

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分
 【発行日】平成 17 年 8 月 11 日 (2005.8.11)

【公表番号】特表 2001-511311(P2001-511311A)

【公表日】平成 13 年 8 月 7 日 (2001.8.7)

【出願番号】特願 平 10-532879

【国際特許分類第 7 版】

H 0 1 S 3/03

G 0 3 F 7/20

G 2 1 G 4/00

G 2 1 K 5/00

H 0 1 L 21/027

H 0 1 S 3/22

【F I】

H 0 1 S 3/03 Z

G 0 3 F 7/20 5 0 1

G 2 1 G 4/00

G 2 1 K 5/00 Z

H 0 1 S 3/22 Z

H 0 1 L 21/30 5 3 1 S

【誤訳訂正書】

【提出日】平成 16 年 12 月 21 日 (2004.12.21)

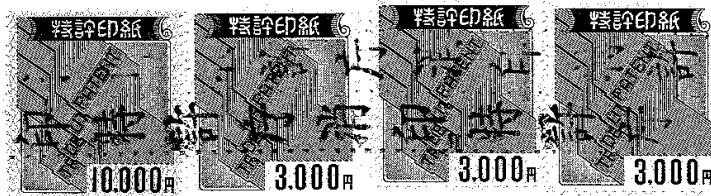
【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】補正の内容のとおり

【訂正方法】変更

【訂正の内容】



誤 訳 訂 正 書、

(19,000 円)



平成 16 年 12 月 21 日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示 平成 10 年特許願第 532879 号

2. 特許出願人

住 所 アメリカ合衆国ニュージャージー州 08540、
プリン스턴、エアパーク・ロード 29 番
名 称 アドヴァンスド、エナジ、システムズ、インク

3. 代 理 人

住 所 東京都港区赤坂 1 丁目 1 番 14 号
東信溜池ビル 電話 3584-0782

氏 名 (7384) 弁理士 真 田 雄 造



4. 訂正により増加する請求項の数 0



5. (1) 訂正の対象 1

特許請求の範囲

(2) 訂正の内容

特許請求の範囲

1. 極紫外線を生成するための方法において、
 - a) 超音速でガスを流出させる段階；
 - b) 流出ガス内に放射エネルギービームを導いて、そこからの極紫外線の発出を刺激する段階；
 - c) ガスの実質的部分を補足して、それにより引き起こされる汚染を緩和する段階；を含んで成る方法。
2. 超音速でガスを流出させる段階には、収束－発散ノズルを通して加圧ガスを流出させ、それによりその速度を増大させる段階が含まれている、請求項1に記載の方法。
3. 超音速でガスを流出させる段階には、全体的に矩形の横断面を持つ収束－発散ノズルを通して加圧ガスを流出させる段階が含まれている、請求項1に記載の方法。
4. 超音速でガスを流出させる段階には、全体的に矩形の横断面を持ち、しかもその幅よりも実質的に大きな長さを有する収束－発散ノズルを通して加圧ガスを流出させる段階が含まれている、請求項1に記載の方法。
5. 超音速でガスを流出させる段階には、全体的に矩形の横断面を持ち、しかも約10対1の縦横比を有する収束－発散ノズルを通して加圧ガスを流出させる段階が含まれている請求項1に記載の方法。
6. 超音速でガスを流出させる段階には、ガスを膨張させてその温度を実質的に減少させ、それによりその密度を実質的に増大させて、そこからの極紫外線の発出を増強させる段階が含まれている請求項1に記載の方法。
7. 超音速でガスを流出させる段階には、超音速で希ガスを流出させる段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

8. 超音速でガスを流出させる段階には、アルゴン、ヘリウム及びキセノンのうちの少なくとも1つを超音速で流出させる段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

9. 超音速でガスを流出させる段階には、少なくともマッハ約3の速度でガスを流出させる段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

10. 超音速でガスを流出させる段階には、真空を通してガスを流出させる段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

11. 超音速でガスを流出させる段階、流出ガス内に放射エネルギービームを導いてそこからの極紫外線の発出を刺激する段階、及び汚染を緩和するためにガスの実質的部分を捕捉する段階、が実質的に真空内で実施される、請求項1に記載の方法。

12. 流出ガス内に放射エネルギービームを導く段階には、流出ガス内に電子ビームを導く段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

13. 流出ガス内に放射エネルギービームを導く段階には、流出ガス内にレーザービームを導く段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

14. 流出ガス内に放射エネルギービームを導く段階には、流出ガス内にマイクロ波ビームを導く段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

15. 流出ガス内に放射エネルギービームを導く段階には、ガスが流出する収束-発散ノズルの近くに放射エネルギービームを導く段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

16. 流出ガス内に放射エネルギービームを導く段階には、それにより刺激される極紫外線が流出ガス内へ戻るように吸収されるのを緩和するような形で流出ガスを通して放射エネルギービームを導く段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

17. 流出ガス内に放射エネルギービームを導く段階には、流出ガスの表面近くで流出ガス内を通して放射エネルギービームを導き、そのため、それにより刺激された極紫外線が流出ガス内を通って走行しなくてはならない距離を短縮し、したがって放射エネルギービームにより刺激された極紫外線の吸収を緩和させる段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

18. ガスの実質的部分を捕捉する段階には、拡散器内にガスの実質的部分を収容する段階が含まれており、この拡散器は、ガスの速度を低下させ、その圧力を増大させるように構成されている、請求項1に記載の方法。

19. ガスの実質的部分を捕捉する段階には、ガスが流出する収束-発散ノズルの横断面縦横比に近い横断面縦横比をもつ拡散器内にガスの実質的部分を収容する段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

20. ガスの実質的部分を捕捉する段階には、拡散器内にガスの実質的部分を収容する段階及び拡散器内に収容されていないガスの実質的部分を真空ポンプを介して圧送し、それによりガスの再循環を容易にする段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

21. ガスを再循環させる段階をさらに含んで成り、そのように捕捉されたガスは超音速で反復的に流出させられ、そこから極紫外線を発出するように刺激されるようになっている、請求項1に記載の方法。

22. ガスの実質的部分を捕捉する段階には、ガスの運動エネルギーの実質的部分を圧力に変換し、そのためその再循環を容易にする段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

23. 捕捉されたガスの部分を圧縮し、そこから熱を除去し、その再循環を容易にする段階をさらに含んで成る、請求項1に記載の方法。

24. ガスの実質的部分を捕捉する段階には、ガスの速度を低減させるために少なくとも1つのナイフエッジ全体にわたりガスを流出させる段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

25. ガスの実質的部分を捕捉する段階には、全体的に矩形の複数の同心ナイフエッジ全体にわたりガスを流出させる段階が含まれている、請求項1に記載の方法。

26. 10 nm以下の幾何形状を持つ反動多コンポーネントの生産を容易にするためのフォトリソグラフィシステム内で極紫外線を生成するための方法において、

- a) 真空チャンバを提供する段階；
- b) 真空チャンバ内に超音波でガスを流出させる段階；

c) 流出ガス内に放射エネルギービームを導き、そこからの極紫外線の発
出を刺激する段階；

d) 極紫外線によるフォトリソグラフィを容易にするために極紫外線を集
光し、それを集束させる段階；

e) ガスの実質的部分を捕捉して、それによる集光・集束用光学装置の汚
染を緩和する段階であって、このガスが、その速度を低減させその圧力を増大
させる拡散器によって捕捉される段階；及び

f) 極紫外線を生成するのにガスが反復的に使用されるように、ノズルに
対し、拡散器が捕捉したガスを再循環させる段階を含んで成る方法。

27. 極紫外線を生成するための再循環ガスがターゲットジェットにおいて、
システムには、

a) ジェットガスを超音速まで加速するためのノズル；

b) 超音速ジェット上に入射し、そこからの極紫外線発出を刺激する放射
エネルギービームを提供するための放射エネルギー源；及び

c) ガスの速度を低減させ、その圧力を増大させるように構成された拡散
器を含む、超音速ガスジェットが導かれる拡散器入口；

が含まれており、

d) ノズル及び拡散器入口は、この入口の中へ電子ビームとガスジェットの
相互作用の間に形成された細塵を導き、したがってそれによるシステムの光
学コンポーネントの汚染を緩和するために超音速ガスジェット気体力学特性を
利用するように構成されている；

再循環ガスターゲットジェット。

28. ノズルが収束－発散ノズルを含む、請求項27に記載の再循環ガスター
ゲットジェット。

29. ノズルが、全体的に矩形の横断面を持つ収束－発散ノズルを含む、請求
項27に記載の再循環ガスターゲットジェット。

30. ノズルが、全体的に矩形の横断面を持つ収束－発散ノズルを含む、請求
項27に記載の再循環ガスターゲットジェット。

31. ノズルが、全体的に矩形の横断面を持ち、しかも約10対1の縦横比を

有する収束一発散ノズルを含む、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

32. ノズルが、ガスを膨張させてその温度を実質的に減少させ、したがってその密度を実質的に増大させて、そこからの極紫外線の発出を増大させるように構成されている、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

33. ガスが希ガスを含んで成る、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

34. ガスが、アルゴン、ヘリウム及びキセノンのうちの少なくとも 1 つを含んで成る、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

35. ノズルが、少なくともマッハ約 3 の速度でガスを流出させるように構成されたノズルを含む、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

36. 中をガスが流れる真空チャンバをさらに含んで成る、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

37. 放射エネルギー源が電子ビーム源を含む、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

38. 放射エネルギー源がレーザーを含む、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

39. 放射エネルギー源がマイクロ波源を含む、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

40. 放射エネルギー源が、ノズル近くに放射エネルギービームを導くように構成されている、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

41. 放射エネルギー源が、それにより刺激される極紫外線が流出ガス内へ戻るように吸収されるのを緩和するような形でガスを通して放射エネルギービームを導くように構成されている、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

42. 放射エネルギー源が、流出ガスの表面近くで流出ガスを通して放射エネルギービームを導き、そのため、それにより刺激された極紫外線が流出ガス内を通って走行しなくてはならない距離を短縮し、したがって放射エネルギービームにより刺激された極紫外線の吸収を緩和させるように構成されている、請

求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

43. 拡散器が、ノズルの横断面に近い横断面の縦横比を有する、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

44. 拡散器内に收容されなかったガスの実質的部分をノズルに戻るように圧送し、そのためその再循環を容易にするための真空ポンプをさらに含んで成る、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

45. a) 拡散器により捕捉されたガスを圧縮するためのコンプレッサ；
b) 拡散器により捕捉されたガスを冷却するための熱交換器；
c) 拡散器により捕捉されたガスの圧縮及び冷却がその再循環を容易にする；

請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

46. 流出ガスの速度を低減させその圧力を増大させるための拡散器の近くに形成された複数のナイフエッジをさらに含んで成る、請求項 27 に記載の再循環ガスターゲットジェット。

47. 10 nm 以下の幾何形状を持つ半導体コンポーネントの生産を容易にするための極紫外線フォトリソグラフィシステムにおいて、

a) 真空チャンバ；
b) 真空チャンバ内に超音速でガスを流出させるためのノズル；
c) 流出ガス内に放射エネルギービームを導き、そこからの極紫外線の発出を刺激するための放射エネルギー供給源；
d) 極紫外線でフォトリソグラフィを容易にするために極紫外線を集光しそれを集束させるための集光及び集束用光学装置；
e) ガスの実質的部分を捕捉して、それによる集光・集束用光学装置の汚染を緩和するための拡散器；及び
f) 極紫外線を生成するためにガスが反復的に使用されるように、ノズルに対し、拡散器が捕捉したガスを提供するための再循環システム；
を含んで成るシステム。

6. (1) 訂正の対象 2

明細書第1頁第1行ないし第16頁第14行(全文)

(2) 訂正の内容

フォトリソグラフィにおいて使用するための極紫外線を生成する方法及び装置

発明の分野

本発明は、一般に、半導体コンポーネントの製造において使用するためのフォトリソグラフィ技術及び装置、そしてより詳細には、10nm以下の形状寸法をもつ半導体コンポーネントの製造を容易にする目的でフォトリソグラフィシステム内で使用するための極紫外線を生成する方法に関する。

発明の背景

ダイナミックRAMチップ(DRAM)のような半導体コンポーネントの製造におけるフォトリソグラフィ技術の使用は、周知のことである。このようなフォトリソグラフィ技術の実践においては、所望の場合、装置のさまざまな半導体、導体及び絶縁体部分の化学エッチングを防止するフォトマスクを硬化させるために光が利用される。

当業者であればわかるように、半導体コンポーネントの密度は益々増大する傾向にある。このことは、特に、一定の与えられたパッケージ内にできるかぎり多くのメモリーを備えることが極めて望ましいメモリーの分野において言えることである。

当業者であればわかるように、このような密度の増大を容易にするためには、コンポーネント基板上に形成されたさまざまな半導体、導体及び絶縁体ラインのラインサイズ又は形状寸法を減少させることが必要である。すなわち、集積回路チップ上に形成されるトランジスタ、ダイオードなどの個々の装置をより小さくすることにより、そのような装置をより多くその上に形成させることができる。当然のことながら、これは、例えばより大きな容量をもつDRAMチップの製造を容易にする。

しかしながら、フォトリソグラフィ技術を利用するとき、ラインサイズについての下限は、フォトリソグラフィプロセス内で利用される光の波長によって決定される。このように、極紫外線（EUV）は、紫外線又は可視光よりも小さなラインサイズを形成する能力をもつ（その結果、パッケージ密度はより大きいものとなる）。このような理由から、集積回路コンポーネントの製造に関連するフォトリソグラフィ工程では極紫外線を利用することがきわめて望ましい。

最新の方法論に従うと、このようなフォトリソグラフィ工程における極紫外線の使用に関連する2つの重要な最終目的は、互いに排他的になる傾向をもつ。当業者であればわかるように、強力な極紫外線光源を提供することが望まれ、また、このような光の生成中に細塵の発生を最小限におさえることも望まれる。

硬化時間は、光源の強度に正比例する。したがって、マスク硬化時間を短縮し、それに対応して生産速度が増大するように強い光源を得ることが望まれる。

細塵は、望ましくないことに硬化工程で利用される前に極紫外線を吸収することから、そのような細塵の生成を最小限におさえることが望まれる。このような細塵はまた、望ましくないことに、極紫外線を収集し集束させるために利用される光学機器を汚染し、その性能を劣化させる。細塵はまた、システムに対する真空圧送及びろ過の負荷を増大させる。

このような細塵の発生は、極紫外線を生成するための最新の方法に固有のものであり、極紫外線の強度を増大させようと試みるにつれて増加する傾向をもつ。

極紫外線を生成するための1つの最新の方法によると、高エネルギーレーザー、電子ビーム又はアーク放電の出力のような放射エネルギービームがセラミックスの薄いフィルム又は固体ターゲット上に導かれる。さまざまな異なる固体ターゲットが利用されてきた。例えば、このようなターゲットをタングステン、錫、銅及び金ならびに市販のキセノン及び氷で形成することが知られている。

望ましい極紫外線波長で使用するのに適した鏡の低い反射率は、本質的に、光学系を通した極紫外線の透過を減少させ、したがって、高強度の極紫外線源の使用をさらに必要とする。このように極紫外線生成中に形成される細塵を原因とする汚染による鏡及びその他の光学コンポーネントの劣化は、きわめて望ましくないことである。当然のことながら、（ターゲット上に導かれる放射エネルギービームの強度を増大させることにより）極紫外線生成工程の強度が増大するにつれて、より多くの細塵が形成される。したがって、このような固体ターゲット構成を利用する場合、細塵の減少と強度の増強という最終目的は互いに排他的になる傾向をもつ。

その結果、望ましくない細塵の生成を軽減させながら、望まれる強度の極紫外線を発出させるようにガス流をイオン化するためにレーザー及び/又は電子ビームを使用することが現在研究されている。このように、極紫外線の生成においてレーザー及び電子ビームのターゲット用のためにガスジェットを利用することは公知である。個々の原子が合わせて数千個以上の原子の大きなクラスター内にひき込まれる。超冷却状態にガスが達するように、キセノン及びアルゴンのような希ガスを極低温に冷却する方法も公知である。このようなガスジェット及び/又は極低温冷却方法の使用は、一般に実験室での実演には適していることが証明されているものの、高い極紫外線生成速度でのこのような定常状態作業に必要な真空圧送の必要条件は、経済的に極端に負担の大きいものである。

したがって、望ましくない細塵の発生を最小限におさえながら高強度の極紫外線を生成するための手段を提供することが望まれる。さらに、真空圧送必要条件を実質的に低減させ、したがってシステムの大きさ、費用及び出力必要条件を相応して減少させるような極紫外線生成方法論を達成することが望まれる。

発明の概要

本発明は、従来技術に関連する上述の欠点に特定の対応し、これを低減する。より詳細には、本発明は、極紫外線を生成するための方法及び装置を含んで成る。該方法は、超音速でガスを流出させる段階；流出ガス内に放射エネルギー

ギーを導いて、そこから極紫外線の発出を刺激する段階；ガスの実質的部分を補足して、それにより引き起こされる汚染を緩和する段階；を含んで成る。ガスの実質的部分を捕捉することによって、システムの光学コンポーネントを汚染し得る細塵の量は軽減される。

本明細書で用いる用語「細塵」は、あらゆる原子、分子、電子、イオン又は流出ガスの1成分であるか又は放射エネルギービーム内の流出ガスの相互作用の結果生じるその他の材料を含むものとして定義される。当業者であればわかるように、このような細塵の実質的部分はガス流ジェット内に閉じ込められ、その後、ガス流ジェット自体の汚染を防ぐように捕捉される。

超音速でガスを流出させる段階には、好ましくは収束-発散ノズルを通して加圧ガスを流出させ、それによりその速度を増大させる段階が含まれている。収束-発散ノズルは好ましくは全体として矩形の横断面をもつ。収束-発散ノズルはまた、好ましくは、その幅よりも実質的に大きい長さ（高い縦横比）をもつ。

本発明の好ましい実施態様によると、超音速ガスが流出するノズル及び超音速ガスを収容する拡散器内の開口部は両方共、長さ約9mmで幅約0.9mmであり、したがって共に約10の縦横比である。拡散器は好ましくは、安定した衝撃系を生成するように、そのガス流軸に対し約6°の角度を成す壁を有する、その開口部近くの集束部分を含んで成る。以下で詳述するように、衝撃は拡散器内のガスの速度を減少させ、その圧力を増大させる。

当業者は、所望の場合、ノズル及び拡散器の寸法を実質的に変動し得ることがわかるであろう。さらに、拡散器ののど面積、入口対のど面積比、のど長さ及び出口発散角度は、好ましくは拡散器の望ましい圧力回復及びガスバイパス（拡散器内に収容されないガス）を最小限におさえるために、所定のジェットについての公知の原理により最適化される。

超音速でガスを流出させる段階には、好ましくはその温度を実質的に低下させるようにガスを膨張させる段階が含まれている。当業者であればわかるように、ガスの温度を低下させると、好ましくは大きなクラスタの形に凝集する傾向をガスの原子又は分子にもたせることによって、実質的にガス密度が増大す

る。さらに当業者であればわかるように、このような凝集に起因する密度の増大は、実質的にそこからの極紫外線の発出を増強する。

本発明の好ましい実施態様によると、ガスは、希ガス、好ましくはアルゴン、ヘリウム及び/又はキセノンを含む。このガスは好ましくは、少なくともマッハ2、好ましくはマッハ3の速度で流出させられる。

ガスは好ましくは、集積回路コンポーネントの製造などにおけるフォトリソグラフィを容易にするため、真空チャンバを通して超音速で流出させられる。放射エネルギービームは好ましくは、電子ビーム、レーザービーム又はマイクロ波ビームを含む。当業者は、さまざまなその他の形の放射エネルギーも適していることがわかるだろう。

本発明の好ましい実施態様によると、放射エネルギービームは、ガスを流出させる収束-発散ノズルの近くで導かれ、放射エネルギービームは、流出ガス内へ戻る形でのそれにより刺激される極紫外線の吸収を緩和させるような方法で流出ガス内を通過する。したがって、本発明の好ましい実施態様によると、特に流出ガスによる、刺激された極紫外線の再吸収は最小限におさえられる。これを達成するため、放射エネルギービームは、それにより刺激された極紫外線が流出ガスを通して走行しなくてはならない距離を短縮するように、流出ガス内をその表面を通して導かれる。刺激された極紫外線が走行しなくてはならないガスの量は、発出点すなわち放射エネルギービームと流出ガスの間の相互作用点と、それを超える極紫外線が実質的に真空中のみを通過する流出ガスの外縁部又は表面の間の距離に正比例する。

このように、流出ガス内をその表面近くで通過するように放射エネルギービームを位置づけることにより、流出ガス内で放射エネルギービームにより刺激された極紫外線は、放射エネルギービームが流出ガスの内側でさらに深いところに位置付けされた場合に比べ少ない量の流出ガス内を走行する。

本発明によると、ガスの実質的部分は、ガスの速度を低減させ、また、その圧力を増大させるように構成されている拡散器内に収容される。したがって、拡散器は、真空チャンバ内を流れるガスの量を減少させることにより、システムの光学コンポーネントの汚染を緩和する。拡散器の使用は、その圧送必要条

件を低減させることにより真空ポンプ上の負荷も減少させる。

さらに、本発明の方法論によると、拡散器により補足されたガスは、ノズルから反復的に流れ、反復的に刺激されて極紫外線を提供するように、再循環させられる。さらに、本発明の好ましい実施態様によると、真空ポンプにより真空チャンバから除去されたガスもまた再循環させられる。

拡散器の開口部における横断面の縦横比は、ガスが流出する収束一発散ノズルの出口における横断面の縦横比に類似しこれに近いものである。代替的には、拡散器の開口部における横断面の縦横比は、収束一発散ノズルの出口における横断面の縦横比と異なるものであってよい。例えば、拡散器の開口部は任意には、流出ガスの捕捉を補強させるため、収束一発散ノズルの出口よりも横断面積が実質的に大きいものであってよい。当業者であればわかるように、拡散器の開口部の横断面積が収束一発散ノズルの出口の横断面積よりも実質的に大きい場合には、拡散器の開口部の縦横比はさほど重要ではなくなる。

このように、本発明の方法論によると、ガスのより効率のよい再循環を容易にするため、ガスの運動エネルギーの実質的部分は圧力に変換される。当業者であればわかるように、ガスは、その超音速流を実施するために、実質的な圧力でノズルに提供されなくてはならない。ガスの運動エネルギーの実質的部分を圧力に変換することにより、システムの圧送必要条件は実質的に低減され、したがってシステムの構築及び運用の費用が低減される。圧送必要条件が実質的に低減されるのは、ガス流の運動エネルギーの実質的部分を圧力に変換することなどによって入力側圧力が増大した時点でポンプの入力側圧力と出力側圧力の差が低減されるからである。

拡散器によって捕捉されたガス、そして場合によっては真空ポンプによって除去されたガスも同様に圧縮され、ノズルからの望ましいガス流速度を達成するのに必要とされる圧力までその圧力を増大させる。熱は、ノズルに提供される前にガスから除去され、ガスがノズルから退出するにつれて膨張した時点でのその望ましい冷却を容易にする。

本発明の望ましい実施態様によると、拡散器は、それにより捕捉されるガスの速度を低減させるように構成されている少なくとも1つのナイフエッジを含

む。当業者であればわかるように、このようなナイフエッジの異なる形態が、拡散器により捕捉されるガスの速度を低減させるために適している。例えば、ナイフエッジは、例えば全体として矩形、丸形又は卵形をしたその同心であり、全体として平行なセットを含んでいてよい。あるいは、ナイフエッジは、複数の全体として水平又は垂直の部剤を含んでいてよい。また、全体として先端のとがった針として構成された1つ以上のポイントタイプのナイフエッジも、衝撃波を発生させるために代替的に利用し得る。

このように、本発明によると、ノズル及び拡散器入口は、拡散器の中に放射エネルギービームとガスジェットの相互作用の間に形成された細塵を導き、したがってそれによるシステムの光学コンポーネントの汚染を緩和するためにガスの超音速ジェットのガス動力学特性を利用するように構成されている。このようにして、例えば収集及び集束用光学器械は、それを用いて行なわれる集積回路製造工程を増強するように、実質的に汚染のない状態に維持される。当業者であればわかるように、このような光学コンポーネントの汚染を低減させることによって、システムの光学コンポーネントの維持、すなわち清掃が実質的に低減され、生産速度が増大され、したがって実質的な経済的利点が提供される。

収集及び集束用光学器械は、極紫外線を収集し、望ましいターゲット、例えば製造中の集積回路コンポーネント上で硬化されつつあるマスクの上に集束させる。

このように、本発明の方法論及び装置は、10 nm（ナノメートル）以下の形状寸法を有する半導体コンポーネントの生産を容易にするためのフォトリソグラフィシステム内で極紫外線を生成するための手段を提供する。本発明によると、望ましくない細塵の発生を最小限におさえながら高強度の極紫外線を生成するための手段が提供されている。このような極紫外線生成は、さらに、真空圧送の必要条件を実質的に低減し、したがってシステムに対する大きさ、費用及び出力上の必要条件を相応して低減させる方法を利用することで達成される。

本発明のこれら、ならびにその他の利点は、以下の記述及び図面からさらに

明白になるだろう。図示され、記述された特定の構造に対し、本発明の精神から逸脱することなく特許請求の範囲内で変更を加えてよいことが理解される。

図面の簡単な説明

図1は、10nm以下の形状寸法を有する半導体コンポーネントの生産を容易にするための極紫外線フォトリソグラフィシステムの略図であり、収束-発散ノズルから退出する流出ガスについての圧力プロフィールを示している；

図2は、本発明の収束-発散ノズルの斜視図である；

図3は、本発明の拡散器の斜視図である；

図4は、収束/発散器ノズルから拡散器内へ流れるガスを示し、また流出ガスからの極紫外線の発出を刺激する放射エネルギービームを示す斜視図であり、極紫外線の一部分はシステムの光学器械によって収集され集束されている；

図5は、その圧力を同時に増大させながら入ガスの速度を低減させるため同心的矩形部材として構成された一組のナイフエッジの拡大図である。

図6は、図5の矩形ナイフエッジの分解斜視図である；

図7は、パルス発生器に容易にとりつけられるようにフランジ又はキャップとして構成される収束-発散ノズルの端面図である；

図8は、図7の収束-発散ノズルの側面図である；

図9は、収束-発散ノズルの発散部分の詳細な横断面プロフィールである；

図10は、拡散器の詳細な横断面プロフィールである；そして

図11は、拡散器の内部壁に衝突する超音速ガス流の結果として得られる衝撃を示す、キセノンガスを用いた極紫外線源ジェット及び拡散器の計算上の密度フィールドを示す。

好ましい実施態様の詳細な説明

添付図面と合わせて以下に記す詳細な説明は、本発明の現在好ましい実施態様を記述することを意図したものであって、本発明を構築又は利用できる唯一の形態を表わすことを意図したものではない。この説明では、例示された実施態様に関連して本発明の構築及び運用するための機能及び段階の順序が記されている。しかしながら、本発明の精神及び範囲内に包含されることが意図されている異なる実施態様によって同じ又は同等の機能及び順序を達成してよいこ

とも理解すべきである。

本発明の10nm以下の形状寸法を有する半導体コンポーネントの生産を容易にするための極紫外線フォトリソグラフィシステムは、その現在好適な実施態様を描く図1～11の中で例示されている。ここで図1を参照すると、極紫外線フォトリソグラフィシステムは一般に、流出ガス11の実質的部分を捕捉する拡散器12に向かって超音速でガス11が流出する収束-発散ノズル10を含んで成る。収束-発散ノズル10及び拡散器12ならびに収集及び集束光学器械29及び製造中の加工部材すなわち集積回路チップは全て、好ましくは、フォトリソグラフィを利用した集積回路製造を容易にするように共通の真空チャンバ40内に配置されている。

以下で詳述するとおり、拡散器12は、流出ガス11の圧力を同時に増大させながらその速度を低減させる。ガスは導管13を介して拡散器12からコンプレッサ14まで流れ、このコンプレッサには好ましくは0.71馬力のコンプレッサが含まれる。コンプレッサ14は、ガス11を収束-発散ノズル10まで再循環させ、したがって、くり返しこれを使用して極紫外線を生成できるように、このガスを圧縮、すなわちその圧力を増大させる。ガスはコンプレッサ14から、圧縮されたガスから熱を除去するため、好ましくは64.1btu/分の熱交換器である熱交換器16まで流れる。

本発明の好ましい実施態様によると、熱交換器16内に入るガスの温度は約610°Kであり、熱交換器16を退出するガスは約300°Kである。熱交換器16を退出するガスは、導管17を介して収束-発散ノズル10へと伝達され、ここで6.079トールのよどみ点圧が発達する。よどみ点圧はここでは全く流れが発生しないときのガス圧として定義づけされる。

ここで図2も参照すると、収束-発散ノズル10はより詳細には、熱交換器16からの圧縮ガスが流れ込む圧力プリナム18を含んで成る。収束-発散ノズル10はさらに、収束部分20と発散部分22を含む。収束-発散ノズル10は、その中を流れるガスを超音速、好ましくはマッハ2を超えて、好ましくはマッハ約3まで加速するように構成される。

発散部分22は好ましくは、全体として矩形横断面を有し、好ましくは、長

さつまり寸法Lがその幅、つまり寸法Wよりも実質的に大きくなるように構成されている。この構成は、放射エネルギービームに対する流出ガスの実施的部分の露呈を容易にし、流出ガスを通してそれにより刺激される極紫外線のための短い通路を提供する高い縦横比を提供する。

ここで図1及び3を参照すると、拡散器12は一般に、収束-発散ノズル10の発散部分の最大幅部分のものに対応する大きさ及び形態を有する開口部を含んで成る。したがって、拡散器の開口部は、好ましくは収束-発散ノズル10よりもわずかに長く、好ましくは収束-発散ノズルの幅よりもわずかに大きい幅を有し、収束-発散ノズル10から流出するガスの実質的部分を捕捉するようになっている。当業者であれば、拡散器12のさまざまな異なる形態が適しているということがわかるだろう。

拡散器は、その開口部30から、流体導管13がとりつけられているその連結端部32まで、横断面積が減少している。以下で詳述するとおり、拡散器12の横断面積は、その最も狭い部分から任意には再度増大して、1つののどを構成する。拡散器12の横断面積のこのようなテーパづけ又は狭窄化は、そうでなければ発生しうる望ましくない逆流の発生を最小限におさえながら、それにより捕捉されるガスの漸進的減速を提供する。

場合によっては、開口部30の中に入るガスの減速を補助するように、拡散器12の中又はその近くに1個以上のナイフエッジが形成される。本発明の好ましい実施態様によると、拡散器12の開口部30の周囲は、第1のナイフエッジ31として形成される。拡散器12の開口部30内には追加の同心で全体的に矩形をしたナイフエッジ33及び35が配置され、それに対し適切なあらゆる手段を介して取り付けられている。拡散器12の開口部30内で所定の場所に第2(33)及び第3(35)の同心矩形ナイフエッジをとりつけるために、場合によっては、ナイフエッジ支柱を利用し得る。当業者であれば、同時に拡散器12内の超音速ガスの圧力を増大させながらこのガスの速度を減少させる傾向をもつ衝撃を生成させるために、このようなナイフエッジについてさまざまな異なる数及び形態を利用し得ることがわかるだろう。

収束-発散ノズル10から流出するガスの等圧圧力プロファイルが図1に示

されている。ここで示されるように、放射エネルギービーム、つまり本発明の好ましい実施態様による電子ビームは、本発明の効率を高めるように、収束一発散ノズル 10 の近くの流出ガス 11 の部分の中に導かれる。このことは、電子ビーム 23 及び流出ガス 11 の相対的位置を斜視図で例示する図 4 によりよく示されている。

放射エネルギービーム 23 により流出ガス 11 からのその発出が刺激される極紫外線 27 の一部分は、収集及び集束用光学器械 29 により収集され集束され、この光学器械は、所望のように極紫外線を加工部材すなわち製造中の集積回路コンポーネント上に導く。

本発明の好ましい実施態様によると、真空ポンプ、好ましくは、中でガス 11 が流れフォトリソグラフィ工程が行なわれる真空チャンバ 40 を排出させるために利用される真空ポンプ 36 は、拡散器 12 によって捕捉されないガス 11 の実質的部分を排出させ、そのガス 11 を好ましくはコンプレッサ 14 及び熱交換器 16 を介して集束一発散ノズル 10 まで戻してその再循環を容易にする。

ここで図 4 を参照すると、作動中、ガス、好ましくはアルゴン、ヘリウム又はキセノンのような希ガス又はそれらの組合せは、その加圧された供給物がガス導管 17 を介して集束一発散ノズル 18 に提供された時点で、収束一発散ノズル 18 から超音速で流れる。所望のガス流速を達成するためコンプレッサ 14 により十分な圧力が提供される。

好ましくは電子ビームである放射エネルギービームが、ガス 11 を通しての結果として得られた極紫外線の透過を最小限におさえ、したがって、望ましくないその吸収を緩和させる 1 つの位置で、超音速ガス流 11 を通して導かれる。

流出ガス 11 の実質的部分が拡散器 12 により捕捉され再循環される。拡散器 12 により捕捉されなかったガスの実質的部分が真空ポンプ 36 を介して真空チャンバ 40 から排出され、再循環される。

超音速ガス 11 と放射エネルギービーム 23 の相互作用に起因して発出された極紫外線 27 の少なくとも一部分が、それによるフォトリソグラフィを容易

にるように収集及び収束用光学器械 29 により収集され集束される。

このように、本発明によると、収集及び集束用光学器械 29 ならびに真空チャンバ 40 内のその他のあらゆる感応性表面の汚染が緩和される。このような汚染が緩和されるのは、ガス 11 の超音速流が全てのガス粒子すなわち分子、原子、イオン、電子などを拡散器 12 内に押込む傾向をもち、したがって真空チャンバ 40 内を自由に浮動し、そのような感応性の物品と接触することのできるこのような粒子の量を実質的に軽減させるからである。

本発明は、プラズマ形成の間に生成されるあらゆる細塵を拡散器内へと、そしてこのようにして収集及び集束用光学器械 29 ならびにフォトリソグラフィシステムの残りの部分から離れるように導く超音速ジェットのガス動特性を活用する。

本発明の効率、生成された極紫外線 27 が通過しなくてはならないガス 11 の量を最小限におさえることによって増強される。当業者であればわかるように、極紫外線は、そこからのその発出が刺激されている希ガスによって容易に吸収され（したがって減衰され）る。したがって、極紫外線 27 がこのようなガスを通して走行しなくてはならない距離を最小限にすることが非常に望ましい。このことは、流出ガス 11 の表面の近くに放射エネルギービーム 23 を位置づけすること、好ましくは、ガス流が比較的狭い横断面積及び比較的高い密度を有する収束-発散ノズル 10 の近くに放射エネルギービーム 23 を位置づけすることによって達成される。

このように、本発明によると、高密度ガス領域は、放射エネルギービームが占有する容積とほぼ同じ容積に制限される。したがって、これにより生成される極紫外線は、刺激された発出が起こる部域を離れた後高密度ガスの実質的部分の中を走行する必要がない。

収束-発散ノズルの高い縦横比という構成は、刺激された極紫外線を減衰させる流出ガスの容積を同時に最小限にしながら、放射エネルギービームとの相互作用のために利用可能な流出ガスの容積を最大にする傾向をもつ。

当業者であればわかるように、流出ガス 11 の速度が高くなればなるほど、真空チャンバの非常に低い圧力によりとり囲まれているガス流、すなわちジェ

ットから発散する又は方向転換するその質量流量は小さくなる。ガスジェットからそれを取り囲む高い真空へと発散するこのような流れはすべて、非常に高い不利な圧力比に対抗して究極的に外へ圧送されなくてはならず、これが、システムの製造及び維持費用を実質的に追加する。されに一層重要なことに、ガスジェットから発散するガスは、収集及び集束用光学器械にとっての潜在的汚染物質となり、また放射エネルギービームとガス流の相互作用により生成される極紫外線にとって望ましくない減衰質量となる。

さらに、流出ガス 11 の運動エネルギーの有意な部分を圧力に変換することによって、コンプレッサ 14 を介してガスの圧力を増大させる必要性が削減され、したがって、より小さな容量でかつより安価なコンプレッサ 14 による作動が容易になる。

ここで図 5 及び 6 を参照すると、図 3 の全体として矩形の同心的ナイフエッジ 33、35 がさらに詳しく示されている。全体として同心の各々のナイフエッジ 33、35 は、好ましくは、本体 37 及び斜面 39 を含んで成る。当業者であればわかるように、拡散器 12 内で増大した圧力の領域を構成し、したがって流出ガス 11 の速度の低下を容易にすると同時にその圧力の増大を容易にする。超音速航空機に関連するソニックブーム衝撃波と性質の類似した衝撃波を生成することが、各々ナイフエッジ 31、33 及び 35 の目的である。

ここで図 8 を参照すると、収束－発散ノズルは任意には、標準的パルス発生器に適合するような大きさ及び形状で特定の作られたキャップ 10a として構成される。したがって、キャップ 10a は、パルス発生器の出口オリフィス内に收容されるように大きさが決定される本体 50 及び出口オリフィス内への本体 50 の挿入を制限するストッパとして機能するフランジ 52 を含んで成る。矩形のボス 54 には、中に矩形開口部 56 がある。ノズルの収束－発散中ぐり 58 は、本体 50、フランジ 52 及びボス 54 の中に連続的に又は同じ広がりをもつ形で形成されている。このような構造のため、特に標準的パルス発生器が利用される場合、収束－発散ノズル 10a の除去及び交換が容易になっている。

ここで図 9 を参照すると、ノズルオリフィスの好ましい横断面プロフィール

が示されている。ノズルは、まず頸部 62 を形成するように横断面積が減少し次にその発散領域 64 を形成するように増大する収束領域 60 を含む。出口平面 66 は、その端部つまりその外部開口部と同一平面内にあるノズルフラッシュの平面である。

ここで図 10 を参照すると、拡散器の横断面図が示されている。本発明によると、拡散器は、入口平面 70 からテーパーがかかり、つまり収束し、その収束部分 72 を構成する。収束部分 72 の終わりで、頸部 74 が形成され、このとき拡散器は、任意には発散つまり横断面積が増大して発散部分 76 を形成し得る。当業者であればわかるように、流出ガス 11 の速度は、収束部分 72 内では減少し、一方その圧力は同時に増大する。

ここで図 11 を参照すると、キセノンの極紫外線源ジェット及び拡散器についての計算上の密度フィールドが示されている。収束-発散ノズル内からのガス 11a は出口平面 66 でそこから退出してガスジェット 11b を形成する。ガスジェット 11b はその入口平面 70 で拡散器内に入る。拡散器 12 内では、その開口部 30 によって構成されるナイフエッジ 31 に起因して、第 1 の斜めの衝撃 80 が形成される。斜めの衝撃 80 は相互作用して、そこから下流のところで垂直衝撃 82 を形成する。流出ガスが拡散器の内部壁と相互作用するにつれて、第 2 の斜めの衝撃 84 が形成される。第 2 の斜めの衝撃 84 は互いに相互作用して垂直衝撃 86 を形成する。第 2 の斜めの衝撃 84 から下流のところに同様の方法で第 3 の斜めの衝撃 88 が形成される。当業者であればわかるように、各々の衝撃は、その内部で流出ガスが減速するような高圧領域を構成する。このようにしてガス流を減速させ、その圧力を増大させるように衝撃を形成するのに複数のナイフエッジを利用し得る。

本明細書に記述され図面に示された極紫外線を生成するための方法及び装置の例が、本発明の現在好ましい実施態様のみを表わすことが理解される。実際、正に、本発明の精神及び範囲から逸脱することなくこのような実施態様に対しさまざまな修正及び追加を加えてもよい。例えば、ノズル及び拡散器のさまざまな大きさ、形状、断面形状などが考えられている。さらに、図示されているような円形以外の放射エネルギービームのさまざまな異なる形態も利用して

もよいことを理解しなければならない。例えば、放射エネルギービーム 23 は場合によっては、楕円形、正方形、矩形、三角形などでありうる。一般的に、放射エネルギービーム 23 は、刺激された極紫外線 27 がその中を通して流れなくてはならないガス 11 の量を最小限にするように、収束-発散ノズル 10 の近くの流出ガス 11 の部分に匹敵する横断面積をもつことが望ましい。さらに本発明による極紫外線を生成するための方法及び装置は、さまざまな異なる利用分野で利用してもよく、フォトリソグラフィの利用分野での使用に制限されるものでないということも理解されなければならない。さらにまた、本発明の一般的方法及び装置は、場合によっては極紫外線以外の電磁放射線の波長を生成するために利用してもよく、したがって極紫外線の生成に制限されるものではないということも理解されなければならない。

このようにこれらの及びその他の修正及び追加は、当業者にとっては明白なものであり得、また、さまざまな異なる利用分野での使用のために本発明を適合させるように実施し得る。

7. 訂正の理由

(1) 訂正の対象1について、

特許請求の範囲第12項ないし第17項において「energy beam」を「エネルギービーム」と訳した箇所を「エネルギービーム」と訂正しました。

(2) 訂正の対象2について、

(i) 英語の「supersonic」は「超音波の」と「超音速の」との訳がありますが、この出願の場合は、「超音速の」の方が適当であると判断致しましたのでそのように訂正しました（特許請求の範囲では「超音速」と訳してあります）。

(ii) 英語の「aspect ratio」は「アスペクト比」よりも「縦横比」の方が適当であると判断致しましたのでそのように補正致しました（特許請求の範囲では「縦横比」と訳してあります）。

(iii) 英語の「converging-diverging」は、「集束一分岐」よりも「収束一発散」の方が適当であると判断致しましたのでそのように補正しました（特許請求の範囲では「収束一発散」と訳してあります）。

(iv) 英語の「vacuum chamber」は、特許請求の範囲で「真空チャンバ」と訳しましたので、「真空室」を「真空チャンバ」と訂正しました。

(v) 英語の「component」は、「コンポーネント」「部品」「素子」などの訳がありますが、特許請求の範囲で「コンポーネント」と訳しましたので、「部品」を「コンポーネント」に訂正しました。

(vi) 英語の「heat exchanger」は、「蓄熱器」ではなく、「熱交換器」ですので、そのように訂正しました（特許請求の範囲では「熱交換器」と訳してあります）。

(vii) 英語の「stagnation pressure」は「よどみ点圧力」と訳するのが普通ですので、「岐点圧」を「よどみ点圧力」と訂正しました。

(viii) なお、日本語の表現が非常に適切でない箇所が多数見受けられま

すので、全文にわたり適切な表現に訂正しました。

1 例として、明細書第 9 頁第 11 行ないし第 20 行

「10 ナノメートルの寸法を有する半導体部品の生産を容易にするための極紫外線のフォトリソグラフィ・システム、そして、本発明のその好適な実施例を表す図 1-11 の図で示す。図 1 に関して、紫外線のフォトリソグラフィ・システムは、一般に、流れるガス 11 の相当な一部を捕らえる拡散器 12 の方の超音波速さで、ガス 11 が流れる集束一分岐しているノズル 10 から成る。集束一分岐しているノズル 10 および、集まっているおよび集束光学 29 および、すなわち、工作物が製造されている循環路チップを一体化したのと、同程度よく、拡散器 12 は、フォトリソグラフィを利用している集積回路製作を容易にするために、一般の真空室 40 内でこのまくりは取り除かれる全部である。」を下記のとおり訂正し、

10 ^{nm 以下の形状} ナノメートルの寸法を有する半導体部品の生産を容易にするための極紫外線のフォトリソグラフィ・システム、^{コンポーネント}そして、本発明のその好適な実施例を表す図 1-11 の図で示す。図 1 に関して、紫外線のフォトリソグラフィ・システムは、一般に、流れるガス 11 の相当な一部を捕らえる拡散器 12 の方の超音波速さで、ガス 11 が流れる集束一分岐しているノズル 10 から成る。集束一分岐しているノズル 10 および、集まっているおよび集束光学 29 および、すなわち、工作物が製造されている循環路チップを一体化したのと、同程度よく、拡散器 12 は、フォトリソグラフィを利用している集積回路製作を容易にするために、一般の真空室 40 内で好ましくは取り除かれる全部である。

（共通）チャンバ内に配置されている

これを清書したのが訂正の内容 2 の第 9 頁第 2 行ないし第 10 行の下記の文章であります。

「本発明の 10 nm 以下の形状寸法を有する半導体コンポーネントの生産を容易にするための極紫外線フォトリソグラフィシステムは、その現在好適な実施態様を描く図 1～11 の中で例示されている。ここで図 1 を参照すると、極紫

外線フォトリソグラフィシステムは一般に、流出ガス 11 の実質的部分を捕捉する拡散器 12 に向かって超音速でガス 11 が流出する収束－発散ノズル 10 を含んで成る。収束－発散ノズル 10 及び拡散器 12 ならびに収集及び集束光学器械 29 及び製造中の加工部材すなわち集積回路チップは全て、好ましくは、フォトリソグラフィを利用した集積回路製造を容易にするように共通の真空チャンバ 40 内に配置されている。」