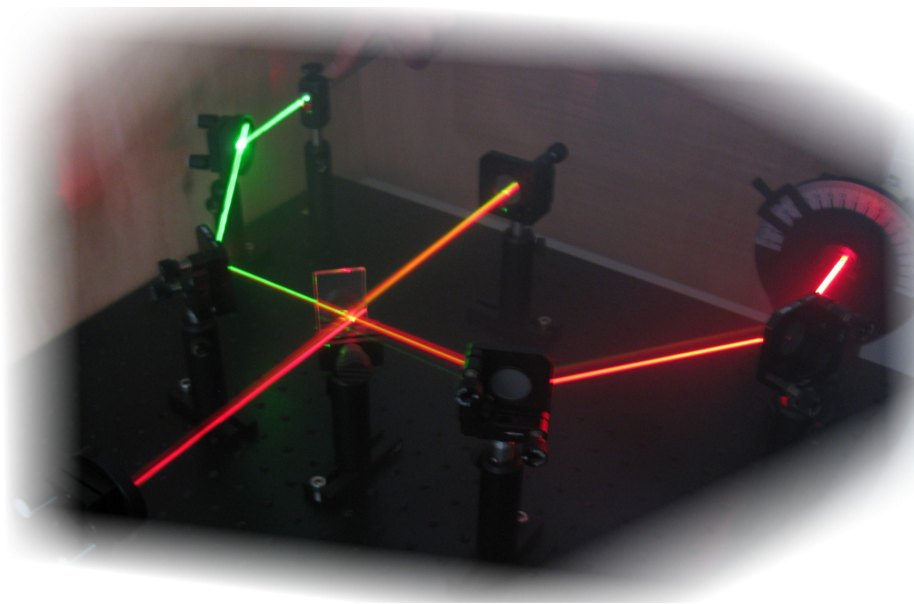


PSI

die

Physik–Schülerlabor-Initiative



Mikrostrukturierung

Version ohne eingebettete Animationen

Mikrostrukturierung spielt eine entscheidende Rolle bei der Herstellung von kleinsten Bauteilen auf Mikrometerebene.

Dabei stehen verschiedene Verfahren zur Auswahl, wie z.B.

- Mechanische Mikrostrukturierung
- Mikrostrukturierung durch elektrochemische Abtragung
- Ablation, d.h. Abtragen von Material mithilfe eines Lasers

Im Schülerlabor kann der selbstgebaute Stickstoff-Laser zur Mikrostrukturierung verschiedener Materialien, v.a. verschiedener Polymerkunststoffe, verwendet werden.

Es können einfache Löcher in diese wenige Mikrometer dicken Kunststofffolien „gebrannt“ werden, durch geeignete Anordnung dieser Löcher können auch komplexere Strukturen, wie ein Schriftzug oder ein Smiley erzeugt werden.



Abbildung 1: Smiley

Das besondere an dem von uns genutzten Aufbau ist, dass die Mikrostrukturierung mittels Mikroskopkameras live beobachtet werden kann.

Das Bild der Kameras kann auf einem Computerbildschirm beobachtet werden und zwar je Kamera in einer 20-fachen (seitliche Kamera) oder 400-fachen (senkrechte über der Probe angebrachte Kamera) Vergrößerung.

1 Aufbau

Bei der Konzeption des Aufbaus wurde besonderen Wert darauf gelegt, dass

- bekannte Komponenten verwendet werden, und diese einfach und übersichtlich angeordnet sind, so dass die Schüler die Funktionsweise leicht verstehen können,
- der Prozess der Mikrostrukturierung live über eine Kamera beobachtbar ist,
- die zu bearbeitenden Proben leicht ausgetauscht werden können.

Der Aufbau besteht aus dem Superstrahler, dessen Strahl (Wellenlänge 337 nm) über ein System von Linsen, Spiegeln und einem Strahlteiler auf ein stark fokussierendes Mikroskopobjektiv gerichtet wird.

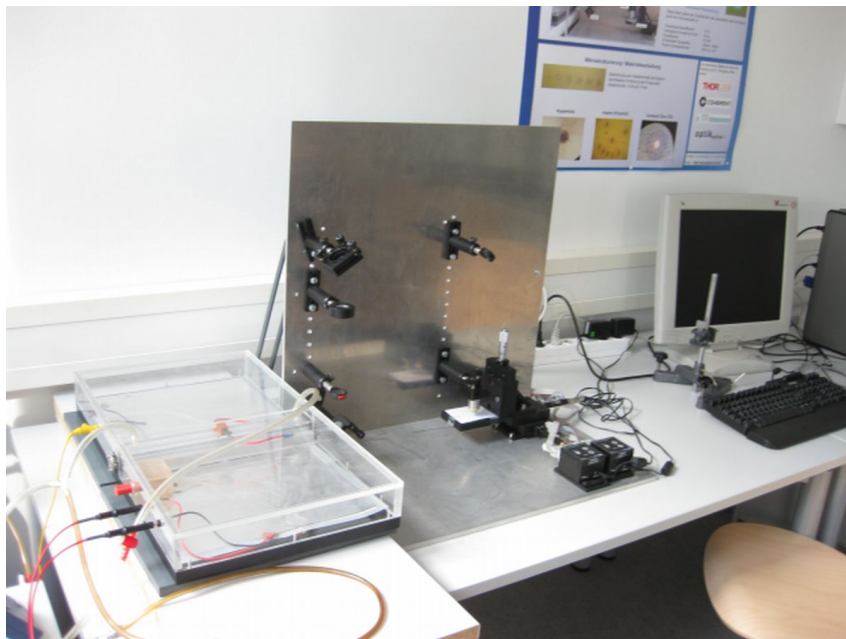


Abbildung 2: Aufbau des Experiments „Mikrostrukturierung“

Die Spiegel sind vor allem für eine einfache Justage wichtig, die Linsen dienen zur Verringerung der Strahlbreite.

Der Strahlteiler dient einerseits als Spiegel für den Laser, andererseits gelangt durch ihn das Licht von der Probe zur Kamera.

Das vom Mikroskop fokussierte Laserlicht fällt auf den Positionierungstisch, welcher mit weißem Papier belegt ist, um den unsichtbaren UV-Laser mittels Fluoreszenz sichtbar zu machen.

2 Funktionsweise

Voraussetzung für die Mikrostrukturierung eines Materials mit einem Laser ist, dass das Laserlicht zumindest zum Teil von dem Material absorbiert wird, d.h. dass das Material die vom Laserlicht transportierte Energie aufnimmt.

Durch die Aufnahme der Energie erwärmt sich das Material lokal, je nach Energiemenge kann es schmelzen, verdampfen oder chemisch zersetzt werden.

Soll Material abgetragen werden, muss die Energiedichte groß genug sein, um das Material zu verdampfen und somit von der Probe zu entfernen.

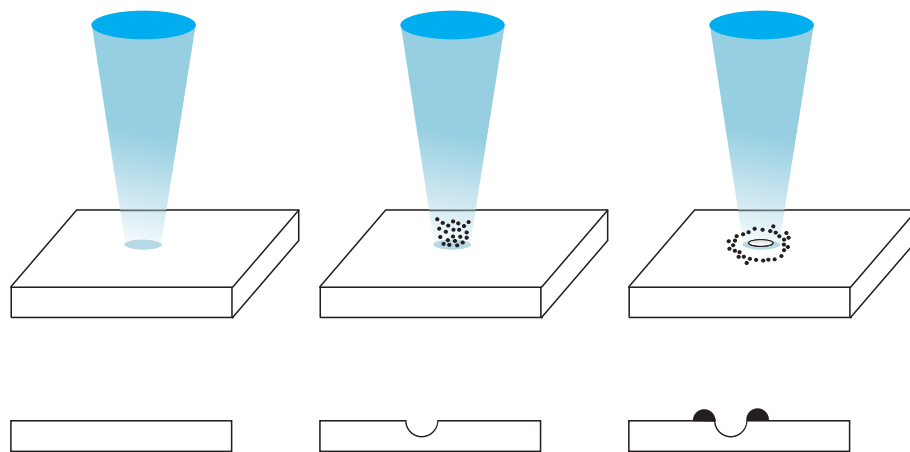


Abbildung 3: Prozess der Ablation

Dieser Prozess wird Ablation genannt, das verdampfte Material setzt sich zum Teil außerhalb des Laserfokus wieder ab und bildet ein Randmuster, Corona genannt.

Das untenstehende Photo zeigt eine in der Mitte vollständig abgetragene Folie (weißer Bereich) mit Corona aus Kohlenstoff (dunkler Rand um den weißen Bereich).



Abbildung 4: Ein Loch in einer Kaptonfolie mit umgebender Corona

Um die hohen Energiedichten zu erreichen, werden gepulste Laser mit einer hohen Intensität und einer kurzen Pulsdauer (im Bereich von Nanosekunden) verwendet. Der von uns verwendete Stickstofflaser hat eine Pulsfrequenz von wenigen Hertz, somit kann sehr einfach bestimmt werden, wie viele Pulse für eine Veränderung des Materials notwendig sind, beispielweise werden etwa 30 Pulse benötigt, um eine $12,5\ \mu\text{m}$ Dicke Kapton-Folie vollständig abzutragen.