

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5214031号
(P5214031)

(45) 発行日 平成25年6月19日 (2013. 6. 19)

(24) 登録日 平成25年3月8日 (2013. 3. 8)

(51) Int. Cl.	F I		
H O 1 L 21/027 (2006. 01)	H O 1 L 21/30	5 1 5 D	
G O 3 F 7/20 (2006. 01)	G O 3 F 7/20	5 2 1	
G O 2 B 7/02 (2006. 01)	H O 1 L 21/30	5 O 3 F	
	G O 2 B 7/02	A	
	G O 2 B 7/02	E	
請求項の数 12 (全 9 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願2011-526508 (P2011-526508)	(73) 特許権者	503263355
(86) (22) 出願日	平成21年9月15日 (2009. 9. 15)		カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー
(65) 公表番号	特表2012-503305 (P2012-503305A)		エムペーハー
(43) 公表日	平成24年2月2日 (2012. 2. 2)		ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オーバー
(86) 国際出願番号	PCT/EP2009/061917		コッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
(87) 国際公開番号	W02010/031754		ーセ 2
(87) 国際公開日	平成22年3月25日 (2010. 3. 25)	(74) 代理人	100147485
審査請求日	平成24年9月11日 (2012. 9. 11)		弁理士 杉村 憲司
(31) 優先権主張番号	102008047562.9	(74) 代理人	100134005
(32) 優先日	平成20年9月16日 (2008. 9. 16)		弁理士 澤田 達也
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100147692
早期審査対象出願			弁理士 下地 健一
		(72) 発明者	ピーター クレッシュ
			ドイツ国 7 3 4 4 7 オーバーコッヘン
			ヴァインガルテンシュトラーセ 69
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体リソグラフィのための投影露光装置における振動減衰方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体リソグラフィのための投影露光装置（310）に用いる交換可能なアセンブリ（1）であって、

前記交換可能なアセンブリは、少なくとも1個の減衰素子（2）を備え、前記減衰素子（2）は、弾性要素（21）に連結した質量要素（20）を有することを特徴とする、交換可能なアセンブリ。

【請求項 2】

請求項1に記載の交換可能なアセンブリ（1）であって、前記交換可能なアセンブリ（1）は、さらに、少なくとも1個の光学素子（3）を備えることを特徴とする、交換可能なアセンブリ。

【請求項 3】

請求項1に記載の交換可能なアセンブリ（1）であって、前記減衰素子（2）がせん断運動を行うことができるように、前記弾性要素（21）を前記質量要素（20）に連結したことを特徴とする、交換可能なアセンブリ。

【請求項 4】

請求項1～3のいずれか一項に記載の交換可能なアセンブリ（1）であって、前記質量要素（20）の質量は150g～450gの範囲内であることを特徴とする、交換可能なアセンブリ。

【請求項 5】

10

20

請求項 4 に記載の交換可能なアセンブリ (1) であって、前記質量要素 (20) の質量は、250 g ～ 350 g の範囲内であることを特徴とする、交換可能なアセンブリ。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の交換可能なアセンブリ (1) であって、前記弾性要素 (21) はフッ素エラストマから生成したことを特徴とする、交換可能なアセンブリ。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の交換可能なアセンブリ (1) であって、前記減衰素子 (2) には冷却デバイスを設けたことを特徴とする、交換可能なアセンブリ。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の交換可能なアセンブリ (1) であって、前記冷却デバイスは、ガス冷却手段、液体冷却手段、またはヒートパイプであることを特徴とする、交換可能なアセンブリ。

【請求項 9】

請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の交換可能なアセンブリ (1) であって、前記交換可能なアセンブリ (2) は挿入素子として実施することを特徴とする、交換可能なアセンブリ。

【請求項 10】

請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の交換可能なアセンブリ (1) であって、前記減衰素子 (2) は、周波数が 10 Hz ～ 800 Hz の範囲にある振動を減衰するように設計したことを特徴とする、交換可能なアセンブリ。

【請求項 11】

半導体リソグラフィのための投影露光装置 (310) であって、請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の交換可能なアセンブリ (2) を少なくとも 1 個含んで構成されることを特徴とする、投影露光装置 (310)。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の半導体リソグラフィのための投影露光装置 (310) であって、前記交換可能なアセンブリ (2) は挿入開口部に配置されることを特徴とする、投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、機械的振動を減衰させる複数の光学素子および減衰素子を備える半導体リソグラフィのための投影露光装置、および半導体リソグラフィのための投影露光装置に用いる交換可能なアセンブリに関する。さらに、本発明は、投影露光装置のための測定アセンブリに関する。この場合、上記の機械的振動は、一般に、上記のシステムの光学的結像品質の低下につながるものであり、この場合の品質低下の例としては、例えば、コントラストの低下および完全に十分な品質を有する半導体製品の歩留まり損失等が挙げられる。上記の問題は、特に、次の点において深刻化する。すなわち、半導体リソグラフィのための投影露光装置の動作において用いるプロセスパラメータは、装置の耐用期間中に何回も変更される点である。例えば、露光回数またはレチクルおよびウエハステージの前進速度が変更される。投影対物レンズの動的挙動は、プロセスパラメータの変更に影響されないため、上記のプロセスパラメータに応じて、投影露光装置内の種々の光学素子が励起され、それぞれ固有振動を生じる。その結果、想定されるあらゆる使用パラメータについて、投影露光装置の減衰システムを最初から最適設計することがさらに大幅に困難となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0002】

【特許文献 1】 独国特許出願公開第 100225266 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の目的は、半導体リソグラフィのための投影露光装置における機械的振動の減衰に関して、投影露光装置において想定される使用パラメータに対する適応柔軟性を向上させたデバイスを明示することである。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記の目的は、請求項1に記載の特徴を有する交換可能なアセンブリ、請求項15に記載の特徴を有する半導体リソグラフィのための投影露光装置、および請求項19に記載の特徴を有する測定アセンブリにより達成される。各従属請求項は、本発明の有利な実施形態および変形例に関するものである。

【0005】

本発明による半導体リソグラフィのための投影露光装置は、複数の光学素子および機械的振動を減衰するための減衰素子を有し、少なくとも1個の減衰素子を有して構成した交換可能なアセンブリを備え、交換可能なアセンブリ内に配置した減衰素子は、投影露光装置において機械的振動を減衰させるための唯一の減衰素子とすることができる。交換可能なアセンブリは、12時間未満で交換することができ、特に、約10時間以内に交換することができるよう実施する。この交換期間の前後においては、投影露光装置は完全動作が可能であり、すなわち、上記の交換期間には装置の較正（キャリブレーション）／調整時間も含まれるものである。この場合、この交換可能なアセンブリは、あらかじめ設けた挿入開口部に挿入可能な挿入素子として実施することができ、この構成により、アセンブリを迅速に交換するという要求を有利に実現することができる。この場合、この交換プロセスは、減衰素子を交換することにより行う光学素子の交換、または、アセンブリにあらかじめ設けた、例えば、ねじ穴等のレセプタクルに減衰素子を付加的に導入することにより行う光学素子の交換とは異なるものである。この場合、アセンブリ内において減衰素子を導入または交換すること自体にかかる時間は、通常10分未満であり、多くの場合は約5分以内である。これとは対照的に、挿入開口部に取り付けずに、別のコンポーネント、特に、投影対物レンズ内にねじ留めしたアセンブリの交換には、何日間もかかることがある。原則として、交換可能なアセンブリは、例えば、照射デバイスの内部等、投影露光装置内のほぼあらゆる位置に取り付け可能であるが、好ましくは、投影対物レンズ内に取り付ける。交換可能なアセンブリを照射デバイス内に取り付けた場合の実施形態において、照射デバイスはハウジング部としても実施可能である。

【0006】

減衰素子を交換可能なアセンブリの一部として実施したことで、その結果、変化する使用パラメータへの適応柔軟性を向上させることができるようになる。交換可能なアセンブリ内にその時点で配置されている減衰素子の設計では使用パラメータの所与の集合に対して十分な効果が得られなくなった場合、比較的低コストでこの交換可能なアセンブリを投影対物レンズから取り外すことが可能であり、および、減衰素子を交換すること、またはアセンブリ全体を、適切に設計した減衰素子を有して構成した別のアセンブリと交換することができる。

【0007】

本発明の有利な一実施形態において、交換可能なアセンブリは、さらに、少なくとも1個の光学素子を備える。この場合、交換可能なアセンブリ内に配置した光学素子を、減衰素子に機械的に連結して光学素子の振動を減衰素子により減衰するように構成することができる。代案として、アセンブリは、光学素子および減衰素子を直接機械的に相互作用させることなく、単に空間的に同一のアセンブリ内に配置するように設計することも可能である。すなわち、光学素子および減衰素子を単に空間的に同一のアセンブリ内に配置した場合、減衰素子の主な効果としては、同一のアセンブリ内に配置された光学素子に起こり得る振動を減衰することではなく、投影対物レンズ全体または少なくともそのアセンブリに影響する振動を減衰することとなる。交換可能なアセンブリが光学素子を含むというこ

とは、本発明の有利な一実施形態において、後付け（レトロフィット、retrofitting）解決方法を実現できるということを意味する。この場合、後付け解決方法とは、従来は光学素子を有する交換可能なマウントを受け入れるためだけに設計されてきた対物レンズ内の挿入開口部に、交換可能なアセンブリを挿入可能なように実施することである。このような構成において、本発明による交換可能なアセンブリを用いることで、投影対物レンズに減衰機能性を付加的に後から与えることも可能になる。交換可能なアセンブリは、最初に設けた光学素子をそのまま有しているため、その光学的観点から見た作用に変化はないが、この場合の相違点は、付加的な減衰機能を果たす点である。この場合、投影対物レンズの瞳面領域内における交換可能なアセンブリについて、上記に示した解決方法を用いることが特に有利である

10

【0008】

減衰素子は、パッシブ減衰素子として実施することができる。特に、この減衰素子は、弾性要素に連結した質量要素を有することができる。

【0009】

この場合、減衰素子がせん断運動を行うことができるように弾性要素を質量要素に連結することができる。この場合、せん断運動を行うことの有利な点は、機械振動が散逸されること、すなわち、実質的に熱に変換される点であり、振動の散逸は、減衰素子がせん断振動を行う場合において最も効果的に行われる。

【0010】

質量要素の質量は、150 g～450 gの範囲内、特に、250 g～350 gの範囲内とすることが適切であることがわかった。

20

【0011】

弾性要素は、フッ素エラストマ、特に、フッ素ゴムから生成することができる。ここに挙げた物質の特性は、特に、真空中において高い安定性を有することである。この場合、特に強調すべきは、フッ素エラストマは極めて高いガス放出挙動を呈するという点である。

【0012】

減衰素子をパッシブ減衰素子として実施した場合とは異なり、減衰素子をセンサおよびアクチュエータを有するアクティブ減衰素子としても実施することができる。この場合、センサにより、例えば、減衰しようとするコンポーネントのたわみまたは加速度を検出する。その後、そのたわみまたは加速度に応じて増幅および位相シフトされた、センサからの出力信号を、アクチュエータに再度供給することができる。

30

【0013】

この場合、減衰素子はプランジャーコイルを含むことができる。プランジャーコイルは、この場合、センサおよびアクチュエータの両方として利用可能である。この場合、どちらの用途を選択するかについては、プランジャーコイルの駆動のみを利用して決定することができる。したがって、例えば、プランジャーコイルをセンサとして利用する第1測定周期において、すなわち、プランジャーコイルの出力信号を測定することにより、擾乱振動の周期と振幅を測定することができる。評価ユニットにおいてこの擾乱振動のパラメータを求めた後、続いて、検出した振動を最も効率的に減衰することのできる信号波形を生成することもできる。その後の減衰周期において、すなわち、算出した信号をプランジャーコイルに適用し、プランジャーコイルをアクチュエータとして動作させ、測定した振動を減衰させる。この場合、センサおよび／またはアクチュエータとして必ずしもプランジャーコイルを用いるとは限らない。原則として、上記に概説した方法は、センサおよび／またはアクチュエータとして用いることのできるあらゆるコンポーネントを用いて行うことが可能である。そのようなコンポーネントの例として、圧電素子、渦電流ブレーキ／センサまたは静電容量センサ／アクチュエータを挙げることができる。上記に概説した方法により、コンポーネントの数を節減することができ、このことは、まず第1に、システムの複雑度を低減でき、第2には、減衰素子が占める構造上の空間を減少させることができる。

40

50

【0014】

本発明のさらなる有利な実施形態において、減衰素子を圧電素子として実施することができ、特に、特許文献1に記載の圧電アクチュエータのようなアクチュエータとして実施することができる。この引用文献に開示されるアクチュエータにおいては、アクチュエータ回転子（すなわち、通常、操作対象または位置決め対象のコンポーネントに作用する、アクチュエータの可動部）を、1個またはそれ以上の前進要素（「足部」）により駆動する。この前進要素は、圧電素子として構成され、回転子に直交するものである。この場合、前進要素は、その長手方向と垂直に回転子の方へ向かって移動する。この場合、上記のアクチュエータの動作は、前進要素がアクチュエータ回転子上に留まった状態で行うことができ、回転子が前進要素により移動されて下降、前進、後退することがない。この変形例により、光学素子の位置を操作するために用いることもできるアクチュエータを、代替的な動作モードまたは付加的な動作モードにおいては振動減衰器として用いることが可能になる。この場合に圧電素子を利用することの特に有利な点は、圧電素子の帯域幅が比較的高く、通常0～2000Hzの範囲であることである。

10

【0015】

散逸した機械的エネルギーを除去するため、または減衰素子において機能していると考えられるコンポーネントを冷却するため、減衰素子に冷却デバイスを設けることができ、特に、ガス冷却手段、液体冷却手段、またはヒートパイプを設けることができる。この場合、冷却デバイスの効果により、投影対物レンズの領域から散逸エネルギーを流出させ、対物レンズのコンポーネントの加熱の原因とならないようにする。特に、冷却装置を用いることで、減衰素子の温度を一定に保つ効果が生じ、その結果、減衰素子の機械的特性は、経時的に変化せず、または、ごくわずかしかな変化しない。本発明の簡略化した変形例において、投影対物レンズにおいて汚染防止のために少なくとも用いる浄化ガスを、減衰素子の冷却にも用いることができる。

20

【0016】

周波数が10Hz～800Hzの範囲内の振動を減衰させるように減衰素子を設計した場合に、効率的な減衰効果が得られることができることがわかった。この周波数は、半導体リソグラフィのための投影露光装置の動作中において特に頻繁に発生するものである。

【0017】

減衰素子の固有周波数は、投影対物レンズの固有周波数の約95%とすることができる。

30

【0018】

必要に応じて各減衰素子の変化へ最適に対応するため、有利には、投影対物レンズの振動のパラメータを検出するセンサを少なくとも1個備えた測定アセンブリを設けることができる。この場合、測定アセンブリは、投影対物レンズ内の光学素子に設けた交換開口部に挿入可能なように実施される。本発明の有利な一実施形態において、上記の測定アセンブリは光学素子を備えるが、この光学素子は半導体製造に付随するプロセスにおいて少なくとも設けられるものであり、測定装置が投影対物レンズの光学特性に影響を及ぼさないような方法で設けられる。したがって、現実的な使用条件下で投影対物レンズの振動を記録することができる。その後、求めたパラメータを用いて、対応するプロセスおよびそのプロセスに対応づけられた一般的な振動に対して、パッシブ減衰ユニットまたはアクティブ減衰ユニットを最適に設計する。

40

【0019】

代案または追加として、上記の測定は、装置自体のセンサシステムを用いて、またはウェハ分析に基づいて、行うこともできる。

【0020】

以下、本発明の原理および有利な例示的な実施形態について、図面を参照して説明する。

【図面の簡単な説明】

【0021】

50

【図 1】本発明を用いることのできる半導体リソグラフィのための投影露光装置 310 を示す図である。

【図 2】減衰素子を有して構成した交換可能なアセンブリの概略図である。

【図 3】本発明による交換可能なアセンブリを用いた投影対物レンズの基本概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

図 1 に、本発明を用いることのできる、半導体リソグラフィのための投影露光装置 310 を示す。この場合、図 1 はシステム全体の概観を簡略に示す図であり、本発明そのものを詳細に示すものではない。本装置は、感光性物質でコーティングした基板上に構造を露光する機能を有する。一般に、この基板は主にシリコンで構成され、ウエハ 320 と称する。この基板は、例えば、コンピュータチップ等の半導体部品の製造に用いられるものである。

10

【0023】

この場合、投影露光装置 310 は、基本的に、照射システム 330、構造体を設けたマスクを受け入れて正確に位置決めするデバイス 340、ウエハ 320 上におけるその後の構造を規定するいわゆるレチクル 350、ウエハ 320 を保持し、移動し、および精密に位置決めするデバイス 360、および、結像デバイス、すなわち、投影対物レンズ 370 を備える。投影対物レンズ 370 は、マウント 390 を用いて投影対物レンズ 370 の対物レンズハウジング 6 内に取り付けた複数の光学素子 7 を有して構成される。

20

【0024】

この場合、基本的な機能原則に基づいて、構造体をレチクル 350 内に案内してウエハ 320 上に結像させる。この時の結像は、一般に、縮小結像である。

【0025】

露光を行った後、ウエハ 320 をさらに矢印の方向に移動して、レチクル 350 によりあらかじめ規定された構造を有する複数の個々の領域を、同一のウエハ 320 上で露光するようにする。投影露光装置 310 内でウエハ 320 を段階的に（ステップバイステップで）前進移動させるため、投影露光装置 310 はステッパとも呼ばれることも多い。

【0026】

照射システム 330 により、レチクル 350 をウエハ 320 上に結像するのに必要な投影ビーム 410 として、例えば、光または同様の電磁放射を生成する。この放射源としては、レーザ等を用いることができる。この放射を、照射システム 330 内において、光学素子を用いて成形し、投影ビーム 410 がレチクル 350 に入射する際に、直径、偏光、波面形状等に関して所望の特性を有するようにする。

30

【0027】

既に説明したように、ビーム 410 を用いてレチクル 350 の像を生成し、投影対物レンズ 370 により、この像を対応する縮小倍率でウエハ 320 に転写する。投影対物レンズ 370 は、例えば、レンズ、ミラー、プリズム、終端板等の複数の個々の屈折光学素子、偏向光学素子、および／または反射光学素子 7 を有する。

【0028】

図 2 は、本発明による解決方法の第 1 実施形態の基本図である。図 2 に、半導体リソグラフィのための投影露光装置において用いられる基本マウント 4 を示す。基本マウント 4 は切り欠き部 5 を有し、この切り欠き部 5 内には交換可能なマウント 1 を矢印 11 の方向へ向かって挿入することができる。この場合、交換可能なマウント 1 は、光学素子 3 および減衰素子 2 を有する。減衰素子 2 は、例えば、アクティブ減衰器もしくはパッシブ減衰器、またはその他の減衰器とすることができ、これらの減衰器は、特許文献 1 に記載されるようなシステムにおけるマニピュレータとして実施される。減衰素子 2 は、例えば、ねじ穴を利用して、交換可能なマウント 1 に取り付けることができる。

40

【0029】

図 3 に、半導体リソグラフィのための投影対物レンズの対物レンズハウジング 6 を示す

50

。対物レンズハウジング6は、本例においてレンズとして実施される複数の光学素子7および7'、ならびに光学素子3を有する交換可能なマウント1を挿入する挿入開口部（図3においては図示せず）を備える。交換可能なマウント1は、光学素子3に加え、減衰素子2を有する。この減衰素子は、本例においては、質量要素21および弾性要素22を有して構成したパッシブ減衰素子として実施される。光学素子7'がその固有周波数で矢印8の方向に振動すると、光学素子7'の振動は、連結を介して、さらに対物レンズハウジング6まで規則的に伝達される。その結果、対物レンズハウジング6内に配置したその他のコンポーネント、すなわち、特に、減衰素子2を有する交換可能なマウント1にも同様に光学素子7'の固有周波数と同じ周波数の振動が生じる。この場合、この振動は、減衰素子2内の弾性要素22のせん断運動となり、このせん断運動を矢印9で示す。しかしながら、その他の光学素子7および光学素子3の固有周波数がずれていることにより、マウント1の振動の振幅は、光学素子7'の振動の振幅よりも確実に小さくなる。なぜなら、光学素子7'は、結局はその固有周波数にて振動するからである。それにもかかわらず、光学素子7'の振動は、対物レンズハウジング6および交換可能なマウント1を介して連結した減衰素子2により減衰することができる。この目的のため、減衰素子2の固有周波数は、光学素子7'の固有周波数に応じて選択する必要がある。

10

【0030】

代案として、減衰素子2は、その固有周波数および／または振動方向が、交換可能なマウント1内に配置した光学素子3の固有周波数および／または振動方向と調整されるように、設計することもできる。この構成により、減衰素子2は主に光学素子3の振動を減衰する。

20

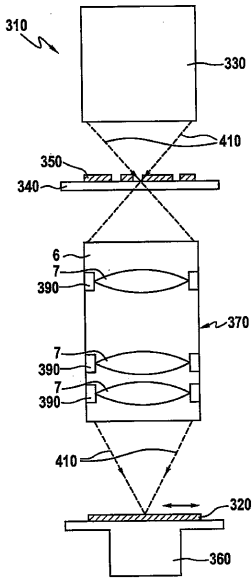
【0031】

図2に示す構成により、投影露光装置の動作中に発生する対応する問題周波数に同調させた多種多様な減衰素子2を備える、ある種のモジュラーシステムを得ることができる。したがって、本発明により、投影露光装置の製造作業中に、特定用途向けの減衰機能を迅速に後付けで組み込むこと（レトロフィット）が可能になる。したがって、個々の目的、装置、または、例えばレチクル速度等のプロセスパラメータに応じて所望の減衰を行うことができ、特に、露光プロセスを変更した後に、例えば、コントラスト損失等のダイナミックレンジ問題が発生した場合に、所望の減衰を行うことができる。この場合、本発明によれば、対物レンズを取り外すことなく、そのような問題を数日のうちに、または、場合によっては、数時間のうちに解決することができる。

30

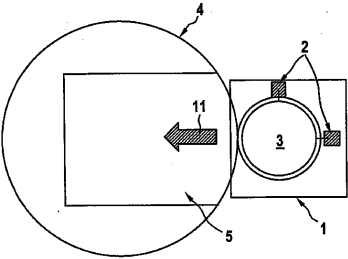
【図 1】

Fig. 1



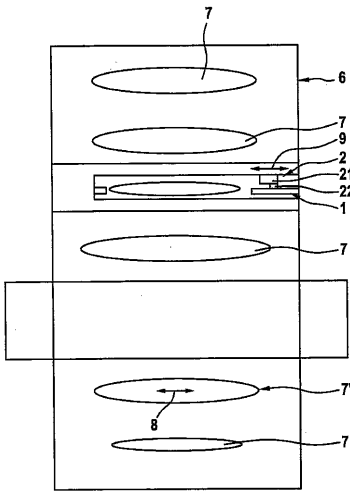
【図 2】

Fig. 2



【図 3】

Fig. 3



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 2 B 7/02 Z

(72)発明者 ミカエル リンゲル
ドイツ国 7 3 4 4 7 オーバーコッヘン ディフェスーシュルーメルーシュトラッセ 1

(72)発明者 マルクス ヴァイス
ドイツ国 7 3 4 3 4 アーレン イム ゾンネンヴィンケル 9

審査官 松岡 智也

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 3 3 4 6 2 1 (J P, A)
再公表特許第 2 0 0 7 / 0 4 0 2 5 4 (J P, A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7
G 0 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4、 9 / 0 0 - 9 / 0 2
F 1 6 F 7 / 0 0