



Die Qualität planoptischer Komponenten sichern

Neues Messverfahren für die Prismenfertigung

.....

Eine neue Erweiterung für die Messung an geschliffenen Prismenflächen für die GONIOMAT-Produktreihe soll reproduzierbare und wiederholbare Messergebnisse liefern sowie das Ansprennen und/oder Anpolieren von Prismen während der prozessbegleitenden Prüfung überflüssig machen. Damit wird den Optikerstellern eine Lösung offeriert, die den steigenden Anforderungen an die Genauigkeit von planoptischen Komponenten Rechnung trägt.

.....

Tobias Maier-Plucinski, Michael Dahl

Goniometer werden zur optischen Vermessung von Prismen, Polygonen und Keilen eingesetzt. Hierbei wird bei modernen Systemen ein elektronischer Autokollimator zum berührungslosen Antasten der einzelnen zu vermessenden Prüflingsflächen sowie ein manueller oder motorisierter Rundtisch zur Ermittlung des Drehwinkels beim Drehen von ei-

ner Prüflingsfläche zur nächsten verwendet. Die Messwerte des Autokollimators sowie des Drehgebers/Winkelencoders werden miteinander verrechnet und protokolliert. Grundvoraussetzung für die Vermessung in Autokollimation bei senkrechtem Einfall ist, dass die Oberflächenrauheit der zu messenden Fläche um den Faktor 5 kleiner ist als die verwendete Mess-

wellenlänge des Autokollimators. Ist dies nicht der Fall, erfolgt keine gerichtete, sondern eine stark diffuse Reflexion und das Autokollimationsbild ist nicht mehr sichtbar oder auswertbar. Bei Verwendung einer Beleuchtungswellenlänge von 640 nm sollte die Oberflächenrauheit R_q der reflektierenden Prüflingsfläche weniger als 130 nm betragen. Da sich die Rauheit von feinge-

läppten Flächen eher im μm -Bereich bewegt, müssten Autokollimatoren verwendet werden, die im MIR-Bereich arbeiten. Diese Lösung ist in der Messpraxis kaum zu realisieren. Somit kann das Messverfahren entweder erst nach Abschluss des Polierprozesses der Prüflingsflächen oder während des Schleifprozesses durch Anpolieren von Teilflächen oder durch hilfsweises Ansprennen von planparallel polierten Prüfstücken an die Prüfflächen genutzt werden. Abhängig vom Herstellungs- und Prüfprozess kann dies zu verlängerten Durchlaufzeiten oder erhöhtem Ausschuss

MAT-Produktreihe soll unabhängig von der Erfahrung des Mitarbeiters reproduzierbare und wiederholbare Messergebnisse liefern sowie das Ansprennen und/oder Anpolieren von Prismen während der prozessbegleitenden Prüfung überflüssig machen. Damit wird den Optikherstellern eine Lösung offeriert, die den steigenden Anforderungen an die Genauigkeit von planoptischen Komponenten Rechnung trägt und die Wettbewerbsfähigkeit für die Zukunft sichert. Zusätzlich soll das Messsystem durch iterative Prüfungen während des Feinschliff- und des Polierprozesses lang-

Ähnlich verhält es sich bei der Betrachtung von geschliffenen Flächen unter einem großen Einfallswinkel. Hier wird die Oberflächenrauheit und somit auch die auftretende diffuse Streuung der geschliffenen Flächen winkelabhängig reduziert. Dadurch wirkt die Oberfläche „glatter“ und der Anteil der gerichteten Reflexion wird dementsprechend erhöht. Dies ermöglicht die Projektion des Kollimationsbildes in den Autokollimator respektive in das Fernrohr. Mit diesem goniometrischen Aufbau sind die Flächenwinkel des feingeschliffenen Prismas direkt messbar.

Bei der Evaluierung des Systems konnten so zum Beispiel Prismen, die mit einer F-60 oder W1 Körnung bearbeitet wurden und eine Rauheit R_q von $1\ \mu\text{m}$ aufweisen, bei einem Einfallswinkel von 85° zum Lot noch gemessen werden. Nachfolgend sind die Evaluierungsergebnisse des Messprinzips für den GONIOMAT M5 mit der zugehörigen Messerweiterung für geschliffene Prismen zusammengefasst:

- Die Messung von Prismen ab $50\ \text{mm}^2$ Flächengröße bei $R_q = 1,0\ \mu\text{m}$ ist möglich.
- Die Messung von Prismen ab $9\ \text{mm}^2$ Flächengröße bei $R_q \leq 0,61\ \mu\text{m}$ ist möglich.
- Eine Messgenauigkeit im Bereich von $6,5''$ für schnelle Einzelmessungen wurde bei einer Glaswürfelgröße von $15 \times 15 \times 15\ \text{mm}$ verifiziert.
- Eine Messgenauigkeit im Bereich von $3,5''$ ist bei optimaler Positionierung und Reihemessung einer Glaswürfelgröße von $15 \times 15 \times 15\ \text{mm}$ möglich.
- Die erreichbare Messgenauigkeit für das System bis zu einer Prismenflächengröße von $3 \times 3\ \text{mm}$ kann mit $\pm 10,0''$ spezifiziert werden. >>>

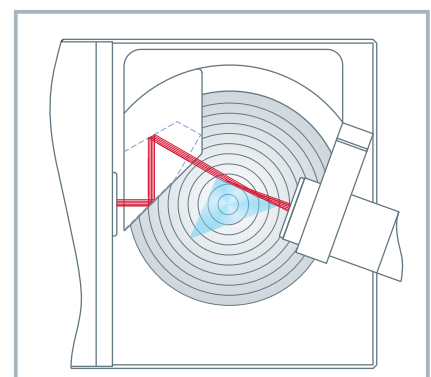


Bild 2. Skizzierte Darstellung des Messprinzips.

©Möller-Wedel Optical GmbH

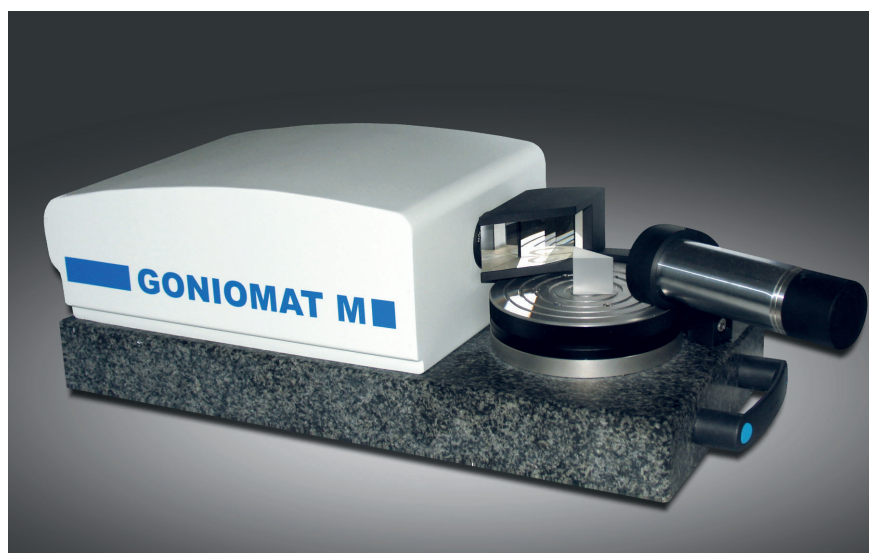


Bild 1. Das Messsystem GONIOMAT soll durch iterative Prüfungen während des Feinschliff- und des Polierprozesses langfristig zu einer Prozessoptimierung und Qualitätsverbesserung beitragen.

© Möller-Wedel Optical GmbH

führen. Messungen an Prüflingsflächen, die nicht poliert werden sollen, sind nur mit erhöhtem Aufwand durchführbar. Ein Praxisbeispiel hierfür ist die Pyramidalfehlerbestimmung der polierten Prismenflächen zur nicht polierten Basisfläche bei kleinen Prismen. Hier kann schon ein Staubkorn die indirekte Pyramidalfehlerbestimmung über Eintritts- und Austrittsfläche und die daraus berechnete Verkippung zwischen optischer und mechanischer Achse des kleinen Prismas stark beeinflussen. Zur Minimierung des Fehlers müssen die Prismen sehr genau auf einer Dreipunktaufgabe positioniert werden. Dies ist zum einen sehr aufwendig und zum anderen ist die Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit der Messung von den Fertigkeiten des Mitarbeiters abhängig. Die zum Patent angemeldete Erweiterung für die Messung an geschliffenen Prismenflächen für die GONIO-

fristig zu einer Prozessoptimierung und Qualitätsverbesserung beitragen.

Das Messprinzip

Das neue Messverfahren für die Produktreihe GONIOMAT-M nutzt den Autokollimator des Goniometers als Fernrohr und verwendet zur Beleuchtung einen zusätzlichen Kollimator. Dadurch werden die Strahlengänge voneinander separiert und der Einfallswinkel kann für die Aufgabenstellung optimiert und ein Messaufbau in „streifender Reflexion“ (großer Einfallswinkel an den zu prüfenden Flächen) realisiert werden. Dabei tritt der Effekt der „projizierten“ Rauheit auf. Diesen Effekt kann man gut bei Betrachtung einer zerkratzten Autokarosserie nachvollziehen. Scheint die Abendsonne in einem schrägen Winkel auf die Karosserie, erscheint diese glatter und scheinbar sind keine Kratzer vorhanden.

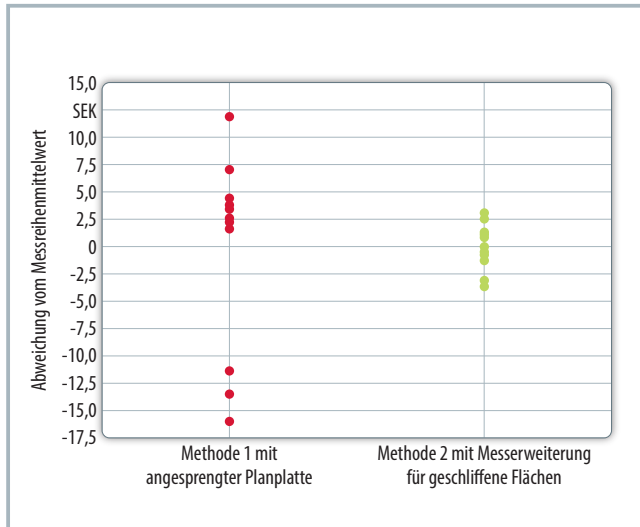


Bild 3. Vergleich der Streuung der Messwerte um den jeweiligen Mittelwert der Messreihen zwischen den beiden Methoden. Es wurde jeweils der 90° Winkel eines Kubus mit einer polierten und einer geschliffenen Fläche gemessen.

Quelle: Möller-Wedel Optical GmbH © Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG

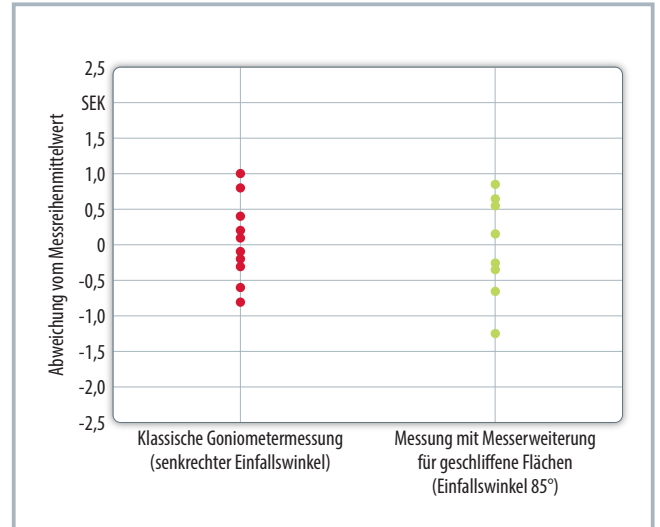


Bild 4. Vergleich der Streuung der Messwerte um den jeweiligen Mittelwert der Messreihen zwischen den beiden Methoden. Es wurde jeweils der 180° Winkel der gegenüberliegenden polierten Flächen des Kubus gemessen.

Quelle: Möller-Wedel Optical GmbH © Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG

- Die maximale Prismengröße bzw. der Durchmesser des Prüflings für die Messerweiterung beträgt 58 mm.

Die Vergleichsmessung

Zur Verdeutlichung der erreichbaren Reproduzierbarkeit werden Beispielmessungen an einem Kubus mit jeweils zwei gegenüberliegenden geschliffenen und polierten Flächen mit einer Flächengröße von 15x15 mm durchgeführt. Diese Konstellation erlaubt, zwei Untersuchungen am selben Prüfling durchzuführen und hiermit die Reproduzierbarkeit und die erreichbare Messgenauigkeit des Messverfahrens aufzuzeigen.

Bei der ersten Messung werden anhand einer 90° Winkelmessung zwischen einer polierten und einer geschliffenen Fläche die Reproduzierbarkeit zwischen dem Verfahren mit einer angesprengten Planparallelplatte mit einem Keilwinkelfehler von 5" (Methode 1) und der Messung mit der Erweiterung für geschliffene Flächen (Methode 2) bestimmt. Es werden jeweils 12 Messungen durchgeführt. Bei jeder Messung wird der Kubus neu auf dem Messsystem positioniert. Im Fall der Methode 1 wird auch die Planparallelplatte jedes Mal neu angesprengt. Für eine bessere Vergleichbarkeit wird die Streuung der einzelnen Messungen mit dem jeweiligen Mittelwert der Messreihen verglichen. Hierbei wird deutlich, dass durch die kleinere Standardabweichung und die geringere Streuung der Messwerte die Messerweiterung eine nahezu viermal bessere Reproduzierbarkeit gegenüber dem klassischen Ansprengverfahren aufweist.

Es ist davon auszugehen, dass ein erfahrener Anwender eine bessere Reproduzierbarkeit erzielen kann. Allerdings ist bei der Messung nach Methode 1 nur an einer Fläche eine Planplatte immer wieder angesprengt worden. Bei einer Winkelmessung an einem feingeschliffenen Prisma müssen normalerweise mindestens zwei Planplatten angesprengt werden, dadurch könnte sich die Reproduzierbarkeit noch verschlechtern. Außerdem zeigt die Diffe-

renz von circa 16,5" zwischen den beiden ermittelten Mittelwerten, dass die große Streuung der Messwerte sowie der Keilfehler von 5" das Messergebnis der Methode 1 verfälschen können. Die erreichbare Messgenauigkeit nach Methode 2 ist jedoch von der Oberflächenrauheit und Prüflingsgröße abhängig. Die geringere Streuung der Messwerte lässt aber darauf schließen, dass diese Methode wahrscheinlich die geringere Abweichung vom tatsächlichen 90° Winkelwert bei gleichzeitiger Zeitersparnis aufweist.

Zur Überprüfung der erreichbaren Messgenauigkeit wird bei der zweiten Messung das klassische Messverfahren mit senkrechtem Einfall eines Goniometers mit Methode 2 (mit Messerweiterung für geschliffene Flächen) bei einer 180° Winkelmessung an zwei gegenüberliegenden polierten Flächen des Kubus verglichen. Hierdurch wird gewährleistet, dass beide Messverfahren die Flächen direkt messen können und durch den Wegfall der Einflussgröße der Rauheit auf die Messunsicherheit der direkte Vergleich der maximal erreichbaren Messgenauigkeiten der Messverfahren ermöglicht wird.

Die Streuung der Messergebnisse um den jeweiligen Mittelwert zeigt, dass es nahezu keinen Unterschied zwischen der klassischen Messung und der Messung mit Methode 2 gibt. Sowohl die Mittelwerte mit 0° 0' 0,9" bei der klassischen Messung mit senkrechtem Einfall und 0° 0' 2,6" bei

INFORMATION & SERVICE

AUTOREN

Tobias Maier-Plucinski, M.Sc., ist Produktmanager Marketing & Sales bei der MÖLLER-WEDEL OPTICAL GmbH.

Dipl.-Ing. (FH) Michael Dahl ist Entwicklungsleiter bei der MÖLLER-WEDEL OPTICAL GmbH.

UNTERNEHMEN

Die MÖLLER-WEDEL OPTICAL GmbH konzentriert sich auf die Entwicklung, den Bau und Vertrieb von hochgenauen optischen Prüfgeräten für die Optikindustrie und den Maschinenbau.

KONTAKT

MÖLLER-WEDEL OPTICAL GmbH
T 04103 93776-10
www.moeller-wedel-optical.com

Methode 2 als auch die Standardabweichungen mit 0,5“ und 0,7“ liegen innerhalb der spezifizierten Messgenauigkeit des GONIOMAT M5 von $\pm 2,5$ “.

Die Untersuchungen zeigen das enorme Potential der Messerweiterung. Zum einen ist die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse an feingeschliffenen Flächen unabhängig von den verwendeten Planparallelplatten und der Erfahrung des Anwenders. Zum anderen sind abhängig von Rauheit und Prüflingsgröße Messgenauigkeiten erreichbar, die an eine klassische Messung von polierten Prismen heranreichen.

Zusammenfassung

Die Erweiterung für die GONIOMAT-M-Produktreihe bietet dem Anwender die Möglichkeit, geschliffene Prismenflächen mit einer kleinstmöglichen messbaren Größe von circa 3x3 mm und mit einer garantierten Messgenauigkeit von ± 10 “ reproduzierbar, wiederholbar und unabhängig von der Erfahrung des Anwenders oder der Qualität des Prüfstücks (z.B. einer planparallelen Platte) zu messen. Durch entsprechend angepasste Prüfprozesse, Mehrfachmessungen des Prüflings sowie einer optimalen Prüflingsjustierung in Abhängigkeit von der Oberflächenrauheit und Prüflingsgröße

kannte, wie in den Evaluierungsergebnissen angedeutet, eine Messgenauigkeit mit dem System erreicht werden, die an das klassische Messverfahren heranreicht. Ebenfalls bietet das System interessante neue Messmöglichkeiten wie zum Beispiel die direkte Pyramidalfehlermessung der geschliffenen Basisfläche zu den entsprechenden polierten Prismenflächen. All dies bietet Planoptikerherstellern ein enormes Potential für die Fertigungsprozessoptimierung bei Prismen mit hohen Genauigkeitsanforderungen und damit Zeit und Kosten bei der Prismenfertigung einzusparen. ■

Erweiterte Tiefenschärfe-Mikroskopie

Der Hersteller Zeiss und Vision Engineering, ein britischer Entwickler berührungsloser Mess-, digitaler 3D-Visualisierungs- und ergonomischer Inspektionstechnologien, arbeiten gemeinsam daran, die Echtzeit-Bildgebung mit erweiterter Tiefenschärfe weiteren Kundengruppen zur Verfügung zu stellen.

DeepFocus 1 kombiniert das Digitalmikroskop ZEISS Visioner 1 mit Micro-mirror Array Lens System (MALS) mit der technischen Kompetenz von Vision Engineering. Das Technologiepaket soll es noch mehr Anwendern ermöglichen, von der Erstellung sofortiger „All-in-Focus“-Bilder zu profitieren. Herkömmliche Inspektionssysteme haben mit einer geringen Schärfentiefe zu kämpfen, insbesondere bei einer starken Vergrößerung. Wird jedoch nur ein kleiner Bereich der Probe scharf abgebildet, können Merkmale übersehen werden, und die Inspektion ist unvollständig. Eine Nachfokussierung oder eine Nachbearbeitung sind zwar möglich, aber zeitaufwändig. Mit der MALS-Technologie ermöglicht der ZEISS Visioner 1 dem Benutzer, die Probe in Echtzeit vollständig im Fokus zu sehen, ohne dass Bilder im Z-Stapel nachbearbeitet werden müssen. Möglich ist das, weil das namensgebende System mit einer Reihe von Mikrosiegeln, deren Ausrichtung gezielt verändert werden kann, „virtuelle“ Linsen mit deutlich unterschiedlichen Krümmungen und damit Schärfenebenen erzeugen kann. So lassen sich Höhenunterschiede von bis zu 69 mm mit einer bis zu 100-mal größeren Schärfentiefe als bei einem herkömmlichen Mikroskop optisch inspizieren.

Das Ergebnis ist ein effizienteres Verfahren zur Fehleranalyse mit schnellen Ergebnissen. Ein weiterer Bestandteil des DeepFocus 1 Pakets von ZEISS ist die ZEN core Imaging-Software. Vision Engineering bietet seinen Kunden die Möglichkeit, den DeepFocus 1 je nach Bedarf mit einem Tischständer, einem Mehrachsständer oder als Prüfstation in der EVOTIS-Ausrichtung zu konfigurieren. ■

Carl Zeiss IQS Deutschland GmbH
www.zeiss.de



ZEISS Visioner 1 Digitalmikroskop mit Micro-Mirror Array Lens System

© Carl Zeiss