, it was discovered that the lower limit for low power could be further reduced without the plasma in the bulb completely extinguishing which is a limiting factor with normal high-ripple supplies. When the low-ripple power supply is instantly switched from a very high power level to this very low "simmer" power level, the plasma would not completely extinguish, thus allowing switching back to very high power on command. Cycle operation then becomes 100% reliable even with extreme change in power levels and hot

bulbs at high pressure that would normally extinguish the plasma when using other power supplies.

The vapor pressure of the bulb fill may also be maintained when operated with very low power simmer durations of up to about 5 seconds. With aggressive air cooling, commonly used on high power electrodeless lamps, the bulb fill may quickly start to cool and the vapor pressure and ultraviolet output may start to decline after about 5 seconds. The lamp may not respond instantly to high power if the envelope and the fill materials cool more than about 5 seconds. The duration time of low power, for efficient operation, may be further extended if the cooling air is modulated, reduced or cut off completely during the very low power phase of the cycle.

It was also discovered that cycling between normal power levels and very low power levels may reduce the cooling requirements to a very low level even with duty cycles allowing normal power operation for step-and-repeat curing applications. In some ultraviolet light curing applications, it may be advantageous to minimize the system cooling requirements. This can be achieved according to embodiments of the present invention, utilizing the cycling as discussed previously, even with a high power level that is the same as conventional power levels. That is, this aspect of the present invention may operate in a cycle mode between normal power levels and very low power levels in each cycle, and with reduced cooling requirements. When operated in a cycling mode according to embodiments of the present invention, but at normal power levels, the cooling air pressure and air flow volume for the lamp may be operated at a small fraction of the cooling required for steady-state operation at normal power levels.

Another reason for reducing the cooling air pressure and flow when cycling at normal power is to maintain efficient operation of the ultraviolet bulb of the electrodeless lamp by maintaining optimum bulb envelope temperatures. If the cooling is not reduced for cycling operation then the bulb may become overcooled and ultraviolet curing performance may be diminished. The lamp system is sensitive to overcooling; therefore, the cooling and duty cycle may need to be matched to maintain efficient operation. In order to provide instant ultraviolet response in the first few seconds when the lamp cycles to high power, the cooling and the duty cycle may need to be closely matched. The virtually instant ultraviolet response of the extra high power cycle mode shown in Fig. 5 may also be obtained at normal power levels up to a relative ultraviolet output of 1.0 when the cooling is matched to the duty cycle requirements.

The extent of the cooling reduction required may be dependent on the duty cycle utilized according to embodiments of the present invention. The relationship between lamp power and the duty cycle and cooling requirements for the bulb has been investigated. The relationship for normal power (2800 watts) and duty cycle is shown in Fig. 7. The steep exponential function to the curve demonstrates the strong influence that duty cycle has on air requirements.

There is no practical time limit for duration of a cycle. If the lamp were to be cycled repetitively at normal power level for durations 1/10 as long as a cycle of 4.0 seconds at high power and at low or simmer power levels for 2.0 seconds (i.e., high power for 0.4 seconds and lower power for 0.2 seconds) that would still be considered a 67% duty cycle. However, maximum duration of high power is limited up to about 7 seconds maximum at cycles with

normal power. If the cycle is much over 7 seconds, the bulb begins to overheat, and an increase in air pressure and flow above that shown in Fig. 7 may be required to maintain long bulb life.

The example of 67% duty cycle shows that only one-third the normal cooling pressure and flow is required. Note that at duty cycles of 50% the cooling pressure and flow requirements may be reduced to 1/10 of the steady-state, non-cycling operation. At this point (1/10 of the cooling pressure and flow requirements of steady-state, non-cycling operation) the noisy centrifugal-type blowers normally used may no longer be required. Inexpensive, quiet, low-profile small fans may be adequate. At duty cycles of around 30%, virtually no forced air cooling may be required for the bulb.

High-power microwave powered lamps typically have the magnetron and the bulb cooled in series using the same air supply. The lamp magnetron cooling requirements were found to also decrease on a similar curve as the bulb requirements, so that, therefore, the same small fan can still be used to cool the magnetron and the bulb, when utilizing the cycling according to embodiments of the present invention even when using the same air supply to cool the magnetron and the bulb.

The power supply control logic for this new type of cycle operation may be programmed to control duty cycle and maintain maximum duration within preferred design parameters.

Accordingly, by operating under cycling at relatively high power and very low power levels, the high power level may be much higher than conventional power levels while utilizing the same lamp system including the same magnetron. This provides an advantage

that a greater intensity of, e.g., ultraviolet light output from a lamp system (either an electrodeless bulb lamp systems or an arc lamp) may be achieved. The maximum power level may be increased using the cycle of high and low power levels without extinguishing the bulb plasma where the power supply is a low ripple power supply. In addition, cooling requirements (of the magnetron and of the bulb) may be reduced even when operating at conventional power levels as the high power level when using the cycling between high power and low power levels according to embodiments of the present invention. This invention has a beneficial effect in ultraviolet processing systems having exposure to ultraviolet light such as ultraviolet curing and photolithography; and has a particularly beneficial effect in step-and-repeat processes using ultraviolet processing equipment (to provide additional power levels). These processes include semiconductor processing, DVD and other optical data disc optical processing, etc.

Fig. 8 illustrates a curing system according to an example embodiment of the present invention. Other embodiments and configurations are also within the scope of the present invention. More specifically, Fig. 8 shows a power supply 100 coupled to an air cooled lamp system 200 and to a controller device 150. The controller device 150 may control operations of the power supply 100.

The power supply 100 may include the properties, structures and functionality discussed above such as structure to switch from a high power level to a low power level where the high power level and the low power level together are in a cycle that is repeated. The high power level is higher than a conventional steady-state power level. The power supply may provide low ripple power as discussed above.

The air cooled lamp system 200 may be an electrodeless ultraviolet lamp system having an electrodeless bulb or may be an arc lamp that outputs ultraviolet light. The lamp system 200 may include or may be coupled to a blower device 210 and/or a lamp cooling pressure regulating device 220. As indicated above, the level of cooling of the lamp system 200 may be reduced by use of the blower device 210 and/or the lamp cooling pressure regulating device 220 when used with the power supply 100.

Fig. 8 additionally shows a rotary machine 300 that rotates about a central axis. A material (device) 400 to be cured may be placed onto the rotary machine 300 at location 302. The rotary machine 300 may rotate in the direction of arrow 304 and stop at an indexed areas. Indexing may be accomplished by use of a position sensor 310 coupled to the controller 150 (or other means). When the material 400 is properly indexed under the lamp system 200 at a location 306, the rotary machine 300 may stop rotation and the material may be rotated (or adjusted) by use of a rotary device 320. That is, the rotation device 320 may move, rotate and/or adjust the material 400 when it is at location 306 such that all or a portion of the material may be cured by the ultraviolet radiation of the lamp system 200. The rotary machine 300 may then rotate in the direction of arrow 304 and the material may be removed at location 308.

Although embodiments of the present invention have been described with reference to a number of illustrative embodiments thereof, it should be understood that numerous other modifications and embodiments can be devised by those skilled in the art that will fall within the spirit and scope of the principles of this invention. More particularly, reasonable variations and modifications are possible in the component parts and/or arrangements of the

subject combination arrangement within the scope of the foregoing disclosure, the drawings and the appended claims without departing from the spirit of the invention. In addition to variations and modifications in the component parts and/or arrangements, alternative uses will also be apparent to those skilled in the art.

CLAIMS

What is claimed is:

1. A power supply for a lamp system, the power supply including structure to switch from a high power level to a low power level, the high power level and the low power level together being a cycle that is repeated, the high power level being higher than a conventional steady-state power level used for the same lamp system.

2. The power supply according to claim 1, wherein the power supply provides low ripple power.

3. The power supply according to claim 1, wherein the lamp system comprises an electrodeless ultraviolet lamp system having an electrodeless bulb.

4. The power supply according to claim 1, wherein the lamp system comprises an arc lamp system for powering an arc lamp outputting ultraviolet light.

5. Combination of a power supply and magnetron for a lamp system, the power supply driving the magnetron and being the power supply of claim 1.

6. A method of exposing a material to ultraviolet light, using the power supply of claim 1 to power a lamp system producing the ultraviolet light.

7. The method according to claim 6, wherein the material is cured by exposure to the ultraviolet light, and the exposure is by a step-and-repeat process.

8. The method according to claim 7, wherein the material is cured by exposure to the ultraviolet light, and the exposure is by transferring the material to a position to be exposed to the ultraviolet light, and exposing the material to the ultraviolet light from the lamp system using the power supply.

9. A structure of a lamp system, including a power supply to provide reduced cooling requirements for the lamp system, the power supply including structure to switch from a first power level to a second power level lower than the first power level, the first and second power levels together forming a cycle that is repeated, and structure to cool the lamp system, wherein the level of cooling of the lamp system is reduced as compared to cooling requirements of the same lamp system wherein the power supply operates in a steady-state condition at the first power level.

10. A method of operating a power supply for powering a lamp system, including switching the power supplied by the power supply to the lamp system between a high power level and a low power level, the high power level and low power level together forming a cycle that is repeated, the high power level being larger than a conventional steady-state power level for powering the lamp system.

11. The method according to claim 10, wherein the power system provides low ripple power.

12. The method according to claim 10, wherein the lamp system comprises an electrodeless bulb, and wherein the power supply drives a magnetron producing microwaves for powering the electrodeless bulb.

13. The method according to claim 10, wherein the lamp system comprises an arc lamp.

14. A method of operating a lamp system including operating a power supply for powering the lamp system, the method comprising switching the power supplied to the lamp system by the power supply between a high power level and a low power level, the high power level and low power level together forming a cycle that is repeated, and cooling the lamp system, wherein a level of cooling is reduced as compared to the level of cooling the lamp system when using a power supply that is operating under steady-state conditions at the high power level.

15. The method according to claim 14, wherein at least one of the cooling air pressure and cooling air flow volume is reduced to reduce the level of cooling.

FIG. 1

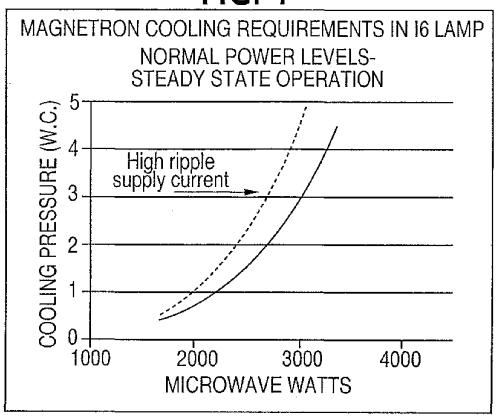

MAGNETRON COOLING REQUIREMENTS IN I6 LAMP
NORMAL POWER LEVELS-
STEADY STATE OPERATION
COOLING PRESSURE (W.C.)
5
4
3
2
1
0
High ripple
supply current
1000
2000
3000
4000
MICROWAVE WATTS

FIG. 2

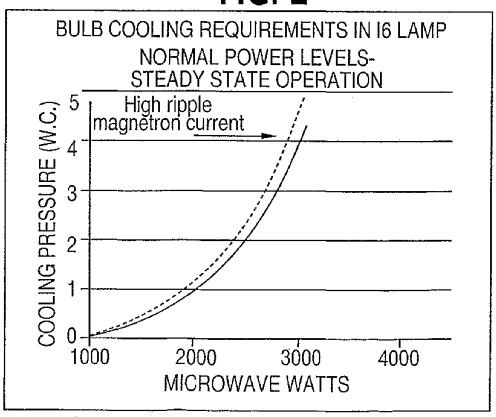

BULB COOLING REQUIREMENTS IN I6 LAMP
NORMAL POWER LEVELS-
STEADY STATE OPERATION
COOLING PRESSURE (W.C.)
5
4
3
2
1
0
High ripple
magnetron current
1000
2000
3000
4000
MICROWAVE WATTS

FIG. 3

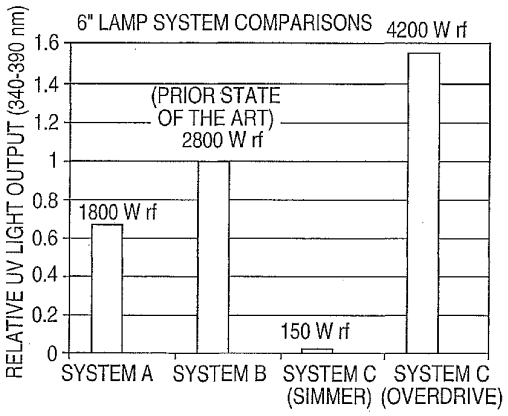

6" LAMP SYSTEM COMPARISONS
RELATIVE UV LIGHT OUTPUT (340-390 nm)
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
4200 W rf
(PRIOR STATE OF THE ART)
2800 W rf
1800 W rf
150 W rf
SYSTEM A
SYSTEM B
SYSTEM C (SIMMER)
SYSTEM C (OVERDRIVE)

FIG. 4

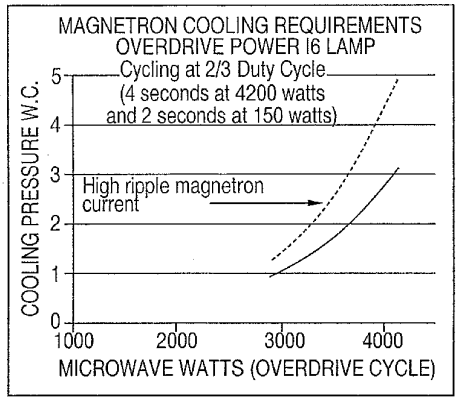


FIG. 5

UV RESPONSE IN VERY HIGH POWER CYCLE MODE

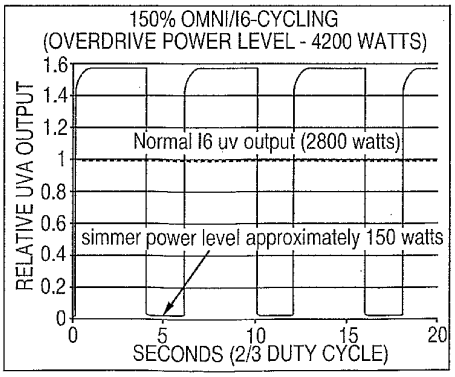


FIG. 6

BULB TEMPERATURE VARIATION IN VERY HIGH POWER CYCLE MODE

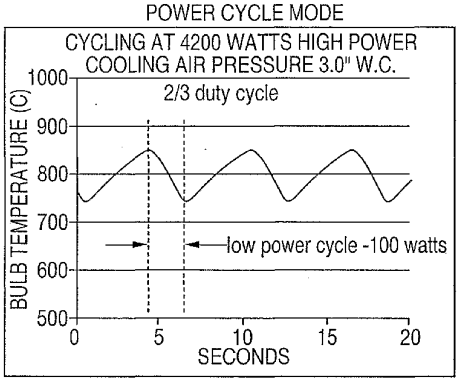


FIG. 7

CYCLING AT NORMAL POWER LEVELS

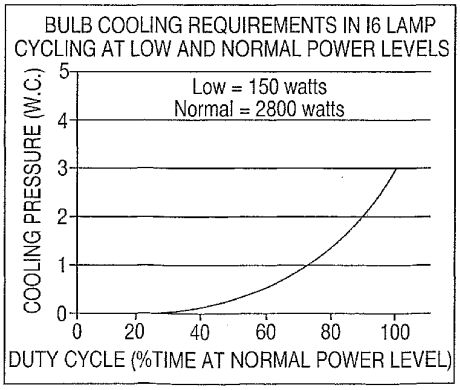
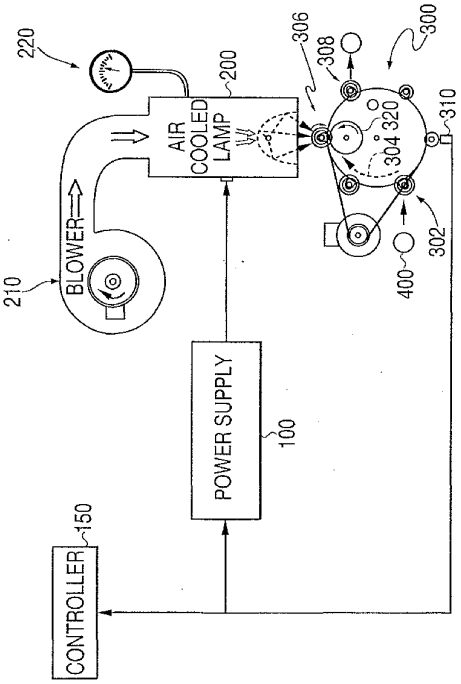


FIG. 8


220
200
306
308
300
AIR COOLED LAMP
310
304
320
BLOWER
210
302
400
POWER SUPPLY
100
CONTROLLER
150

【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
18 July 2002 (18.07.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/056330 A3

(51) International Patent Classification[7]: H05B 41/16

(21) International Application Number: PCT/US01/43331

(22) International Filing Date:
21 November 2001 (21.11.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/252,428 22 November 2000 (22.11.2000) US
09/989,037 21 November 2001 (21.11.2001) US

(71) Applicant: FUSION UV SYSTEMS, INC. [US/US]; 910 Clopper Road, Gaithersburg, MD 20878 (US).

(72) Inventors: WOOD, Charles, H.; 14725 Janice Drive, Rockville, MD 20853 (US). PENZENSTADLER, Ernest, G.; 12211 Parkstream Terrace, Herndon, VA 20170 (US).

(74) Agents: SOLOMON, William, I. et al.; Antonelli, Terry, Stout & Kraus, LLP, Suite 1800, 1300 North Seventeenth Street, Arlington, VA 22209 (US).

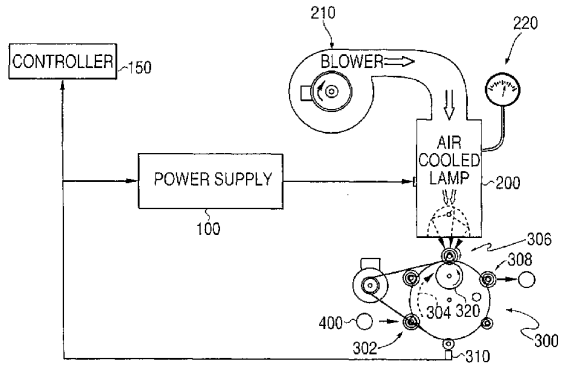
(81) Designated States *(national)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States *(regional)*: ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:
with international search report

[Continued on next page]

(54) **Title:** ULTRAVIOLET LAMP POWER SUPPLY AND METHOD FOR OPERATING AT HIGH POWER/REDUCED COOLING USING CYCLING



(57) **Abstract:** A power supply (1) is provided for a lamp system. The power supply (1) may include structure to switch from a high power level to a low power level. The high power level and the low power level together are a cycle that is repeated. The high power level may be higher than the conventional steady-state power level used for the same lamp system.

WO 02/056330 A3

WO 02/056330 A3

before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(88) Date of publication of the international search report:
17 October 2002

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US01/43331

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC(6) : H05B 41/16
US CL : 315/248, 175, 176, 225, 39.51, 291
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)
U.S. : 315/248, 175, 176, 225, 39.51, 291

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6,323,603 B (PERSSON) 27 November 2001 (27.11.2001), entire document.	1-15
Y	US 5,459,377 A (YUE) 17 October 1995 (17.10.1995), entire document	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent 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
11 June 2002 (11.06.2002)	19 AUG 2002
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703)305-3230	Authorized officer TUYET VO Telephone No. 703 306 5497 Deborah Parry-Beeper Paralegal Specialist Technology Center 2800

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100074228
弁理士 今城 俊夫
(74)代理人 100084009
弁理士 小川 信夫
(74)代理人 100082821
弁理士 村社 厚夫
(74)代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜
(74)代理人 100084663
弁理士 箱田 篤
(72)発明者 ウッド チャールズ エイチ
アメリカ合衆国 メリーランド州 ２０８５３ ロックヴィル ジャニス ドライヴ １４７２５
(72)発明者 ペンゼンスタッドラー アーネスト ジー
アメリカ合衆国 メリーランド州 ２０１７０ ハーンドン パークストリーム テラス １２２１１

Ｆターム(参考) 3K073 AA29 AA42 AA48 AA58 BA13 CG10 CG16 CG22 CM04