

Strategien für die prozessintegrierte Nanorauheits-Kontrolle durch Streulichtmethoden



Angela Duparré



Sven Schröder



Stefan Glied



Andreas Tünnermann

Die stürmischen Entwicklungen in der Nanotechnologie ziehen neuartige Anforderungen an eine produktionsumfeldgerechte Messtechnik nach sich. Ein Schwerpunkt dabei sind Mess- und Auswerteverfahren zur Bestimmung von Rauheits- und funktionsbezogenen Kenngrößen. Streulichtmethoden bieten sich prinzipiell zur berührungsfreien, robusten und effizienten Analyse von Nanostrukturen an /1/, sind jedoch noch weitgehend auf den Einsatz im Labor und entsprechend labortypische Probengeometrien beschränkt. Grundlagen, Konzepte und Strategien für eine fertigungsrelevante Umsetzung bis hin zum prozessintegrierten Einsatz werden daher gegenwärtig im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms SPP 1159 im Teilprojekt »Funktionsbezogene Bewertung von Nanorauheiten auf fertigungsrelevanten Oberflächen durch Streulichtmessverfahren (NanoStreu)« untersucht. Wesentliche Schritte sind dabei u. a.:

- Klassifizierung von Streulichtmessprinzipien, Definition von Bedingungen für die Anwendung im Produktionsumfeld.

- Bewertung der Verfahren hinsichtlich ableitbarer Kenngrößen (Rauheitskenngrößen (Abb. 1), Ultrahydrophobie /2/), Umfang und Handhabbarkeit der Messdaten, Messzeit.
- Übergang zu Mess- und Auswertekonzepten für den Einsatz zur Qualitätskontrolle auf fertigungsrelevanten Flächen. Das bedeutet einerseits große Fertigungsflächen mit Ausdehnungen bis zu einigen m² und andererseits Mikroflächen.

Beispiele für die spätere Anwendung reichen von der Inspektion von Mikrolinsenarrays (Abb. 2) bis hin zur Prozesskontrolle bei der Fertigung von diamantgedrehten Oberflächen (Abb. 3).

Aus den Untersuchungen ergab sich, dass bei Mikroflächen infolge des stark reduzierten Beleuchtungsfleck-Durchmessers Fluktuationseffekte in den Messkurven in Betracht gezogen werden müssen (Abb. 2, orange Kurve). Es konnte gezeigt werden, dass diesen Effekten z. B. durch Vergrößerung der Detektorapertur entgegengewirkt werden kann (Abb. 2, braune Kurve) /3/.

Für diamantgedrehte Oberflächen besteht die Zielsetzung in einer prozessintegrierten Rauheitskontrolle, die eine effiziente Optimierung der Fertigungsparameter während der Herstellung ermöglicht. Streulichtmessungen zeigten, dass die Bestimmung von Rauheitsanteilen unmittelbar entsprechend ihrem Einfluss auf die optische Funktion vorgenommen werden kann und muss.

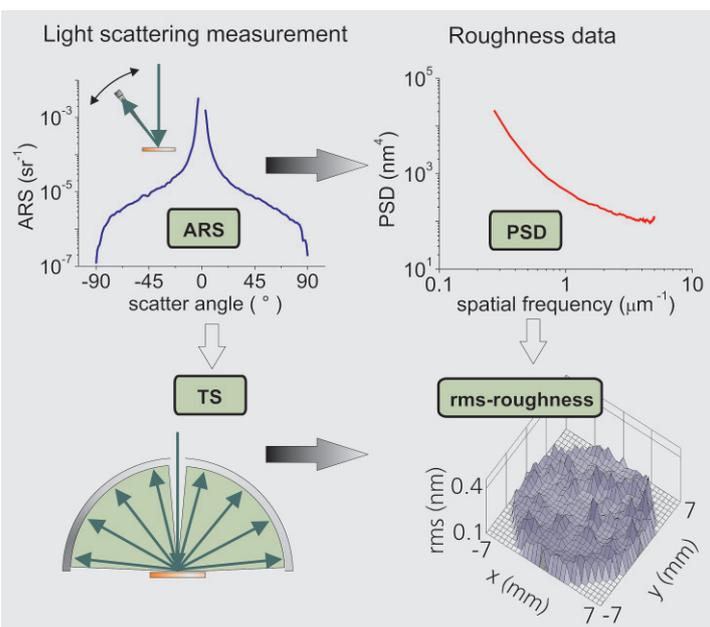


Abb. 1: Bestimmung von Rauheitskenngrößen durch Streulichtmethoden schematisch, ARS – angle resolved scattering, TS – total scattering, PSD – power spectral density.

Fig. 1: Determination of roughness properties with light scattering techniques, ARS – angle resolved scattering, TS – total scattering, PSD – power spectral density.

Strategies for in-process nanoroughness control using light scattering techniques

The tremendous developments in the field of nanotechnologies result in novel challenges for industry-tailored measurement techniques. This in particular holds for methods to determine roughness as well as functional parameters. Light scattering techniques offer major benefits to meet these requirements [1]. Until now, however, these techniques have been largely confined to laboratory-based applications. The basics and concepts for their adaptation to close-to-process measurement are investigated in the project "Close-to-production nano-roughness assessment by light scattering measurement" (NanoScatt), part of the DFG priority program SPP 1159. The basic steps hereby comprise:

- Classification of light scattering measurement techniques, requirements for close-to-production applications.
- Assessment of the procedures regarding deducible parameters (roughness (Fig. 1), ultrahydrophobicity [2]), complexity and handling of measurement data, measurement time.
- Transition to measurement and analysis concepts for the quality control of production surfaces; large-scale surfaces with areas up to $\sim\text{m}^2$ as well as micro surfaces.

Applications range from the inspection of micro lens arrays (Fig. 2) to process control during the production of diamond turned surfaces (Fig. 3).

Our investigations revealed that, especially for micro surfaces, fluctuation effects of the measurement curves have to be considered as result of the reduced illumination spot size (Fig. 2, orange curve). It was demonstrated that these effects can be reduced, for instance, by using a larger detector aperture (Fig. 3, brown curve) [3].

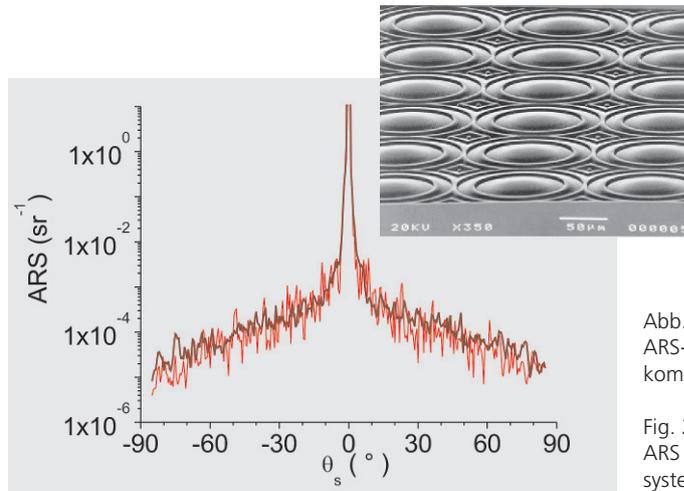


Abb. 2: ARS-Messung an Mikrosystemkomponenten.

Fig. 2: ARS measurement of micro system components.

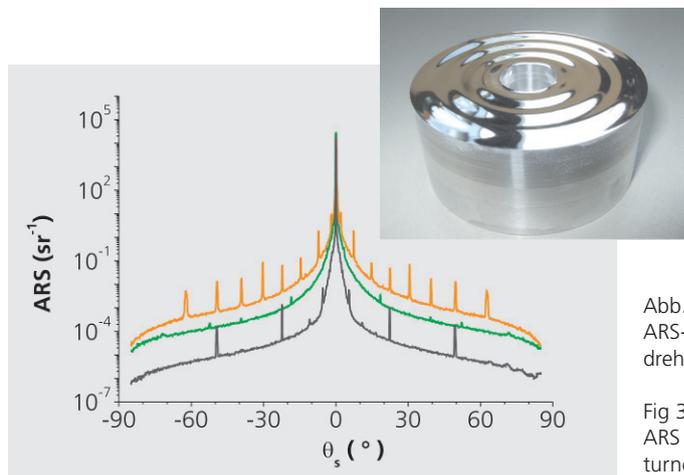


Abb. 3: ARS-Messung an diamantgedrehten Oberflächen.

Fig 3: ARS measurement of diamond-turned surfaces.

For diamond-turned surfaces, the ultimate goal is an in-process roughness control enabling an efficient optimization of the tooling parameters during fabrication. Light scattering measurements revealed that the determination of roughness contributions must be performed according to their impact on the optical performance of the component.

References:

- /1/ A. Duparré, Light Scattering techniques for the inspection of microcomponents and microstructures, in: Optical Methods for the Inspection of Microsystems, Editor: Osten W., Taylor & Francis, Boca Raton (2006) S. 103-119.
- /2/ A. Duparré, M. Flemming, G. Notni, A. Tünnermann, Nanorauheit statt Lotusstruktur: Chancen für ultrahydrophobe optische Oberflächen, Photonik 2 (2005) S. 62-65.
- /3/ S. Schröder, A. Duparré und A. Tünnermann, Bewertung von Nanorauheiten durch Streulichtmessung, Technisches Messen 73 (2006) 35-42.