

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
08. November 2018 (08.11.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/202607 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G02B 21/00 (2006.01) G06F 1/10 (2006.01)
G02B 21/36 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/061008

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. April 2018 (30.04.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 109 456.3
03. Mai 2017 (03.05.2017) DE

(71) Anmelder: CARL ZEISS MICROSCOPY GMBH
[DE/DE]; Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder: LIEDTKE, Mirko; Im Planer 66, 07745 Jena (DE). KÜHM, Andreas; Buchenweg 4, 07774 Dornburg-Camburg (DE). ROSCHER, Burkhard; Sankt-Jakob-Str. 18, 07743 Jena (DE). PRESSER, Nico; Carl-Stamitz-Weg 6, 07743 Jena (DE).

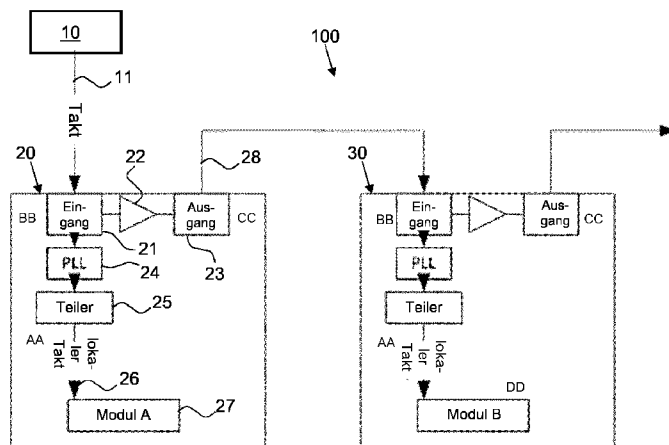
(74) Anwalt: RIDDERBUSCH, Oliver et al.; Prisma IP Patent-anwaltskanzlei, Landshuter Allee 10, 80637 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: MICROSCOPE SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING A MICROSCOPE SYSTEM

(54) Bezeichnung: MIKROSKOPSYSTEM UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES MIKROSKOPSYSTEMS

Fig. 2



11 Clock
BB IN
CC OUT
25 Divider
AA Local clock
27 Module A
DD Module B

(57) Abstract: The invention relates to a microscope system comprising several microscope modules which are interconnected for transmitting data. The microscope system is characterised by a central clock generator, the clock signal being emitted to all microscope modules. The microscope modules are designed to use the clock signal or a clock pulse derived therefrom as internal clock pulses. The invention also relates to a corresponding method for operating said type of microscope system.

(57) Zusammenfassung: Ein Mikroskopsystem umfasst mehrere Mikroskopmodule, welche zur Datenübertragung miteinander verbunden sind. Das Mikroskopsystem ist gekennzeichnet durch einen zentralen Taktgeber, dessen Taktsignal an alle Mikroskopmodule gegeben wird. Die Mikroskopmodule sind dazu eingerichtet, das Taktsignal oder einen hieraus abgeleiteten Takt als internen Takt zu

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Mikroskopsystem und Verfahren zum Betreiben eines Mikroskopsystems

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich in einem ersten Aspekt auf ein Mikroskopsystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In einem zweiten Gesichtspunkt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Mikroskopsystems nach dem Oberbegriff des Anspruchs 15.

10 Ein gattungsgemäßes Mikroskopsystem umfasst mehrere Mikroskopmodule, welche zur Datenübertragung miteinander verbunden sind.

In entsprechender Weise ist bei einem Verfahren zum Betreiben eines Mikroskopsystems vorgesehen, dass das Mikroskopsystem mehrere Mikroskopmodule umfasst, welche untereinander Daten übertragen.

15 Mikroskopsysteme, beispielsweise Laser-Scanning-Mikroskope, sind verteilte Systeme, die mehrere Module (nachstehend Mikroskopmodule) umfassen. Es werden hohe Anforderungen an die Datenübertragung zwischen den Modulen gestellt. Insbesondere soll eine Bandbreite der Übertragung möglichst hoch sein, die Übertragungsqualität soll möglichst gut sein und eine Latenz der Übertragung soll
20 möglichst gering sein.

Bekannte Mikroskopsysteme können die immer weiter steigenden Anforderungen an die Übertragungsrate und die zeitliche Genauigkeit nicht zufriedenstellend erfüllen, insbesondere wenn die verwendbaren Pixeltakte besonders kurz sind.

25 Üblicherweise haben die einzelnen Module einen eigenen Taktgeber. Dieser arbeitet unabhängig von den Taktgebern anderer Module. Für eine Kommunikation zwischen den Modulen wird in der Regel ein Synchronisationssignal genutzt. Empfangen die Module das Synchronisationssignal, so ist dieser Zeitpunkt ausgezeichnet und kann für einen synchronen Ablauf genutzt werden: Beispielsweise kann ein Modul Daten senden, sobald es ein Synchronisationssignal empfängt. Wann ein

Synchronisationssignal eintrifft, kann von einem Modul jedoch nicht vernünftig vorhergesagt werden. Deshalb muss das Modul zu sendende Daten vorbereiten und sodann abwarten, bis ein Synchronisationssignal empfangen wird. Hierdurch entstehen längere ungenutzte Zeiträume.

5 Diese Probleme des Stands der Technik werden mit Bezug auf Fig. 1 näher erläutert. Fig. 1 zeigt entlang der horizontalen Zeitachse t die Dauer 1, welche eine Pixeldauer 1 (englisch: pixel length) kennzeichnet. Die Pixeldauer 1 kann eine Dauer darstellen, innerhalb der das Mikroskopsystem einen Probenpunkt (einen Pixel) aufnehmen soll. Bei einem Scanmikroskop müssen hierfür die Scanspiegel auf den Probenpunkt
10 eingestellt werden. Dazu müssen innerhalb der Pixeldauer die Ansteuerungssignale an den Scanspiegel übertragen werden. Der Startzeitpunkt 0, ab welchem die Pixeldauer beginnt, kann durch ein Synchronisationssignal vorgegeben werden. Ab diesem Zeitpunkt sollten idealerweise die entsprechenden Mikroskopmodule die Ansteuerungssignale für die Scanspiegel erzeugen und an diese weiterleiten. Hierbei
15 entstehen aber Übertragungsverzögerungen und Rechendauern, welche eine Verzögerung 2 bewirken. Nur der nach der Verzögerung 2 verbleibende Teil der Pixeldauer 1 kann für die Signale 3 genutzt werden. Um möglichst schnelle Bildaufnahmen zu erzeugen, sollte die Pixeldauer 1 möglichst kurz sein. Sehr kurze Pixeldauern 1 sind jedoch bisher durch die Verzögerung 2 nicht möglich.

20 Ein herkömmliches Mikroskopsystem wird beispielsweise in DE 10 2011 055 639 B4 beschrieben. Hier wird ein Synchronisator genutzt, der die Daten der verschiedenen Module synchronisiert, wie insbesondere in Absatz [0087] dieser Schrift dargelegt.

Standardschnittstellen zur Datenübertragung werden bei Mikroskopen in der Regel nur bei Einsteigermodellen verwendet. Aber auch herkömmliche, für bestimmte
25 Anwendungen speziell entwickelte Systeme können den immer weiter steigenden Anforderungen nicht gerecht werden. Problematisch ist insbesondere eine Latenz zwischen einem übertragenen Datum und einem Synchronkontakt, da eine gleichzeitige Wirkung oder eine Wirkung zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht gewährleistet werden kann.

30 Als eine **A u f g a b e** der Erfindung kann angesehen werden, ein Mikroskopsystem und ein Verfahren zum Betreiben eines Mikroskopsystems anzugeben, welche

hinsichtlich der Datenübertragung zwischen Komponenten des Mikroskopsystems eine möglichst hohe Qualität und hohe Übertragungsraten ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch das Mikroskopsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 15 gelöst.

- 5 Vorteilhafte Varianten des erfindungsgemäßen Mikroskopsystems und des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und werden außerdem in der folgenden Beschreibung erläutert.

Bei dem Mikroskopsystem der oben genannten Art ist ein zentraler Taktgeber vorhanden, dessen Taktsignal an alle Mikroskopmodule gegeben wird. Die
10 Mikroskopmodule sind dazu eingerichtet, dieses Taktsignal oder einen hieraus abgeleiteten Takt als internen Takt zu verwenden.

Bei dem oben genannten Verfahren sendet erfindungsgemäß ein zentraler Taktgeber ein Taktsignal an alle Mikroskopmodule. Die Mikroskopmodule verwenden sodann das Taktsignal oder einen hieraus abgeleiteten Takt als internen Takt.

- 15 Vorteilhafterweise können somit alle Mikroskopmodule bis auf eine einzelne Schwingungsperiode synchron sein. Hohe Datenübertragungen bei guter Signalqualität werden somit möglich.

Die Mikroskopmodule können dazu eingerichtet sein, auf Basis des internen Takts Daten zu berechnen und berechnete Daten an ein anderes der Mikroskopmodule auf
20 Basis des Taktsignals zu übertragen. Eine Datenkommunikation zwischen den Modulen erfolgt demnach auf Basis eines gemeinsamen Takts, der an diese Module verteilt wird. Ein Mikroskopmodul umfasst elektronische Bauteile, welche auf Basis eines Takts (insbesondere des internen Takts des jeweiligen Mikroskopmoduls) Berechnungen oder Datenverarbeitungen ausführen. Hierbei werden Daten
25 ausgegeben, von denen einige an andere Mikroskopmodule übertragen werden sollen, wobei diese Datenübertragung mit dem gemeinsamen Taktsignal, mit dem alle Mikroskopmodule versorgt werden, oder mit einem hieraus abgeleiteten Takt erfolgt.

Neben elektronischen Bauteilen umfasst jedes Mikroskopmodul auch optische
30 Elemente, die sich je nach Modul unterscheiden. Beispielsweise können bei einem

Laser-Scanning-Modul oder Scanner-Modul die optischen Elemente Scanspiegel umfassen, die über insbesondere Galvanometer bewegt werden. Die elektronischen Bauteile des Scanner-Moduls können beispielsweise fortlaufend Informationen über aktuelle Scanspiegelpositionen verarbeiten, insbesondere können Bewegungsdaten mit jeder Schwingung der Scanspiegel erfasst, verarbeitet und an ein anderes Mikroskopmodul ausgegeben werden. Das Scanner-Modul gibt demnach nicht einfach eine Frequenz aus, mit welcher die Scanspiegel angesteuert werden, sondern präzisere Daten über den Schwingungsverlauf und darüber hinaus fortlaufend aktualisierte Daten, da aufeinanderfolgende Schwingungen von Scanspiegeln in der Regel nicht exakt gleichmäßig sind. Diese Positionsdaten können beispielsweise vom Scanner-Modul fortlaufend während eines Messbetriebs an ein Bildaufnahme-Modul übertragen werden. Dieses kann als optische Elemente zum Beispiel einen oder mehrere Lichtdetektoren oder Kamera(s) mit zugehörigen Linsen oder anderen Elementen umfassen. Als elektronische Bauteile kann das Bildaufnahme-Modul unter anderem einen Analog-Digital-Wandler zum Umwandeln aufgenommener Bilddaten in Digitaldaten sowie eine Recheneinheit zum Verarbeiten der Digitaldaten umfassen.

Scanspiegel lenken einen Beleuchtungslichtstrahl in einer Schleifenbewegung ab, wobei eine Geschwindigkeit der Scanbewegung im Schleifenbereich reduziert ist und auf gerader Strecke größer ist. Bei bekannten Verfahren drohen hieraus Verzerrungen im aufgenommenen Bild, da Analog-Digital-Wandler eines Bildaufnahme-Moduls in der Regel mit fester Abtastfrequenz arbeiten müssen. Typischerweise wird daher nur der lineare Bereich (die gerade Strecke) der Scanbewegung genutzt, während in den Schleifenbereichen keine Bildaufnahme erfolgt oder aufgenommene Bilddaten unberücksichtigt bleiben. Bei US 20150241681 A1 werden beispielsweise nur über die gerade Strecke der Scanbewegung die Beleuchtung eingeschaltet und Bilddaten aufgenommen. Hingegen können durch die erfindungsgemäße Datenübertragung fortlaufend aktualisierte Positionsdaten zur Scanspiegelbewegung erfasst und an das Bildaufnahme-Modul übertragen werden, womit ein wesentlich größerer Anteil der gesamten Schleifenbewegung zur Bildaufnahme genutzt werden kann. Um Bildverzerrungen zu vermeiden, nutzt das Bildaufnahme-Modul die erhaltenen Positionsdaten beispielsweise wie folgt: Der A/D-Wandler wandelt aufgenommene

Bildinformationen mit einer (insbesondere hohen und konstanten) Abtastfrequenz in Digitaldaten um. Anschließend fasst die Recheneinheit des Bildaufnahme-Moduls Digitaldaten von einer variablen Anzahl an Abtastpunkten des A/D-Wandlers zusammen. Die variable Anzahl wird während des Scanbetriebs fortlaufend
5 aktualisiert und verändert, basierend auf den empfangenen Positionsdaten vom Scanner-Modul. Hierdurch werden Bildverzerrungen vermieden. Eine solche Bildverarbeitung wird erst durch eine Synchronisation und eine Übertragung größerer Datenmengen möglich, wozu ein gemeinsames Taktsignal genutzt und während des Scanvorgangs ständig aktualisierte Bewegungsdaten übertragen werden.

10 Ein weiteres Beispiel einer vorteilhaften Datenübertragung zwischen Mikroskopmodulen auf Basis des gemeinsamen Taktsignals wird nachstehend in Bezug auf ein Bildaufnahme-Modul und ein Lichtquellen-Modul oder Laser-Modul beschrieben. In einer Lasersteuerung kann die Lichtintensität hochgefahren werden, wobei eine Ansteuerung möglichst linear sein sollte, das heißt, die Lichtintensität
15 sollte sich möglichst gleichmäßig erhöhen, wenn ein Ansteuerungssignal erhöht wird. Typischerweise verläuft die Laserhelligkeit hierbei jedoch nicht gleichmäßig, weshalb es vorteilhaft sein kann, eine Kalibrierung der Laseransteuerung durchzuführen. Hierbei wird mit dem Bildaufnahme-Modul eine Lichthelligkeit gemessen, während die Laseransteuerung die Laserintensität hochfährt. Die so gewonnenen Daten
20 werden genutzt, um die Laseransteuerung anzupassen. Für eine (insbesondere automatische) Laserkalibrierung kann vorgesehen sein, dass das Bildaufnahme-Modul bereits während den Kalibriermessungen aufgenommene Daten (beispielsweise Helligkeitsdaten) an das Laser-Modul überträgt und das Laser-Modul eine Regelungsschaltung umfasst, welche die empfangenen Daten nutzt, um die
25 momentan ausgegebene Laserintensität anzupassen. So wird eine Regelschleife erzeugt, durch die eine Laserintensität auf einen gewünschten Wert / Sollwert eingestellt wird. Sodann können für die Kalibrierung weitere Beleuchtungshelligkeiten mittels der Regelschleife eingestellt werden. Damit eine solche Regelung in kurzer Zeit erfolgen kann, ist es wiederum wichtig, dass eine Datenübertragung auf Basis
30 eines gemeinsamen Takts zwischen den Modulen erfolgt. Diese Kalibrierung kann allgemeiner für beliebige Lichtquellen-Module erfolgen, welche nicht zwingend als Laser-Modul gestaltet sein müssen.

Vorteile der Erfindung werden nachstehend im Vergleich zu Fig. 1 beschrieben. Bei der herkömmlichen Übertragung gemäß Fig. 1 muss auf ein Synchronisationssignal gewartet werden, welches zu einem für ein Mikroskopmodul unbekannten Zeitpunkt eintrifft. Erst ab diesem Zeitpunkt können Übertragungen und eventuell
5 Berechnungen vorgenommen werden, wodurch eine Verzögerung entsteht, die nicht für die eigentliche Datenübertragung genutzt werden kann, wie im Beispiel von Fig. 1 die Daten zur Scanspiegelansteuerung, die innerhalb der Pixeldauer 1 eintreffen müssen. Die Verzögerung aus Fig. 1 ist zudem mit einem störenden Jitter (das heißt einer Schwankung oder einem Frequenzzittern) behaftet. Ungenutzte Verzögerungen
10 können bei der Erfindung durch den gemeinsamen Takt für alle Mikroskopmodule vermieden werden: Hierdurch können in der Zukunft liegende Zeitpunkte vorhergesagt werden und Abläufe dazu passend durchgeführt werden. So können Berechnungsdauern und Übertragungsverzögerungen berücksichtigt werden, so dass ein Mikroskopmodul beispielsweise die Ansteuerungsdaten für die Scanspiegel
15 hinreichend früh absendet, so dass diese zu Beginn der Pixeldauer 1, und nicht erst nach der Verzögerung 2, am Modul der Scanspiegel eintreffen. Somit erlaubt der zentrale Taktgeber der Erfindung eine schnellere und effizientere Kommunikation zwischen den Mikroskopmodulen.

Mehrere Mikroskopmodule können hintereinander an einem Bus angeordnet sein.
20 Insbesondere dann wird nicht vom zentralen Taktgeber jedes Mikroskopmodul direkt mit dem Taktsignal versorgt. Vielmehr wird das Taktsignal von einem Mikroskopmodul zum nächsten weitergegeben. Zum Weitergeben des Taktsignals können zumindest einige der Mikroskopmodule eine Takteingangsschaltung und eine Taktausgangsschaltung aufweisen. Über die Takteingangsschaltung ist das
25 Taktsignal empfangbar und über die Taktausgangsschaltung ist das Taktsignal, insbesondere in aufbereiteter Form, an ein anderes der Mikroskopmodule ausgeben. Hierzu kann die Takteingangsschaltung dazu eingerichtet sein, das empfangene Taktsignal aufzubereiten und erst dann über die Taktausgangsschaltung auszugeben. Zur Aufbereitung können beispielsweise
30 Verstärker und/oder Filter eingesetzt werden.

Es kann alternativ aber auch vorteilhaft sein, wenn ein Taktsignal ohne eine solche Aufbereitung durchgeleitet wird. Dadurch wird eine Durchlaufzeit des Taktsignals reduziert. Ein Auskoppeln zu den Mikroskopmodulen kann jeweils über einen

Richtkoppler oder einen Leistungsteiler erfolgen. An einem letzten Modul kann bei dieser Ausführung ein Leitungsabschluss vorgesehen sein; ein Richtkoppler ist daher bei einem letzten Mikroskopmodul nur fakultativ vorhanden.

5 Demgemäß kann vorgesehen sein, dass zumindest einige der Mikroskopmodule jeweils eine Kopplungsschaltung umfassen, insbesondere einen Richtkoppler, um einen Signalanteil des Taktsignals in das jeweilige Mikroskopmodul einzukoppeln. Der eingekoppelte Signalanteil kann sodann verstärkt werden und, wie zu den übrigen Ausführungen beschrieben, hinsichtlich seiner Trägerfrequenz oder
10 eincodierter Daten ausgewertet und für einen internen Takt verwendet werden. Ein übriger Anteil des Taktsignals, welcher nicht über den Richtkoppler in das Mikroskopmodul eingekoppelt wird, wird zu den übrigen Mikroskopmodulen geleitet, ohne das Mikroskopmodul zu durchlaufen. Ein Richtkoppler wird vom Taktsignal passiv durchlaufen, womit Leitungsverzögerungen besonders gering sind. Indem ein Verstärker eines Mikroskopmoduls auch nur für die Nutzung intern im Modul
15 verwendet wird und nicht zur Weitergabe an andere Module, sind Verzögerungen in der Leitung des Taktsignals besonders gering.

Die Takteingangsschaltung oder eine andere Schaltung eines Mikroskopmoduls kann zweckmäßigerweise dazu eingerichtet sein, eine Trägerfrequenz des Taktsignals zu extrahieren, insbesondere durch eine Phasenregelschleife (englisch:
20 phase-locked loop, PLL). Beispielsweise kann die Trägerfrequenz über allein die steigenden Flanken oder allein die fallenden Flanken des Taktsignals ermittelt werden.

Das Merkmal, dass ein Mikroskopmodul das Taktsignal als internen Takt verwendet, kann dahin gehend verstanden werden, dass der interne Takt in seiner Frequenz und
25 Phasenlage so angepasst wird, dass er mit der Trägerfrequenz des Taktsignals übereinstimmt. Das Merkmal, dass das Mikroskopmodul einen aus dem Taktsignal abgeleiteten Takt als internen Takt verwendet, kann so verstanden werden, dass der interne Takt auf ein bestimmtes Frequenzverhältnis und insbesondere eine bestimmte Phasenlage relativ zum Taktsignal angepasst wird, beispielsweise auf ein
30 Viertel dieser Frequenz. Die Mikroskopmodule können eigene Taktgeber aufweisen, deren Frequenz und insbesondere auch deren Phase auf die Frequenz und Phase des Taktsignals oder eines hieraus abgeleiteten Takts eingestellt werden.

Vorzugsweise wird das Taktsignal des zentralen Taktgebers nicht nur zur Übermittlung eines einheitlichen Takts für die Kommunikation zwischen den Modulen genutzt. Vielmehr können in das Taktsignal auch Informationen moduliert / encodiert werden. So ist vorzugsweise eine Taktmodulationsschaltung vorhanden und dazu
5 eingerichtet, ein Taktsignal vom zentralen Taktgeber zu modulieren, um eine Information einzucodieren. Das Taktsignal des Taktgebers wird somit moduliert, bevor es an die verschiedenen Mikroskopmodule gesendet wird. Der Taktgeber und die Taktmodulationsschaltung können auch durch eine gemeinsame elektronische Schaltung gebildet sein. Die Takteingangsschaltung oder eine andere Schaltung des
10 Mikroskopmoduls kann nun dazu eingerichtet sein, eine im Taktsignal encodierte Information zu lesen. Bei dieser Information kann es sich um einen beliebigen Datenstrom handeln, z.B. um eine Steuerinformationen für die Mikroskopmodule, etwa einen Reset-Befehl oder einen globalen asynchronen Reset-Befehl, ein Handshake-Signal, einen Alarm oder Start- und Endpunkte eines Modulbetriebs
15 handeln. Vorteilhafterweise können hiermit Daten im Taktsignal übertragen werden, ohne dass die Datenleitungen dazu benutzt werden müssten. Auch Informationen für ein Aussynchronisieren können im Taktsignal kodiert und übertragen werden.

Prinzipiell kann die Modulation des Taktsignals durch eine Amplitudenmodulation erfolgen. Während dies leicht umsetzbar ist, kann dies unter Umständen aber die
20 Qualität beeinflussen. Bei einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Taktmodulationsschaltung dazu eingerichtet, ein Taktsignal zu modulieren, indem die Taktmodulationsschaltung einen Abstand zwischen steigenden Taktflanken moduliert, während sie einen Abstand zwischen fallenden Taktflanken konstant lässt. Alternativ moduliert die Taktmodulationsschaltung einen Abstand zwischen fallenden
25 Taktflanken, während sie einen Abstand zwischen steigenden Taktflanken konstant lässt. Aus den Flanken mit konstantem Abstand kann sodann die Taktfrequenz extrahiert werden, während der variable Flankenabstand eine Information kodiert. Diese Informationsübertragung beeinflusst nicht die Qualität des Takts. Insbesondere kommt es nicht oder kaum zu einem Jitter (einem Frequenzzittern) und ein Rauschen
30 des Taktsignals bleibt unbeeinflusst.

Während der zentrale Takt zur Kommunikation zwischen den Mikroskopmodulen einheitlich ist, kann innerhalb eines Mikroskopmoduls eine andere Taktfrequenz genutzt werden. Insbesondere kann die interne Taktfrequenz eines Mikroskopmoduls

anders sein als die interne Taktfrequenz eines anderen Mikroskopmoduls. Hierzu kann zumindest eines der Mikroskopmodule dazu eingerichtet sein, aus dem empfangenen Taktsignal einen Takt mit anderer Frequenz zu bilden und diesen Takt als lokalen Modultakt, das heißt als interne Taktfrequenz, zu verwenden. So kann das empfangene Taktsignal auf eine niedrigere Frequenz geteilt werden, welche dann als lokaler Modultakt verwendet wird. Dies ist beispielsweise häufig sinnvoll, um preiswerte Komponenten, z.B. FPGA, mit niedrigerer Frequenz zu betreiben. Je nach Art der verwendeten FPGA können die Module mit verschiedenen stark erniedrigten Taktfrequenzen arbeiten. Für Mikroskopmodule mit Hochleistungskomponenten kann hingegen ein höherer lokaler Modultakt erzeugt werden, welcher auch höher sein kann als der zentrale Takt. In anderen Worten können verschiedene Mikroskopmodule dazu eingerichtet sein, aus dem jeweils empfangenen Taktsignal unterschiedliche Takte zu bilden und als jeweiligen lokalen Modultakt zu verwenden. Hierin liegt ein entscheidender Unterschied gegenüber herkömmlichen Mikroskopsystemen.

Es ist besonderes bevorzugt, dass die Taktmodulationsschaltung dazu eingerichtet ist, in das Taktsignal eine Taktzahlinformation zu codieren. Durch die Taktzahlinformation wird ein Takt ausgezeichnet, ab dem die darauffolgenden Takte gezählt werden können. Beispielsweise kann die Taktzahlinformation einen 1. Takt kennzeichnen. Die Module zählen alle hierauf folgenden Takte. Dadurch ist es möglich, dass ein Modul einen für die Zukunft geplanten Vorgang rechtzeitig starten kann. Soll beispielsweise ein Modul einen Steuerbefehl zum 20. Takt absenden und benötigt das Modul für die Berechnung des Steuerbefehls 12 Takte, so beginnt das Modul mit dem Rechenvorgang beim 8. Takt. Dadurch werden wichtige Zeitvorteile erreicht. Hierin liegt ein wesentlicher Unterschied zu einem Synchronisieren gemäß dem Stand der Technik: Dort kann ein Modul nicht vorhersagen, wann es ein Synchronisationssignal empfangen wird und kann daher nicht vorab ermitteln, wann es mit dem Rechenvorgang beginnen soll. Ab einem Synchronisationssignal arbeiten beim Stand der Technik die Module unabhängig weiter, das heißt asynchron; dadurch bietet ein Synchronisationssignal nicht sinnvoll die Möglichkeit, nach beispielsweise 8 Takten einen Rechenvorgang zu starten und dann einen Steuerbefehl auszusenden, den ein anderes Modul zu einem definierten Taktzeitpunkt empfangen würde.

Insbesondere für eine einfache Verkabelung können mehrere Mikroskopmodule in Reihe geschaltet sein. Zum einfacheren Verständnis wird nachstehend ein Beispiel beschrieben, bei dem zumindest ein erstes und ein zweites Mikroskopmodul der mehreren Mikroskopmodule in Reihe verbunden sind. Der zentrale Taktgeber sendet das Taktsignal an das erste Mikroskopmodul. Dieses reicht das Taktsignal an das zweite Mikroskopmodul durch. Dadurch empfangen das erste und das zweite Mikroskopmodul das Taktsignal nicht gleichzeitig, sondern nacheinander mit einem Zeitversatz. Ein solcher Zeitversatz ist für die oben beschriebene Ausführung problematisch, bei der eine Taktzahlinformation übertragen wird, durch welche alle Module einen bestimmten Zeitpunkt (das heißt dieselbe Taktzahl) erkennen können sollen. Beispielsweise kann ein Zeitversatz zwischen dem ersten und zweiten Modul etwa drei Takte betragen. Wenn das zweite Modul nun die Taktzahlinformation, die den 1. Takt angibt, empfängt, hat das erste Modul bereits drei Takte weiter gezählt. Um einen solchen Zeitversatz zu berücksichtigen, können das erste und/oder zweite Mikroskopmodul (einen Datenspeicher umfassen, in dem ein vorbestimmter Zeitversatzwert gespeichert ist, welcher als Maß für den Zeitversatz dient. Der Zeitversatzwert kann vorab berechnet oder gemessen worden sein und ist fest in einem der Module gespeichert. Zur Berücksichtigung des Zeitversatzes können nun das erste und/oder zweite Mikroskopmodul dazu eingerichtet sein, eine der Taktzahlinformation entsprechende Taktzahl um den Zeitversatzwert (oder eine hieraus abgeleitete Größe) zu ändern. In dem oben genannten Beispiel mit einem Zeitversatzwert, der drei Takten entspricht, würde das erste Modul die der Taktzahlinformation entsprechende Taktzahl um drei verringern. Konkret würde sie also beim Empfang der Taktzahlinformation, welche den 1. Takt angibt, hieraus ableiten, dass der -2. Takt vorliegt. Drei Taktschläge später beträgt die Taktzahl bei beiden Modulen eins. Das erste und zweite Modul zählen somit zu jedem Zeitpunkt dieselbe Taktzahl. Wenn ein Modul einen bestimmten Prozess zu einer bestimmten Taktzahl ausführen soll, stimmt vorteilhafterweise die Taktzahl bei allen betroffenen Modulen überein. Soll beispielsweise ein Modul einen Steuerbefehl bei der 50. Taktzahl an ein anderes Modul senden, so entspricht die 50. Taktzahl bei beiden Modulen demselben Zeitpunkt.

Die Taktmodulationsschaltung kann dazu eingerichtet sein, in das Taktsignal einen Reset-Befehl zu codieren. Die Takteingangsschaltungen oder andere Schaltungen

der Mikroskopmodule sind dazu eingerichtet, einen solchen in das Taktsignal codierten Reset-Befehl zu erkennen und daraufhin einen Taktzählerstand oder einen Zustandsautomaten (finiter Zustandsautomat, englisch: state machine oder finite state machine) von diesem Modul zurückzusetzen. Der Takt, zu dem der Reset-Befehl empfangen wird, kann somit auf eine bestimmte Taktzahl, etwa einen 0. oder 1. Takt, zurückgesetzt werden. Vorteilhafterweise kann somit ein gemeinsamer Taktzählerstand für die verschiedenen Mikroskopmodule gewährleistet werden. Bei einem Zustandsautomaten kann sich das Mikroskopmodul in einem von mehreren Zuständen befinden, wobei durch den Reset-Befehl, insbesondere unabhängig vom aktuellen oder von vergangenen Zuständen, ein bestimmter Zustand oder Ursprungszustand eingestellt wird. Ungeachtet dessen können auch andere Befehle mit weiteren Funktionen in das Taktsignal codiert werden.

Bei den Mikroskopmodulen kann es sich prinzipiell um beliebige Komponenten eines Mikroskops mit elektronischen Bauteilen oder um beliebige elektronische Komponenten, die mit einem Mikroskop zusammenwirken, handeln. Zumindest einige der Mikroskopmodule können beispielhaft aus folgender Gruppe an Mikroskopmodulen gewählt sein: ein Laser-Scanning-Modul, ein Spektrometer-Modul, ein Mehrphotonen-Untersuchungsmodul, ein Filtersteuer-Modul, welches zum Beispiel Lichtfilter in einen Strahlengang bringt oder aus diesem entfernt, ein Bildaufnahme-Modul, welches zum Beispiel eine oder mehrere Kameras oder Lichtdetektoren umfassen kann, ein Lichtquellen-Modul zum Aussenden von Licht oder ein Visualisierungsmodul, welches insbesondere einen Bildschirm umfassen kann.

Der zentrale Taktgeber kann auch dazu eingerichtet sein, sein eigenes Taktsignal mit einem Fremdtakt zu synchronisieren. Dies kann nützlich sein, damit das Mikroskopsystem der Erfindung mit anderen Elektronikgeräten synchron zusammenarbeiten kann, welche nicht über das gemeinsame Taktsignal versorgt werden. Hierzu umfasst der zentrale Taktgeber einen Eingang zum Empfangen eines Fremdtakts. Zudem umfasst der zentrale Taktgeber eine Regelschleife, insbesondere eine Phasenregelschleife (englisch: phase-locked loop, PLL), welche das Taktsignal zu dem Fremdtakt anpasst, das heißt in Frequenz und/oder Phase ändert. Erst anschließend wird das Taktsignal an die Mikroskopmodule gesendet. Hierbei muss das Taktsignal nicht auf dieselbe Frequenz wie der Fremdtakt

eingestellt werden, sondern kann auch ein ganzzahliges Vielfaches des Fremdtakts betragen. Viele Messgeräte verwenden einen 10 MHz-Takt. Damit der zentrale Taktgeber zu einem solchen Fremdtakt synchron arbeiten kann, kann er bevorzugt dazu eingerichtet sein, ein Taktsignal mit einer Frequenz zu erzeugen, die 10 MHz oder ein ganzzahliges Vielfaches hiervon beträgt. Durch die Regelschleife wird nun
5 die Phase des Taktsignals an die des 10 MHz-Fremdtakts angepasst und die Frequenz des Taktsignals wird leicht verändert, so dass diese mit dem Fremdtakt oder einem ganzzahligen Vielfachen des Fremdtakts übereinstimmt.

Auch bei Ausführungen ohne Synchronisation zu einem Fremdtakt kann es
10 vorteilhaft sein, wenn der zentrale Taktgeber ein Taktsignal mit 10 MHz erzeugt oder mit einem ganzzahligen Vielfachen, welches sodann auf 10 MHz herunter geteilt wird.

Es kann vorteilhaft sein, wenn das Mikroskopsystem auch mit beliebigen anderen Geräten synchron zusammenarbeiten kann, welche über einen
15 Takteingangsanschluss verfügen. Hierzu kann der zentrale Taktgeber mindestens einen Ausgang zum Anschließen eines Geräts umfassen und dazu eingerichtet sein, das Taktsignal oder einen hieraus abgeleiteten Takt am Ausgang auszugeben. Der Ausgang kann beispielsweise eine Schnittstelle zum Anschließen eines Kabels sein. So können beliebige Mikroskopmodule und andere Geräte variabel angeschlossen
20 werden und von einer synchronen Datenübertragung profitieren. Da zahlreiche Geräte mit einem 10 MHz-Takt arbeiten, kann der zentrale Taktgeber dazu eingerichtet sein, am Ausgang einen 10 MHz-Takt auszugeben. Sofern das Taktsignal eine höhere Frequenz hat (insbesondere ein ganzzahliges Vielfaches von 10 MHz), umfasst der zentrale Taktgeber eine Schaltung, mit der aus dem Taktsignal
25 ein Takt mit 10 MHz gebildet und am Ausgang ausgegeben wird.

Die als zusätzliche Vorrichtungsmerkmale beschriebenen Eigenschaften der Erfindung sind auch als Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens aufzufassen, und umgekehrt. Insbesondere ergeben sich Verfahrensvarianten durch den bestimmungsgemäßen Gebrauch der beschriebenen Eigenschaften des
30 Mikroskopsystems.

Als Taktgeber kann eine prinzipiell beliebige elektronische Schaltung angesehen werden, welche eine Schwingung mit bestimmter, in der Regel konstanter, Frequenz

erzeugt. Die Modulationsschaltung und der Taktgeber können durch eine gemeinsame elektronische Schaltung oder auch räumlich voneinander getrennt gebildet sein.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden nachstehend mit Bezug auf die beigefügten schematischen Figuren beschrieben. Hierin zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer verzögerungsbehafteten Datenübertragung zwischen Modulen eines Mikroskops des Stands der Technik;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Mikroskopsystems;

Fig. 3 eine schematische Darstellung von Taktsignalen zwischen und innerhalb der Mikroskopmodule des Mikroskopsystems aus Fig. 2;

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Mikroskopsystems.

Gleiche und gleich wirkende Bestandteile sind in den Figuren in der Regel mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Mikroskopsystems 100. Dieses umfasst als wesentliche Komponenten mehrere Mikroskopmodule 20, 30 sowie einen zentralen Taktgeber 10.

Die Mikroskopmodule 20, 30 können prinzipiell beliebige Bestandteile eines Lichtmikroskops sein, welche elektronische Bauteile umfassen. Beispielsweise kann das Modul 20 eine Laser-Scanning-Einheit sein und das Modul 30 kann eine Lichtquellen-Einheit sein, welche zum Beispiel mehrere Laser und deren Ansteuerung umfasst.

Die Module 20, 30 kommunizieren untereinander und/oder mit einer zentralen Recheneinheit (nicht dargestellt). Zeitpunkte der Datenkommunikation müssen aufeinander abgestimmt sein. Beispielsweise sollten Scanspiegel eines Moduls und

eine Lichtquelle eines anderen Moduls zeitlich aufeinander abgestimmt angesteuert werden.

Beim Stand der Technik arbeiten diese Module mit voneinander unabhängigen, asynchronen, Taktfrequenzen. In der Zukunft liegende Prozesse können daher zeitlich schwer aufeinander abgestimmt werden. Häufig werden Synchronisationssignale genutzt, die an die Module gesendet werden. Ein Synchronisationssignal kann beispielsweise eine steigende Flanke in einem Signal sein. Empfangen die Module ein Synchronisationssignal, können sie den Zeitpunkt des Empfangs als einen gemeinsam bekannten Zeitpunkt identifizieren. Prozesse können nun gleichzeitig ausgeführt werden. Allerdings können in der Zukunft liegende Prozesse nicht präzise geplant werden, weil ab Empfang des Synchronisationssignals die verschiedenen Module wieder unabhängig voneinander, asynchron, weiterlaufen.

Dies wird bei den Modulen 20, 30 des erfindungsgemäßen Mikroskopsystems 100 vermieden. Dazu wird ein einheitlicher Takt genutzt, der vom zentralen Taktgeber erzeugt wird. Dieser gibt ein Taktsignal 11 aus, welches an alle Mikroskopmodule 20, 30 geleitet wird.

Im dargestellten Beispiel sendet der Taktgeber 10 das Taktsignal 11 an das erste Modul 20, welches das Taktsignal an das zweite Modul 30 weitergibt.

Das Modul 20 umfasst eine Takteingangsschaltung 21, mit welcher ein eingehendes Taktsignal 11 empfangen wird. Über eine Verstärkerschaltung 22, welche auch als Teil der Takteingangsschaltung 21 angesehen werden kann, wird das Taktsignal 11 verstärkt und über eine Taktausgangsschaltung 23 auf eine Leitung 28 zum nächsten Modul 30 ausgegeben.

Von der Takteingangsschaltung 21 wird das Taktsignal 11 zudem an eine Frequenzermittlungsschaltung 24 gegeben, beispielsweise eine Phasenregelschleife 24, welche eine Trägerfrequenz des Taktsignals 11 bestimmt. Die Frequenzermittlungsschaltung 24 kann auch als Teil der Takteingangsschaltung 21 angesehen werden.

Das Modul 20 umfasst weiterhin eine Taktteilungsschaltung 25, welche aus der Trägerfrequenz des Taktsignals 11 einen anderen Takt ableiten kann, beispielsweise

einen Takt mit halber Frequenz der Trägerfrequenz des Taktsignals 11. Dieser abgeleitete Takt wird als interner Takt 26 oder Modultakt 26 für Komponenten 27 des Moduls 20 verwendet. Die Komponenten 27 können beispielsweise FPGA umfassen. Die Taktteilungsschaltung 25 ist so gestaltet, dass ihr ausgegebener Takt 26 für die
5 FPGA dieses Moduls geeignet ist.

Das Modul 30 ist in gleicher Weise wie das Modul 20 gebildet und unterscheidet sich von diesem in der Gestaltung der Komponenten 27. Je nach Art der Komponenten 27 kann die Taktteilungsschaltung des Moduls 30 anders gebildet sein als die Taktteilungsschaltung des Moduls 20, so dass die Module 20, 30 verschiedene
10 interne Takte ausgeben. Diese internen Takte stehen aber in einem bekannten Verhältnis zueinander, weil beide aus demselben Taktsignal 11 des zentralen Taktgebers 10 abgeleitet sind.

Das Taktsignal 11 wird auch zur Datenübertragung genutzt. Dazu ist in das Taktsignal 11 ein Datenstrom moduliert. Dies wird näher mit Bezug auf Fig. 3
15 beschrieben, welche in der obersten Reihe das Taktsignal 11 zeigt. Die zweite Reihe zeigt ein moduliertes Taktsignal 12. Hierbei sind die Zeitpunkte der fallenden Flanken des Taktsignals moduliert, um Informationen zu übertragen. Dargestellt ist ein Fall, in dem die fallende Flanke des ersten Taktschlags auf der linken Figurenseite auf 90% der Zeitdauer zwischen zwei steigenden Flanken verzögert wird. Den Zeitpunkt der
20 fallenden Flanke interpretiert ein Modul 20, 30 als eine Information. Zumindest ist in solchen Informationen eine Taktzahlinformation enthalten, wodurch verschiedene Taktschläge voneinander unterscheidbar sind. Außerdem können durch die Zeitpunkte der fallenden Flanken zusätzliche Information übermittelt werden, etwa Steuerbefehle, beispielsweise als ein Reset-Befehl oder als ein Zurücksetzen des
25 Taktzählerstands auf beispielsweise null.

Die steigenden Flanken haben hingegen im modulierten Taktsignal 12 einen konstanten Zeitabstand, so dass hieraus die Trägerfrequenz oder Grundfrequenz ermittelt werden kann.

Das Signal 13 der dritten Reihe aus Fig. 3 gibt einen aus dem Taktsignal 11 beziehungsweise 12 abgeleiteten Takt an, dessen Frequenz $\frac{1}{4}$ der Frequenz des Taktsignals 11 entspricht. Dies kann beispielsweise der Dauer für die Bildaufnahme eines Pixels entsprechen. Das Signal 14 der nächsten Reihe hat eine um den Faktor
30

128 kleinere Frequenz als das Taktsignal 11. Weil für das dargestellte Beispiel allein der Zeitpunkt einer steigenden Flanke ausgewertet wird (und somit die Dauer des hohen oder niedrigen Pegels nicht relevant ist), wird der hohe Pegel des Signals 14 nicht etwa um den Faktor 128 länger gehalten; allerdings folgt der nächste Zeitpunkt, zu dem zur Informationskodierung entweder eine steigende Flanke oder keine steigende Flanke vorliegt, erst nach 128 Taktschlägen (also nach 128 steigenden Flanken des Taktsignals 11). Das Signal 14 kann beispielsweise die Dauer der Bildaufnahme einer Linie entsprechen. Das Signal 15 der untersten Reihe aus Fig. 3 soll hingegen die Dauer der Bildaufnahme eines gesamten Bildes (englisch: frame) darstellen und kann beispielsweise 65536 Taktschläge betragen. Weil wiederum nur relevant ist, ob eine steigende Flanke vorliegt, und die Dauer eines hohen Pegels nicht relevant ist, wird im dargestellten Beispiel wiederum nur ein kurzer Puls verwendet.

Indem die Zeitdauer eines Prozesses in Takten gezählt werden kann (beispielsweise 65536 Taktschläge für eine Bildaufnahme), kann ein zukünftiger Prozess zeitlich präzise gesteuert werden. Beispielsweise können Änderungsbefehle für die Lichtquelle stets nach 65536 Taktschlägen an das Modul der Lichtquelle abgesandt werden.

Die Erfindung erlaubt daher eine besonders präzise und effiziente Datenkommunikation zwischen verschiedenen Modulen eines Mikroskopsystems.

Eine alternative Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Mikroskopsystems ist in Fig. 4 gezeigt. Die Ausführung ähnelt dem in Fig. 2 dargestellten Mikroskopsystem 100, wobei Komponenten gleicher Funktion übereinstimmende Bezugszeichen haben und die Erläuterung, die bei Fig. 2 hierzu gegeben wurde, auch für das Ausführungsbeispiel von Fig. 4 gilt. Als wesentlicher Unterschied gegenüber Fig. 2 wird bei Fig. 4 ein Taktsignal 11 nicht durch ein Mikroskopmodul 20 hindurch geleitet, um an ein nächstes Mikroskopmodul 30 weitergegeben zu werden. Vielmehr ist eine Leitung für das Taktsignal 11 vorgesehen, von welcher jeweils eine Auskopplung zu den verschiedenen Mikroskopmodulen 20, 30 erfolgt. Die Auskopplung von der Leitung in ein Mikroskopmodul 20 kann durch einen Richtkoppler 21A des jeweiligen Mikroskopmoduls 20 erfolgen. Der Richtkoppler 21A leitet einen Signalanteil des Taktsignals 11 in das jeweilige Mikroskopmodul 20,

während der nicht eingekoppelte restliche Signalanteil des Taktsignals 11 zum nächsten Mikroskopmodul 30 weiterläuft, ohne durch das Mikroskopmodul 20 zu verlaufen. Hierdurch sind Zeitverzögerungen durch die Leitung des Taktsignals 11 geringer. Eine Signalverstärkung des in das Modul 20 gekoppelten Anteils des Taktsignals erfolgt hier durch die Verstärkerschaltung 22 nur für das intern im Mikroskopmodul 20 verwendete Taktsignal und nicht für den zum nächsten Mikroskopmodul 30 geführten Anteil des Taktsignals 11. Das Modul 20 umfasst demnach keine Takteingangs- und Taktausgangsschaltung, kann jedoch ansonsten wie zu Fig. 2 beschrieben gestaltet sein, insbesondere kann es eine Frequenzermittlungsschaltung und die übrigen dort beschriebenen Komponenten umfassen.

Die Leitung für das Taktsignal 11 wird bei dieser Ausführung durch einen Leitungsabschluss 40 terminiert.

Anstelle eines Richtkopplers 21A kann auch ein Multidrop-Bus oder eine Multidrop-Topologie zum Leiten des Taktsignals 11 verwendet werden: Das Taktsignal 11 wird vom zentralen Taktgeber 10 ausgesendet und an mehrere / alle Mikroskopmodule 20, 30, 40, 50 gesendet. In das Taktsignal 11 ist eine Adressierung encodiert, welche ein bestimmtes Mikroskopmodul 20 bezeichnet. Zudem sind mit der Adressierung verknüpfte Daten encodiert. Die Mikroskopmodule 20, 30, 40, 50 empfangen das Taktsignal 11 und lesen die Adressierung, wobei nur das adressierte Mikroskopmodul 20 die encodierten Daten verarbeitet. In dieser Weise kann über das Taktsignal 11 gezielt ein bestimmtes Mikroskopmodul 20, 30, 40, 50 angesteuert werden.

25 Bezugszeichenliste

10	Taktgeber
11	Taktsignal
12	moduliertes Taktsignal
13	abgeleiteter Takt

	14, 15	Signal
	20	Mikroskopmodul
	21	Takteingangsschaltung
	21A	Kopplungseinrichtung, Richtkoppler
5	22	Verstärkerschaltung
	23	Taktausgangsschaltung
	24	Frequenzermittlungsschaltung
	25	Taktteilungsschaltung
	26	lokaler Modultakt
10	27	Komponenten des Moduls
	30, 40, 50	Mikroskopmodule
	100	Mikroskopsystem

PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Mikroskopsystem
mit mehreren Mikroskopmodulen (20, 30), welche zur Datenübertragung
miteinander verbunden sind,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t,
dass ein zentraler Taktgeber (10) vorhanden ist, dessen Taktsignal (11) an
10 alle Mikroskopmodule (20, 30) gegeben wird, und
dass die Mikroskopmodule (20, 30) dazu eingerichtet sind,
- das Taktsignal oder einen hieraus abgeleiteten Takt als internen Takt (26)
zu verwenden,
- auf Basis des internen Takts (26) Daten zu berechnen und
15 - berechnete Daten an ein anderes der Mikroskopmodule (20, 30) auf Basis
des Taktsignals (11) zu übertragen.
2. Mikroskopsystem nach Anspruch 1,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t,
20 dass zum Weitergeben des Taktsignals (11) zumindest einige der
Mikroskopmodule (20, 30) eine Takteingangsschaltung (21) und eine
Taktausgangsschaltung (23) aufweisen, wobei über die
Takteingangsschaltung (21) das Taktsignal (11) empfangbar ist und über die
Taktausgangsschaltung (23) das Taktsignal (11) an ein anderes der
25 Mikroskopmodule (20, 30) ausgebbar ist, oder
dass zumindest einige der Mikroskopmodule (20, 30) jeweils eine
Kopplungseinrichtung (21A) umfassen, insbesondere einen Richtkoppler
(21A), um einen Signalanteil des Taktsignals (11) in das jeweilige
Mikroskopmodul (20) einzukoppeln, wobei ein übriger Signalanteil des
30 Taktsignals (11) nicht durch das Mikroskopmodul (20) sondern zu den übrigen
Mikroskopmodulen (30) geleitet wird.
3. Mikroskopsystem nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Takteingangsschaltung (21) oder eine andere Schaltung eines Mikroskopmoduls (20, 30) dazu eingerichtet ist,

- das empfangene Taktsignal aufzubereiten und erst dann über die Taktausgangsschaltung (23) auszugeben, und / oder
- eine Trägerfrequenz des Taktsignals (11) zu extrahieren, insbesondere durch eine Phasenregelschleife (24).

4. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Taktmodulationsschaltung vorhanden und dazu eingerichtet ist, ein Taktsignal zu modulieren, um eine Information einzucodieren,

dass die Takteingangsschaltung (21) oder eine andere Schaltung des Mikroskopmoduls (20, 30) dazu eingerichtet ist, eine im Taktsignal (11) encodierte Information zu lesen.

5. Mikroskopsystem nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Taktmodulationsschaltung dazu eingerichtet ist, ein Taktsignal zu modulieren, indem

- die Taktmodulationsschaltung einen Abstand zwischen steigenden Taktfanken moduliert, während sie einen Abstand zwischen fallenden Taktfanken konstant lässt, oder
- die Taktmodulationsschaltung einen Abstand zwischen fallenden Taktfanken moduliert, während sie einen Abstand zwischen steigenden Taktfanken konstant lässt.

6. Mikroskopsystem nach Anspruch 4 oder 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Taktmodulationsschaltung dazu eingerichtet ist, in das Taktsignal eine Taktzahlinformation zu codieren.

7. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 4 bis 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Taktmodulationsschaltung dazu eingerichtet ist, in das Taktsignal einen Reset- Befehl zu codieren, und
dass die Takteingangsschaltungen (21) oder andere Schaltungen der
Mikroskopmodule (20, 30) dazu eingerichtet sind, einen in das Taktsignal
codierten Reset-Befehl zu erkennen und daraufhin einen Taktzählerstand oder
einen Zustandsautomaten zurückzusetzen.

8. Mikroskopsystem nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,

dass zumindest ein erstes und ein zweites Mikroskopmodul (20, 30) der
mehreren Mikroskopmodule (20, 30) in Reihe verbunden sind, so dass der
zentrale Taktgeber (10) das Taktsignal an das erste Mikroskopmodul (20)
sendet und dieses das Taktsignal an das zweite Mikroskopmodul (30)
durchreicht, wodurch das erste und zweite Mikroskopmodule (20, 30) das
Taktsignal mit einem Zeitversatz empfangen,
dass das erste und/oder zweite Mikroskopmodul (20, 30) einen Datenspeicher
umfasst, in dem ein vorbestimmter Zeitversatzwert gespeichert ist, welcher als
Maß für den Zeitversatz dient,
dass zur Berücksichtigung des Zeitversatzes das erste und/oder zweite
Mikroskopmodul (20, 30) dazu eingerichtet ist, eine der Taktzahlinformation
entsprechende Taktzahl um den Zeitversatzwert zu ändern.

9. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,

dass zumindest eines der Mikroskopmodule (20, 30) dazu eingerichtet ist, aus
dem empfangenen Taktsignal (11) einen Takt mit anderer Frequenz zu bilden
und diesen Takt als lokalen Modultakt (26) zu verwenden.

10. Mikroskopsystem nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,

dass verschiedene Mikroskopmodule (20, 30) dazu eingerichtet sind, aus dem
jeweils empfangenen Taktsignal (11) unterschiedliche Takte zu bilden und als
jeweiligen lokalen Modultakt zu verwenden.

11. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Mikroskopmodule (20, 30) zumindest ein Scanner-Modul und ein
Bildaufnahme-Modul umfassen,
5 dass das Scanner-Modul mindestens einen Scanspiegel umfasst und dazu
eingerrichtet ist, Positionsdaten über den Scanspiegel fortlaufend während
eines Messbetriebs an das Bildaufnahme-Modul zu übertragen, wobei die
Übertragung auf Basis des Taktsignals (11) erfolgt,
dass das Bildaufnahme-Modul dazu eingerichtet ist, eine
10 Bilddatenverarbeitung während des Messbetriebs in Abhängigkeit der
empfangenen Positionsdaten variabel anzupassen.
12. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass die Mikroskopmodule (20, 30) zumindest ein Bildaufnahme-Modul und
ein Lichtquellen-Modul umfassen, welche zum Ausführen eines Lichtquellen-
Kalibriervorgangs eingerichtet sind, in welchem:
- eine Beleuchtungsintensität des Lichtquellen-Moduls variiert wird,
 - das Bildaufnahme-Modul eine Bildhelligkeit misst und an das Lichtquellen-
20 Modul überträgt, wobei die Übertragung auf Basis des Taktsignals (11)
erfolgt,
 - das Lichtquellen-Modul in einer Regelung unter Berücksichtigung der
empfangenen Bildhelligkeit die ausgegebene Beleuchtungsintensität
anpasst, bis ein Sollwert erreicht ist,
- 25 dass im Kalibriervorgang durch die Regelung gewonnene Einstellungen des
Lichtquellen-Moduls für spätere Messungen genutzt werden.
13. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
30 dass der zentrale Taktgeber (10) einen Eingang zum Empfangen eines
Fremdtakts umfasst,
dass der zentrale Taktgeber (10) eine Regelschleife umfasst, mit welcher das
Taktsignal (11) an den Fremdtakt angepasst wird, ehe es an die
Mikroskopmodule (20, 30) gesendet wird.

14. Mikroskopsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zentrale Taktgeber (10) einen Ausgang zum Anschließen eines
Geräts umfasst und dazu eingerichtet ist, das Taktsignal (11) oder einen
hieraus abgeleiteten Takt am Ausgang auszugeben,
wobei der zentrale Taktgeber (10) insbesondere dazu eingerichtet ist, ein
Taktsignal (11) zu erzeugen, dessen Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches
von 10 MHz beträgt, und eine Schaltung umfasst, mit welcher aus dem
Taktsignal ein 10 MHz-Takt gebildet und an den Ausgang ausgegeben wird.

15. Verfahren zum Betreiben eines Mikroskopsystems
mit mehreren Mikroskopmodulen (20, 30), welche untereinander Daten
übertragen,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein zentraler Taktgeber (10) ein Taktsignal (11) an alle Mikroskopmodule
(20, 30) sendet,
dass die Mikroskopmodule (20, 30)
- das Taktsignal (11) oder einen hieraus abgeleiteten Takt als internen Takt
(26) verwenden,
- auf Basis des internen Takts (26) Daten berechnen und
- berechnete Daten an ein anderes der Mikroskopmodule (20, 30) auf Basis
des Taktsignals (11) übertragen.

1 / 2

Fig. 1

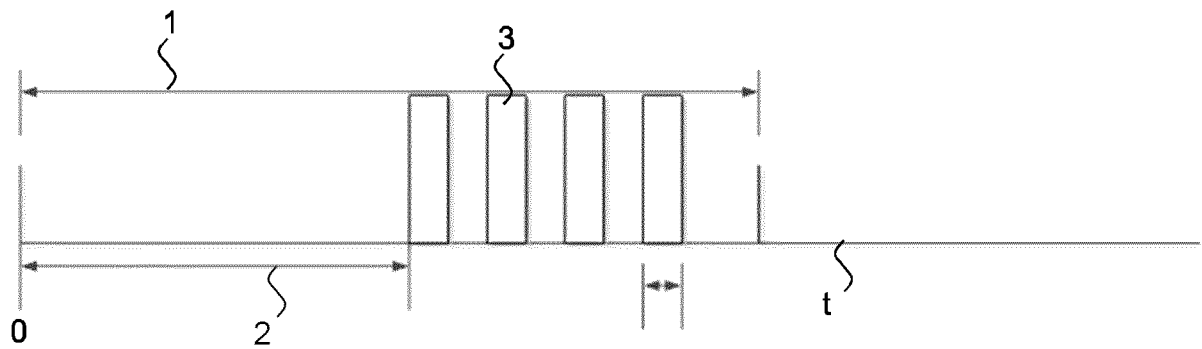


Fig. 2

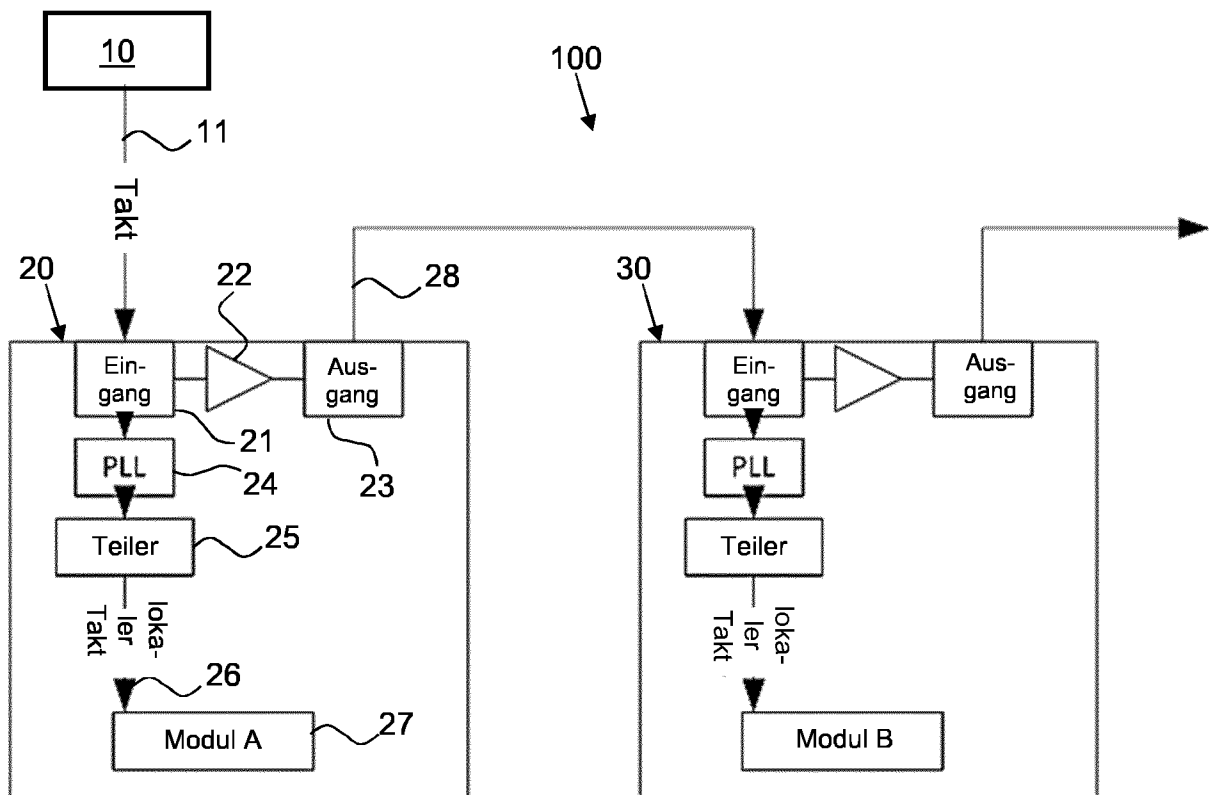


Fig. 3

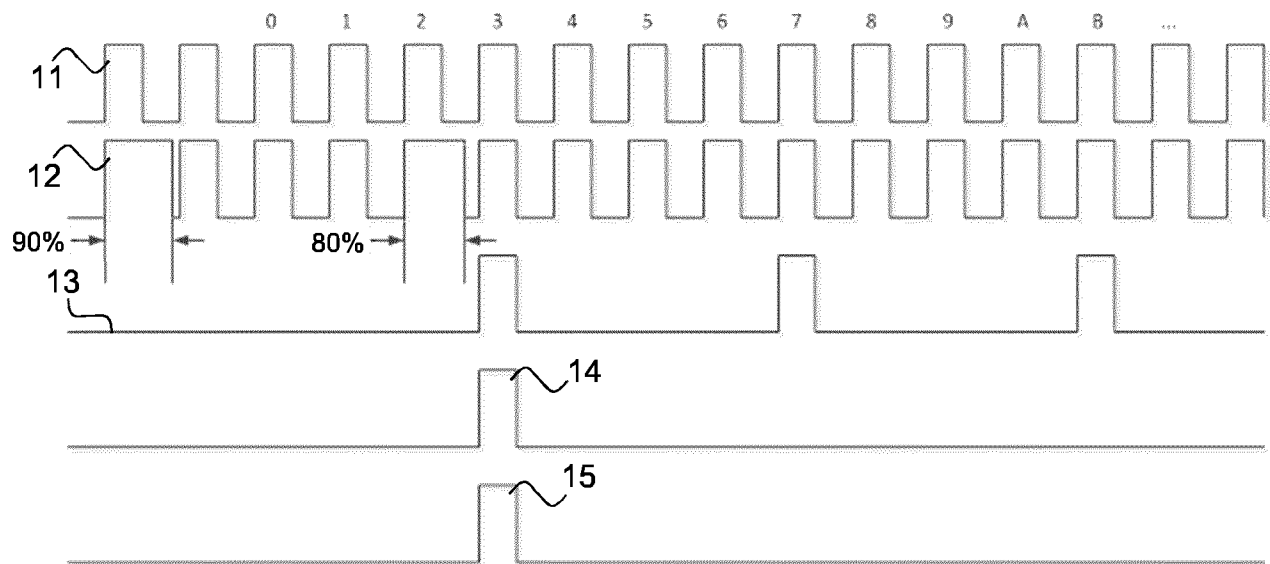
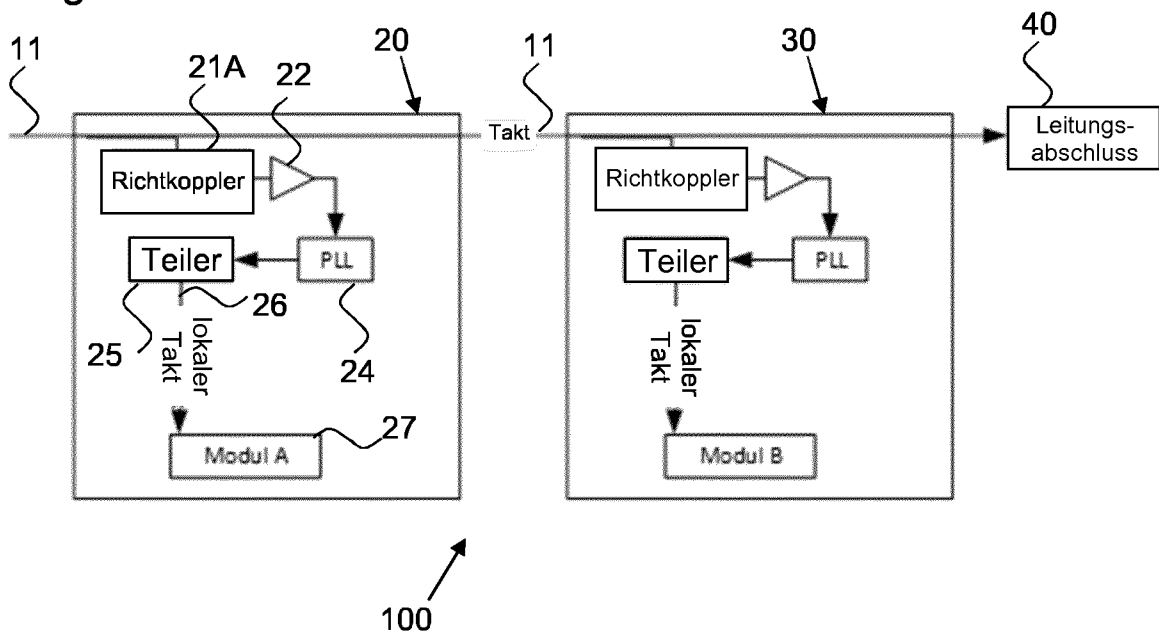


Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/061008**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G02B 21/00**(2006.01)i; **G02B 21/36**(2006.01)i; **G06F 1/10**(2006.01)i

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)

G02B; G06F; G05F

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)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	US 2015241681 A1 (HARA MASAOKI [JP] ET AL) 27 August 2015 (2015-08-27) the whole document	1-3,11-15 4-7,9,10 8
X Y	EP 2665184 A1 (LEICA MICROSYSTEMS [DE]) 20 November 2013 (2013-11-20) the whole document	1,11,14,15 4-7,9,10
X	WO 0215561 A1 (ZEISS CARL JENA GMBH [DE]; HARTMANN THOMAS [DE]; DOERING GERHARD [DE]) 21 February 2002 (2002-02-21) abstract; figure 1	1,15
X	EP 1681589 A1 (OLYMPUS CORP [JP]) 19 July 2006 (2006-07-19) abstract; figure 1	1,15
Y	US 2016179129 A1 (KIM JONGPAL [KR] ET AL) 23 June 2016 (2016-06-23) the whole document	9,10
Y	WO 2006023427 A2 (MICROCHIP TECH INC [US]; KRIS BRYAN [US]) 02 March 2006 (2006-03-02) the whole document	4-7



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 but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 August 2018

Date of mailing of the international search report

27 August 2018

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Windecker, Robert

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/061008

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2015241681	A1	27 August 2015	JP	2015161719	A	07 September 2015
				US	2015241681	A1	27 August 2015
EP	2665184	A1	20 November 2013	CN	103427792	A	04 December 2013
				DE	102012216002	B3	12 September 2013
				EP	2665184	A1	20 November 2013
				JP	5504366	B2	28 May 2014
				JP	2013243665	A	05 December 2013
				US	2013307603	A1	21 November 2013
WO	0215561	A1	21 February 2002	DE	10039248	A1	21 February 2002
				EP	1203486	A1	08 May 2002
				JP	2004507171	A	04 March 2004
				US	2003103249	A1	05 June 2003
				WO	0215561	A1	21 February 2002
EP	1681589	A1	19 July 2006	EP	1681589	A1	19 July 2006
				US	2006157638	A1	20 July 2006
US	2016179129	A1	23 June 2016	KR	20160076874	A	01 July 2016
				US	2016179129	A1	23 June 2016
WO	2006023427	A2	02 March 2006	AT	429073	T	15 May 2009
				CN	101019317	A	15 August 2007
				CN	101777893	A	14 July 2010
				CN	101777894	A	14 July 2010
				CN	101777895	A	14 July 2010
				CN	101777915	A	14 July 2010
				EP	1787391	A2	23 May 2007
				TW	I355143	B	21 December 2011
				TW	201206078	A	01 February 2012
				TW	201206079	A	01 February 2012
				TW	201206080	A	01 February 2012
				TW	201206081	A	01 February 2012
				TW	201206082	A	01 February 2012
				TW	201206083	A	01 February 2012
				US	2006064609	A1	23 March 2006
				US	2008159378	A1	03 July 2008
				US	2008159379	A1	03 July 2008
				US	2008159380	A1	03 July 2008
				US	2008159381	A1	03 July 2008
				US	2008159382	A1	03 July 2008
				US	2008181293	A1	31 July 2008
				WO	2006023427	A2	02 March 2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G02B21/00 G02B21/36 G06F1/10
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G02B G06F G05F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y A	US 2015/241681 A1 (HARA MASAOKI [JP] ET AL) 27. August 2015 (2015-08-27) das ganze Dokument	1-3, 11-15 4-7,9,10 8
X Y	EP 2 665 184 A1 (LEICA MICROSYSTEMS [DE]) 20. November 2013 (2013-11-20) das ganze Dokument	1,11,14, 15 4-7,9,10
X	WO 02/15561 A1 (ZEISS CARL JENA GMBH [DE]; HARTMANN THOMAS [DE]; DOERING GERHARD [DE]) 21. Februar 2002 (2002-02-21) Zusammenfassung; Abbildung 1	1,15
X	EP 1 681 589 A1 (OLYMPUS CORP [JP]) 19. Juli 2006 (2006-07-19) Zusammenfassung; Abbildung 1	1,15
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. August 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/08/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Windecker, Robert

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2016/179129 A1 (KIM JONGPAL [KR] ET AL) 23. Juni 2016 (2016-06-23) das ganze Dokument -----	9,10
Y	WO 2006/023427 A2 (MICROCHIP TECH INC [US]; KRIS BRYAN [US]) 2. März 2006 (2006-03-02) das ganze Dokument -----	4-7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/061008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2015241681	A1	27-08-2015	JP	2015161719 A		07-09-2015
			US	2015241681 A1		27-08-2015

EP 2665184	A1	20-11-2013	CN	103427792 A		04-12-2013
			DE	102012216002 B3		12-09-2013
			EP	2665184 A1		20-11-2013
			JP	5504366 B2		28-05-2014
			JP	2013243665 A		05-12-2013
			US	2013307603 A1		21-11-2013

WO 0215561	A1	21-02-2002	DE	10039248 A1		21-02-2002
			EP	1203486 A1		08-05-2002
			JP	2004507171 A		04-03-2004
			US	2003103249 A1		05-06-2003
			WO	0215561 A1		21-02-2002

EP 1681589	A1	19-07-2006	EP	1681589 A1		19-07-2006
			US	2006157638 A1		20-07-2006

US 2016179129	A1	23-06-2016	KR	20160076874 A		01-07-2016
			US	2016179129 A1		23-06-2016

WO 2006023427	A2	02-03-2006	AT	429073 T		15-05-2009
			CN	101019317 A		15-08-2007
			CN	101777893 A		14-07-2010
			CN	101777894 A		14-07-2010
			CN	101777895 A		14-07-2010
			CN	101777915 A		14-07-2010
			EP	1787391 A2		23-05-2007
			TW	I355143 B		21-12-2011
			TW	201206078 A		01-02-2012
			TW	201206079 A		01-02-2012
			TW	201206080 A		01-02-2012
			TW	201206081 A		01-02-2012
			TW	201206082 A		01-02-2012
			TW	201206083 A		01-02-2012
			US	2006064609 A1		23-03-2006
			US	2008159378 A1		03-07-2008
			US	2008159379 A1		03-07-2008
			US	2008159380 A1		03-07-2008
			US	2008159381 A1		03-07-2008
			US	2008159382 A1		03-07-2008
			US	2008181293 A1		31-07-2008
			WO	2006023427 A2		02-03-2006
