

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

# PATENTCHRIFT



(12) Ausschließungspatent

(11) **DD 285 836 A5**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27. 10. 1983  
in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 01 N 21/00  
G 02 B 21/00

**DEUTSCHES PATENTAMT**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

---

(21) DD G 01 N / 330 429 0 (22) 05.07.89 (44) 03.01.91

---

(71) siehe (73)  
(72) Schöppe, Günter; Geier, Karl-Heinz, Dr., DD  
(73) VEB Carl Zeiss JENA, Carl-Zeiss-Straße 1, Jena, 6900, DD

---

**(54) Verfahren zur geometrieeinvarianten Bilderzeugung**

---

(55) Lichtstrahtermikroskop; Laser; Strahlscanning; Objektscanning; Rückmeldesystem; geometrieeinvariante Bilderzeugung

(57) Verfahren zur geometrieeinvarianten Bilderzeugung in einem Lichtstrahtermikroskop, insbesondere einem Laserrastermikroskop. Die Aufgabe der Realisierung einer koordinaten- und geometrieeinvarianten Bilderzeugung wird erfindungsgemäß gelöst, in dem die Übernahme der Signale eines Empfängers in einen Bildspeicher durch ein Rückmeldesystem, eine Maßstabsverkörperung enthaltend, getaktet wird, welches die tatsächliche Scanposition eines Abtaststrahles auf einem Objekt erfaßt.

ISSN 0433-6461

4 Seiten

### Patentansprüche:

1. Verfahren zur geometrieminvarianten Bilderzeugung in einem Lichtstrahlmikroskop, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Übernahme der Signale eines Empfängers (8) in einen Bildspeicher (12) durch ein Rückmeldesystem, eine Maßstabsverkörperung enthaltend, getaktet wird, welches die tatsächliche Scanposition eines Abtaststrahles auf einem Objekt (17) erfaßt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß für die Abrasterung mit der Strahlscanningmethode das Rückmeldesystem optisch den Tangens der Winkellage der Ablenkelemente (3) und daraus das Taktsignal für die Übernahme der Signale bildet und den Bildspeicher (12) ansteuert.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß für die Abrasterung mit der Objektscanningmethode das Rückmeldesystem mindestens eine Absolutposition der Lage der Scanneinheit in mindestens einer Koordinate erfaßt und daraus das Taktsignal für die Übernahme der Signale bildet und den Bildspeicher ansteuert.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung findet Anwendung an Lichtstrahlmikroskopen, insbesondere an Laserrastermikroskopen.

### Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bei einem Laser-Raster-Mikroskop wird mit einem fokussierten Laserstrahl das Objekt punktwise abgescannt. Das Scannen erfolgt durch Objektscanning, Tischbewegung, oder durch Strahlscanning, wobei vorzugsweise die Strahlableitung mittels bewegbaren Spiegeln realisiert wird. Der Laserstrahl führt eine Wechselwirkung mit dem Objekt aus, z.B. Reflexion, Transmission, Fluoreszenz, Erwärmung, Erzeugung von Photoelektronen usw. Diese Wechselwirkung wird mit einem Empfänger, z.B. SEV, registriert. Im Takte der Abrasterung erfolgt eine Übernahme des Empfängersignales auf einen Bildspeicher, dessen Inhalt auf einem Monitor dargestellt wird. Bekannt ist eine Lösung nach der DE-OS 3037983, Figuren 1-3, bei der die Abtasteinheit (Scanner) von einer Ansteuereinheit angesteuert wird, die zugleich den Videoverstärker synchronisiert, dessen Ausgangssignale zur Darstellung der Probe auf dem Monitor benutzt werden.

Die von der Ansteuereinheit erzeugte Abtastfrequenz synchronisiert also die Bildübernahme. Dieses Verfahren ergibt nur dann richtige Bilder, wenn der Scanner der Ansteuerung synchron folgt und die Bildelemente (Pixel) zeitäquidistant abgetastet werden.

In einer weiteren bekannten Lösung, DE-OS 3422143, steuert eine Synchronisierereinrichtung die Rotation des Polygonspiegels und die Schwenkbewegung des Galvanometerspiegels.

Zugleich steuert die Synchronisierereinrichtung die Speicherung der Ausgangssignale des Photomultipliers in den Bildspeicher. Folgt der Scannerspiegel nicht zeit-, ort- und phasensynchron der Ansteuerung, so entspricht das gespeicherte Bild nicht der wahren Geometrie des Objektes.

A. Liljeborg (Optical Engineering 27 [1988] 818, „Digital position encoding of galvanometer scanner in a laser microscope“) nutzt das analoge Positionssignal eines Galvanometer-Scanners, das von einem kapazitiven Winkelmeßsystem erzeugt wird, wobei das Winkelmeßsystem im Galvanometerschaft integriert ist. Er wandelt das analoge Positionssignal mit einem digitalen Positionscoder um und steuert damit die Übernahme der Photomultipliersignale in den Bildspeicher.

Dieses Verfahren ist in der Lage, äquidistante Positionsinformationen zu liefern, sofern die Charakteristik der Rückmeldung und der D-A-Wandler dafür ausreichend linear ist (bei 512 Pixeln  $\leq 0,02\%$ ) sowie für den angegebenen Wertebereich das Rauschen der beiden zu vergleichenden Signale am Komparatoreingang unter  $2,8\text{mV}_{\text{eff}}$  liegt. Der tatsächliche Abstand der Positionsinformation ist jedoch von einer großen Zahl von Parametern abhängig, die allesamt temperaturempfindlich, teilweise auch - bedingt durch das verwendete Rückmeldesystem - feuchtigkeits- und luftdruckabhängig sind. Es ist daher für Meßzwecke kaum geeignet, da reproduzierbare Messungen hohen zeitlichen und technischen Aufwand erfordern.

Zur geometrietreuen Bildwiedergabe von 512 Bildpunkten ist eine Auflösung von 12 Bit erforderlich. Analoge Systeme mit einem derart großen streng linearen Dynamikumfang sind extrem aufwendig und für kommerzielle Zwecke kaum realisierbar, mit den in den genannten Lösungen verwendeten Mitteln nicht gegeben. Außerdem werden dabei auch Fehler nicht berücksichtigt, die durch geometrische Abweichungen der Phasenlage des Spiegels und nichtlineare Bewegungen entstehen.

### Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist ein Verfahren zur Erzeugung geometrieminvarianten Bilder in Lichtstrahlmikroskopen.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu schaffen, mit dem korrekte, über lange Zeiträume reproduzierbare Informationen über ein Probe in einem Lichtrastermikroskop, insbesondere einem Laserrastermikroskop, gewonnen werden und eine geometrieinvariante Bilderzeugung erfolgt.

Erfindungsgemäß löst die Aufgabe ein Verfahren zur geometrieinvarianten Bilderzeugung in einem Lichtrastermikroskop dadurch, daß die Übernahme der Signale eines Empfängers in einen Bildspeicher durch ein Rückmeldesystem, eine Maßstabsverkörperung enthaltend, getaktet wird, welches die tatsächliche Scanposition eines Abtaststrahles auf einem Objekt erfaßt.

Dabei wird für die Abrasterung mit der Strahlscanningmethode durch das Rückmeldesystem optisch der Tangens der Winkellage der Ablenkelemente erfaßt und daraus das Taktsignal für die Übernahme der Signale gebildet und der Bildspeicher angesteuert.

Für die Abrasterung mit der Objektscannmethode wird durch das Rückmeldesystem mindestens eine Absolutposition der Lage der Scanneinheit in mindestens einer Koordinate erfaßt und aus diesem das Taktsignal für die Übernahme der Signale gebildet und der Bildspeicher angesteuert.

Vorteilhaft wird als Rückmeldesystem für die Erfassung der Winkellage besagter Ablenkelemente eine Anordnung zur Signalerzeugung für die Messung der Winkellage eines kippbaren Spiegels eingesetzt. Für die Erfassung besagter Absolutposition der Lage einer Scanneinheit wird vorzugsweise ein inkrementaler Geber verwendet.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht die koordinaten- und geometrieinvariante Übernahme und Darstellung eines mikroskopischen Bildes, das mit einem Laserrastermikroskop gewonnen wurde und gestattet es, Messungen hoher Genauigkeiten durchzuführen.

Bei Objektscanning ist keine schrittweise Bewegung des Tisches in der „schnellen“ Koordinate mehr nötig, so daß das die Abtastgeschwindigkeit stark beschränkende Problem des Beschleunigens, Bremsens und Positionieren des Tisches entfällt. Er kann in wenigstens einer Koordinate bei diesem Verfahren nach einer im Grunde beliebigen stetigen Zeit-Weg-Funktion bewegt werden, so daß sich die Scanninggeschwindigkeiten bei Objektscanning auch bei großen Objektmassen deutlich erhöhen lassen und der Aufwand für die sonst hochgenauen Antriebsmittel solcher Tische in wenigstens einer Koordinate erheblich reduziert werden kann. Dabei können trotzdem hochgenaue Messungen durchgeführt werden.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines schematisch in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert. Die Zeichnung zeigt stark vereinfacht ein Laserrastermikroskop für Strahl- und Objektscanning.

Ein Laserstrahl 1' wird über ein Linsensystem 2 auf einen oder mehrere Umlenkspiegel 3 abgebildet und über ein Linsensystem 4 auf ein Objekt 17 fokussiert, das sich auf einem Objektisch 5 befindet. Über ein Linsensystem 6 und eine Blende 7 trifft der Laserstrahl 1' auf einen Empfänger 8, wo er in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Das elektrische Signal liegt am Eingang eines Bildspeichers 12 an.

Im Falle des Strahlscannings schwingen die Umlenkspiegel 3.

Das optische Rückmeldesystem besteht erfindungsgemäß aus einer Lichtquelle 9, zu der noch weitere optische Elemente gehören können, und der Auswerteeinheit 10. Der Lichtstrahl 11 der Lichtquelle 9 wird am Spiegel 3 reflektiert und von der Auswerteeinheit 10 erfaßt. Die Bauelemente 9, 10, 11 bilden eine optische Winkelmeßeinrichtung, z. B. die nach dem DD-WP GC1 D/317760.2 beschriebene „Anordnung zur Signalerzeugung für die Messung der Winkellage eines kippbaren Spiegels“. Die Auswerteeinheit 10 liefert an den Bildspeicher 12 den Taktimpuls zur Übernahme der Empfängersignale 8 in den Bildspeicher 12.

Für das zweidimensionale Scannen in x- und y-Richtung werden zwei schwingende Umlenkspiegel 3 und zwei optische Rückmeldesysteme benötigt, die an Hand der Ist-Position der Spiegel 3 den Pixel-, Zeilen- und Bildtakt liefern. Die koordinatengetreue Wiedergabe auf einem Bildschirm erfolgt durch Auslesen des Bildspeichers 12 mit dem Informationsinhalt Koordinate und Empfängersignal auf den Monitor 13.

Beim Objektscanning sind mit dem Objektisch 5 Wegmeßsysteme 14 und 15, vorzugsweise inkrementale translatorische Geber gekoppelt, die zusammen mit der Bewertungseinrichtung 16 die Ist-Position des Objektisches 5 messen. Die Bewertungseinrichtung 16 liefert den Takt zur Übernahme der Empfängersignale in den Bildspeicher 12.

