

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-192508

(P2010-192508A)

(43) 公開日 平成22年9月2日(2010.9.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 D	5 C 0 0 1
HO 1 J 37/20 (2006.01)	HO 1 J 37/20 A	5 C 0 3 4
HO 1 J 37/305 (2006.01)	HO 1 J 37/305 B	5 F 0 5 6

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2009-32468 (P2009-32468)
 (22) 出願日 平成21年2月16日 (2009.2.16)

(71) 出願人 504162958
 株式会社ニューフレアテクノロジー
 静岡県沼津市大岡2068番地の3
 (74) 代理人 100120569
 弁理士 大阿久 敦子
 (72) 発明者 東矢 高尚
 静岡県沼津市大岡2068番地の3 株式
 会社ニューフレアテクノロジー内
 Fターム(参考) 5C001 AA03 CC06
 5C034 BB07
 5F056 AA04 CB24 CC05 EA10 EA14

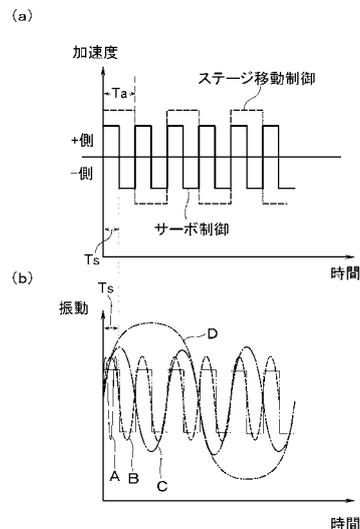
(54) 【発明の名称】 荷電粒子ビーム描画装置及び荷電粒子ビーム描画方法

(57) 【要約】

【課題】サーボ制御により生じる機械振動成分を除去することなく、レーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分を最大限除去することが可能な荷電粒子ビーム描画装置及び荷電粒子ビーム描画方法を提供する。

【解決手段】試料が載置されるステージの位置の測定にレーザ干渉計を用いる。レーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分を除去するフィルタ部のカットオフ周波数を、ステージ移動制御部による制御後のステージ位置を目標位置に近づけるサーボ制御が行われる周期 T_s の逆数 ($1/T_s$) に設定する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水平方向に移動自在なステージと、
 前記ステージの加速度を所定の周期でデジタル制御して、所定の目標位置への前記ステージの移動を制御するステージ移動制御部と、
 前記ステージ移動制御部による制御後の前記ステージの位置を前記目標位置に近づけるように前記ステージを移動させるサーボ制御を所定の周期で実行するサーボ制御部と、
 前記ステージの位置を測定するレーザ干渉計と、
 カットオフ周波数を前記サーボ制御の周期の逆数に設定することで前記レーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分を除去するフィルタ部と、
 前記フィルタ部により前記非線形誤差成分が除去された測定信号に基づいて、前記ステージの位置を検出するステージ位置検出部とを備えたことを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置。

10

【請求項 2】

前記サーボ制御の周期が、前記ステージ移動制御部によるデジタル制御の周期よりも短く設定されたことを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子ビーム描画装置。

【請求項 3】

前記サーボ制御部と、前記ステージ移動制御部とが一体に構成されたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の荷電粒子ビーム描画装置。

【請求項 4】

20

水平方向に移動自在なステージに載置された試料に荷電粒子ビームを照射してパターンを描画する荷電粒子ビーム描画方法において、
 前記ステージの加速度を所定の周期でデジタル制御して、所定の目標位置への前記ステージの移動を制御するステップと、
 前記ステージの移動制御を行った後の前記ステージの位置を前記目標位置に近づけるように前記ステージを移動させるサーボ制御を所定の周期で実行するステップと、
 レーザ干渉計を用いて前記ステージの位置を測定するステップ、
 所定のカットオフ周波数が設定されたフィルタ部を用いて、前記レーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分を除去するステップと、
 前記非線形誤差成分が除去された測定信号に基づいて、ステージ位置を検出するステップと、
 前記カットオフ周波数を前記サーボ制御の周期の逆数に設定するステップとを含むことを特徴とする荷電粒子ビーム描画方法。

30

【請求項 5】

前記サーボ制御の周期を、前記デジタル制御の周期よりも短く設定することを特徴とする請求項 4 記載の荷電粒子ビーム描画方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子ビーム描画装置及び荷電粒子ビーム描画方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの高集積化に伴い、半導体デバイスの回路パターンが微細化されている。半導体デバイスに微細な回路パターンを形成するためには、高精度の原画パターン（即ち、レチクル或いはマスク）が必要となる。高精度の原画パターンを製造するために、優れた解像性を有する電子ビーム描画装置が用いられている。

【0003】

この種の電子ビーム描画装置では、試料が載置されるステージを移動させながら電子ビームを照射して、試料にパターンを描画している。描画位置の精度を高めるには、ステージの位置を精度良く測定する必要がある。ステージの位置測定には、一般にレーザ干渉計

50

が用いられている。このレーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分を除去するために、所定のカットオフ周波数が設定されたデジタルフィルタを備えた描画装置が知られている（例えば、特許文献1参照。）。尚、この特許文献1には、カットオフ周波数の具体的な設定方法が開示されていない。

【0004】

また、描画位置の精度を高めるために、移動制御後のステージの位置を目標位置に近づけるようにステージを移動させる、いわゆるサーボ制御が行われている。

【0005】

ここで、上記非線形誤差成分の周波数は、ステージ速度に比例する。近年の描画パターンの微細化及び高密度化に対応するために、サーボ制御時のステージ速度が遅くされると、レーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分の周波数が低くなる。このような低い周波数の非線形誤差成分を除去するには、デジタルフィルタのカットオフ周波数を低く設定すればよい。

10

【0006】

然し、カットオフ周波数を低く設定すると、非線形誤差成分だけでなく、ステージのサーボ制御により生じる描画装置の機械振動成分も除去されるため、ステージ位置の測定精度の低下を招き、その結果、描画位置精度が低下する。従って、ステージ位置の測定精度を向上させるためには、サーボ制御により生じる機械振動成分を除去することなく、レーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分を最大限除去するように、フィルタ部のカットオフ周波数を設定する必要がある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2007-33281号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の課題は、上記課題に鑑み、サーボ制御により生じる機械振動成分を除去することなく、レーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分を最大限除去することが可能な荷電粒子ビーム描画装置及び荷電粒子ビーム描画方法を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するため、本発明の第1の態様は、水平方向に移動自在なステージと、ステージの加速度を所定の周期でデジタル制御して、所定の目標位置へのステージの移動を制御するステージ移動制御部と、ステージ移動制御部による制御後のステージの位置を目標位置に近づけるようにステージを移動させるサーボ制御を所定の周期で実行するサーボ制御部と、ステージの位置を測定するレーザ干渉計と、カットオフ周波数をサーボ制御の周期の逆数に設定することでレーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分を除去するフィルタ部と、フィルタ部により非線形誤差成分が除去された測定信号に基づいて、ステージの位置を検出するステージ位置検出部とを備えたことを特徴とする。

40

【0010】

この第1の態様において、サーボ制御の周期が、ステージ移動制御部によるデジタル制御の周期よりも短く設定されることが好ましい。

【0011】

この第1の態様において、サーボ制御部とステージ移動制御部とが一体に構成されてもよい。

【0012】

本発明の第2の態様は、水平方向に移動自在なステージに載置された試料に荷電粒子ビームを照射してパターンを描画する荷電粒子ビーム描画方法において、ステージの加速度を所定の周期でデジタル制御して、所定の目標位置へのステージの移動を制御するステッ

50

ブと、ステージの移動制御を行った後のステージの位置を目標位置に近づけるようにステージを移動させるサーボ制御を所定の周期で実行するステップと、レーザ干渉計を用いてステージの位置を測定するステップ、所定のカットオフ周波数が設定されたフィルタ部を用いて、レーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分を除去するステップと、非線形誤差成分が除去された測定信号に基づいて、ステージ位置を検出するステップと、カットオフ周波数をサーボ制御の周期の逆数に設定するステップとを含むことを特徴とする。

【0013】

この第2の態様において、サーボ制御の周期を、デジタル制御の周期よりも短く設定することが好ましい。

【発明の効果】

10

【0014】

本発明によれば、フィルタ部のカットオフ周波数が、サーボ制御の周期の逆数に設定されるため、サーボ制御により生じる機械振動成分を除去することなく、レーザ干渉計の測定信号に含まれる非線形誤差成分を最大限除去することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施形態1において、電子ビーム描画装置の構成を示す概念図である。

【図2】電子線による描画の様子を説明する図である。

【図3】デジタルフィルタに設定されるカットオフ周波数を示す図である。

【図4】本発明の実施形態において、(a)はサーボ制御の周期 T_s を説明する図であり、(b)はサーボ制御により生じる機械振動の波形を示す図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施形態について、詳細に説明する。

【0017】

図1は、本発明の実施形態1において、電子ビーム描画装置の構成を示す概念図である。図1に示す電子ビーム描画装置1は、描画室101と、描画室101の上に配置された電子鏡筒130とを備えている。

【0018】

描画室101内には、試料102であるマスクが載置され、水平方向に移動自在なXYステージ(以下「ステージ」という。)103が収容されている。ステージ103は、X方向(紙面に平行な方向)とY方向(紙面に垂直な方向)に移動する。ステージ103を駆動する駆動部104であるモータは、ステージ移動制御部122により制御される。これにより、所定の目標位置へのステージ103の移動が制御される。

30

【0019】

ステージ103の端部には、ミラー111が取り付けられている。ステージ103の位置は、レーザ干渉計110により測定される。レーザ干渉計110は、レーザを投光する投光部たるレーザヘッド113と、光学系112と、受光部114とを備えている。レーザヘッド113から光学系112を介してミラー111にレーザ光を当てると、ミラー111で反射されたレーザ光が光学系112を介して受光部114により受光される。上記レーザ干渉計110の測定信号は、ステージ位置検出部120に入力される。ステージ位置検出部120は、後述するフィルタ部121を備えており、レーザ干渉計110の測定信号に基づいてステージ103の位置を検出する。

40

【0020】

電子鏡筒130内には、電子銃131、照明レンズ133、矩形の開口を有する第1のアパーチャ134、投影レンズ135、ビーム成形用の偏向器136、第2のアパーチャ137、対物レンズ138及びビーム走査用の偏向器139が設けられている。

【0021】

電子銃131から出た電子線132は、照明レンズ133により第1のアパーチャ134全体を照明する。この第1のアパーチャ134を通過した第1のアパーチャ像の電子線

50

132は、投影レンズ135により第2のアパーチャ137上に投影される。この第2のアパーチャ137上での第1のアパーチャ像の位置は、偏向器136によって制御されるため、ビーム形状と寸法を変化させることができる。第2のアパーチャ137を通過した第2のアパーチャ像の電子線132は、対物レンズ138により焦点を合わせると共に、偏向器139により偏向されて、描画室101内のステージ103上に載置された試料102の所望の位置に照射される。

【0022】

図1に示す電子ビーム描画装置1は、電子ビーム描画装置1の全体的な制御を行う制御計算機200を備えている。制御計算機200は、カットオフ周波数設定部201を備えている。カットオフ周波数設定部201は、フィルタ部121のカットオフ周波数を設定するものである。

10

【0023】

この制御計算機200には、磁気ディスク装置等の記憶装置210、ショットデータ生成部220、偏向制御部230、ステージ位置検出部120、ステージ移動制御部122及びサーボ制御部123が接続されている。記憶装置210には、LSIの描画データが格納されている。この描画データには、図形パターンの形状及び位置が定義されている。

【0024】

制御計算機200は、所望のストライプ領域を描画するために必要な描画データを記憶装置201から読み出し、ショットデータ生成部220に転送する。ショットデータ生成部220は、描画データに定義された図形パターンをショット単位に分割したショットデータを生成する。偏向制御部230は、ショットデータ生成部220により生成されたショットデータに基づいて、ビーム成形用の偏向器136を制御する偏向信号を生成する。この偏向信号は、図示省略する公知のDACアンプユニットによりD/A変換された後に増幅され、偏向器136の電極に印加される。また、偏向器制御部230は、ショットデータに基づいて、ビーム走査用の偏向器139を制御する偏向信号を生成する。この偏向信号は、図示省略する公知のDACアンプによりD/A変換された後に増幅され、偏向器139の電極に印加される。

20

【0025】

図2は、電子線による描画の様子を説明する図である。試料102に描画する場合には、ステージ移動制御部122により制御される駆動部104によりステージ103をX方向に連続移動させながら、偏向器139の偏向幅に応じて短冊状に分割されたストライプ領域102a上に電子線132を照射する。

30

【0026】

ここで、ステージ103のX方向の移動は連続移動とし、同時に電子線132のショット位置もステージ移動に追従させる。連続移動させることで描画時間を短縮することができる。また、パターン密度（即ち、所定領域内のショット数）に応じて、ステージ速度を可変にするステージ可変速描画を行ってもよい。このステージ可変速描画により、更に描画時間を短縮することができる。

【0027】

そして、1つのストライプ領域102aの描画が終了すると、ステージ103を駆動部104によりY方向にステップ送りし、逆向きのX方向に次のストライプ領域102aの描画処理を行なう。これを繰り返すことにより、各ストライプ領域102aが順次描画される。

40

【0028】

次に、上記描画処理におけるステージ位置の検出について説明する。

【0029】

描画位置の精度を高めるためには、ステージ103の位置を精度良く検出する必要がある。ステージ位置の測定には、一般にレーザ干渉計110が用いられる。レーザ干渉計110の測定信号は、ステージ位置検出部120に入力される。

【0030】

50

ここで、ステージ位置検出部 120 により、レーザ干渉計 110 の測定信号に基づいて、ステージ位置を精度良く検出するためには、この測定信号とステージ位置との間に完全な線形関係が成立することが望ましい。然し、実際は、両者間に完全な線形関係が成立しない。これは、レーザ干渉計 110 で用いられるレーザ光中に混在する垂直波と水平波とが互いに干渉することによって測定信号が得られるが、これら垂直波と水平波はレーザ干渉計 110 の光学系 112 で完全に分離されないため、非線形誤差を生じ、その結果、レーザ干渉計 110 の測定信号が非線形誤差成分を含むためである。

【0031】

そこで、ステージ位置検出部 120 により上記測定信号に基づきステージ位置を検出する前に、上記カットオフ周波数設定部 201 により所定のカットオフ周波数が設定されたフィルタ部 121 により、上記測定信号に含まれる非線形誤差成分を除去する。図 3 は、カットオフ周波数 f_c が設定されたフィルタ部 121 のゲイン特性を示している。このフィルタ部 121 によれば、カットオフ周波数 f_c 以上の周波数を有する非線形誤差成分を除去することができる。

10

【0032】

また、描画位置の精度を高めるために、サーボ制御部 123 によりサーボ制御が行われる。つまり、上記ステージ移動制御部 122 による制御後のステージの位置を目標位置に近づけるようにステージ 103 を移動させる制御を行っている。

【0033】

ところで、次式(1)で表されるように、ステージ速度 V_s が変化すると、レーザ干渉計 110 の測定信号に現れる非線形誤差成分の周波数 f_{n1} が変動する。次式(1)によれば、ステージ速度 V_s が遅くなると、非線形誤差成分の周波数 f_{n1} が低くなる。

20

【0034】

$$\left(\lambda / 4 \right) / V_s = 1 / f_{n1} \cdots (1)$$

尚、上式(1)において、「 $\lambda / 4$ 」は、非線形誤差成分が有する空間周波数を表す。例えば、レーザ干渉計 110 で HeNe レーザ光を用いる場合の空間周波数 ($\lambda / 4$) は、632.8 nm である。

【0035】

高密度のパターンを描画する際には、ステージ移動制御部 122 によりステージ速度 V_s が遅くされると共に、サーボ制御部 123 によりステージ速度 V_s が遅くされる場合がある。このようにステージ速度 V_s が遅くされると、レーザ干渉計 110 の測定結果に含まれる非線形誤差成分の周波数 f_{n1} が低くなる。

30

【0036】

このように低い周波数 f_{n1} を有する非線形誤差成分を除去するためには、フィルタ部 121 のカットオフ周波数 f_c を出来るだけ低く設定すればよい。然し、カットオフ周波数 f_c を低く設定すると、ステージ移動制御やサーボ制御に起因する機械振動も除去されるため、ステージ位置の検出精度の低下を招く。

【0037】

そこで、本実施形態では、カットオフ周波数 f_c を、サーボ制御の周期 T_s の逆数 ($1 / T_s$)、すなわち、サーボ周波数 f_s に設定する。以下、この点について、具体的に説明する。

40

【0038】

上記サーボ制御部 123 は、図 4 (a) において実線で示すように、駆動部 104 からステージ 103 に与えるトルクを単位制御周期 T_s でパルス状にデジタル制御している。つまり、サーボ制御時のステージ 103 の加速度を単位制御周期 T_s でパルス状にデジタル制御している。このようなサーボ制御により生じる機械振動波形を図 4 (b) に示す。

【0039】

尚、図 4 (a) には、+ (プラス) 側の加速度の絶対値と - (マイナス) 側の加速度の絶対値が同じであり、加速度が一定にされる時間が常に単位周期 T_s である規則的な制御波形を例示しているが、加速度の絶対値が異なってもよく、加速度が一定にされる時

50

間が単位周期 T_s の自然数倍であってもよい。

【0040】

ここで、図4(b)において細線で示す機械振動A、つまり、サーボ制御の周期 T_s よりも短い周期を有する機械振動Aは生じない。従って、サーボ制御により、その周期 T_s 以上の周期を有する機械振動B、C、Dが生じ得る。このため、フィルタ部121のカットオフ周波数 f_c を周期 T_s の逆数 ($1/T_s$) に設定することで、サーボ制御により生じる機械振動B、C、Dを除去することなく、レーザ干渉計110の測定信号に含まれる非線形誤差成分を最大限除去することができる。

【0041】

ここで、ステージ移動制御部122は、図4(a)において破線で示すように、ステージ103の加速度を単位制御周期 T_a でパルス状にデジタル制御している。このステージ移動制御の周期 T_a がサーボ制御の周期 T_s よりも短く設定されている場合に、フィルタ部121のカットオフ周波数 f_c をサーボ周期 T_s の逆数 ($1/T_s$) に設定すると、ステージ移動制御により生じた機械振動がフィルタ部121により除去される虞がある。例えば、周期 T_a と同じ周期を有する機械振動Bが除去される虞がある。かかる機械振動が除去されると、ステージ位置の検出精度の低下を招く。

10

【0042】

そこで、本実施形態では、図4(a)に示すように、サーボ制御部123によるサーボ制御の周期 T_s を、ステージ移動制御部122によるデジタル制御の周期 T_a よりも短く設定する。これにより、ステージ移動制御122のステージ移動制御により生じる機械振動を除去することがないため、ステージ位置の検出精度の低下を招かない。

20

【0043】

以上説明したように、本実施形態では、フィルタ部121のカットオフ周波数 f_c が、サーボ制御の周期 T_s の逆数 $1/T_s$ (=サーボ周波数 f_s) に設定されるため、サーボ制御に起因する機械振動成分を除去することなく、レーザ干渉計110の測定信号に含まれる非線形誤差成分を最大限除去することができる。そして、このように非線形誤差成分が最大限除去された測定信号に基づいて、ステージ位置検出部120によりステージ位置を精度良く検出することができる。これにより、描画位置精度を向上させることができる。

【0044】

また、本実施形態では、サーボ制御部123によるサーボ制御の周期 T_s をステージ移動制御部122によるデジタル制御の周期 T_a よりも短く設定するため、上記のようにフィルタ部121のカットオフ周波数 f_c をサーボ制御の周期 T_s の逆数に設定しても、ステージ移動制御により生じる機械振動成分を除去することがなく、ステージ位置の検出精度の低下を招かない。

30

【0045】

尚、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々変形して実施することができる。例えば、上記実施の形態では電子ビームを用いたが、本発明はこれに限られるものではなく、イオンビームなどの他の荷電粒子ビームを用いた場合にも適用可能である。

40

【0046】

また、上記実施形態において、ステージ位置検出部120の内部にフィルタ部121を備えているが、ステージ位置検出部120の外部にフィルタ部121を備えるように構成してもよい。

【0047】

また、上記実施形態において、ステージ移動制御部122とサーボ制御部123とを別個に構成しているが、一体化されていてもよい。これにより、装置構成を簡略化することができる。

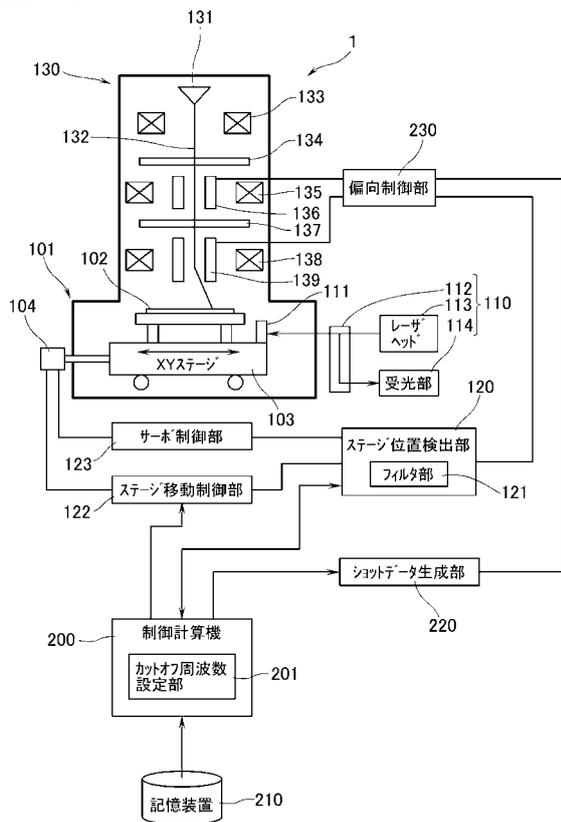
【符号の説明】

【0048】

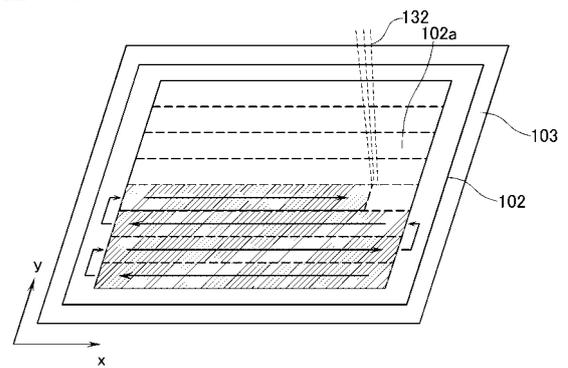
50

- 1 電子ビーム描画装置（荷電粒子ビーム描画装置）
- 102 試料
- 103 ステージ
- 110 レーザ干渉計
- 120 ステージ位置検出部
- 121 フィルタ部
- 122 ステージ移動制御部
- 123 サーボ制御部
- 201 カットオフ周波数設定部

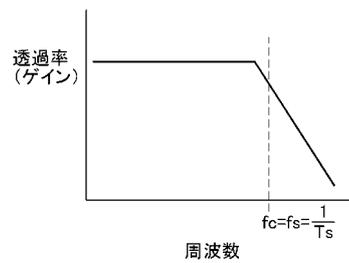
【図1】



【図2】



【図3】



【 図 4 】
(a)

