

Laserstrukturierung von dielektrischen Schichten

Produktionstechnik / Betreuer: Prof. Patrick Schwaller; Prof. Beat Neuenschwander
Experte: Dr. Karl Böhlen, EMPA + Crealabs GmbH

Mikrostrukturierung mit Lasern nimmt in der heutigen Zeit und in Zukunft einen immer höheren Stellenwert in der Forschung und industriellen Produktion ein. Ein Hauptziel ist es immer kleiner werdende Bauteile schneller, billiger und somit effizienter zu produzieren. Neuartige Lasersysteme mit immer kürzeren Pulsen ermöglichen es weitere Gebiete in der Mikrotechnik zu erfassen. Für eine erfolgreiche Umsetzung müssen die neuen Prozesse jedoch erforscht werden.

Ziel

Das Ziel dieser Arbeit ist es dünne Halbleiterschichten und Isolatoren, sogenannte Dielektrika mit einem Pikosekundenlasersystem (Pulsdauer 10ps) abzutragen ohne die Unterschicht oder das Substrat dabei zu beschädigen. Die Schwierigkeit bei der Ablation eines Dielektrikums im Vergleich zu einem Metall liegt in der Bandlücke, die sich zwischen dem Leitungsband und dem Valenzband der Atome erstreckt. Was bei der Ablation von Metallschichten eine simple Vorstellung von Schmelzen und Verdampfen aufgrund starker Absorption in der Schicht ist, gerät bei dielektrischen Schichten zum komplexen Modell, das aktuell noch erforscht wird. Je grösser die Bandlücke eines Materials ist, desto transparenter ist ihre Erscheinung und umso schwieriger ist es für sie, Licht zu absorbieren und schliesslich Ablation hervorzurufen.

Vorgehen

In der Arbeit werden verschiedene theoretische Modelle vorgestellt, die erläutern welche Möglichkeiten es gibt, dass es zu einer Absorption in den transparenten Beschichtungsmaterialien kommt und welche Faktoren die Absorption beeinflussen. Hierbei wird vor allem auf die lineare und nichtlineare Absorption von Photonen eingegangen. Zudem wird analysiert welchen Stellenwert die Grösse der Bandlücke, im Bezug auf die Bearbeitung bei einer bestimmten Wellenlänge, einnimmt. Basierend auf den theoretischen Überlegungen, wurden experimentelle Versuche mit den beiden Wellenlängen 355nm und 1064nm durchgeführt und in einer abschliessenden Diskussion miteinander verglichen. Nachdem die Beschichtungen mit dem Laser bearbeitet wurden, wurde das Abtragsverhalten und die Abtrags-

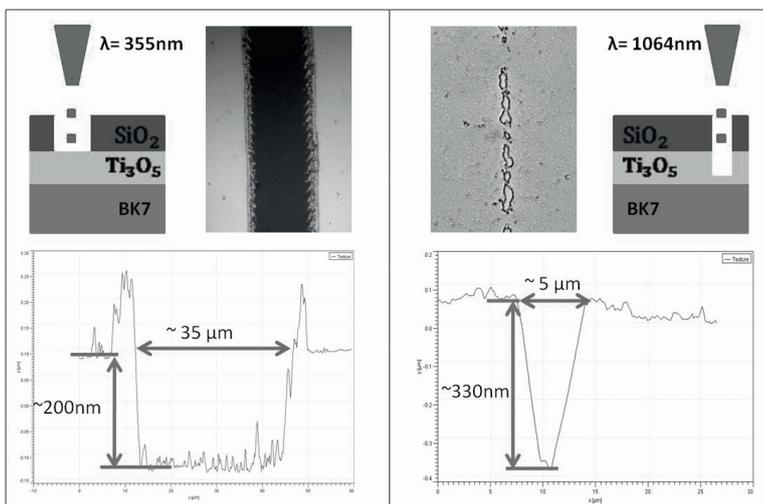
tiefe mit einem Lichtmikroskop und einem Rasterkraftmikroskop untersucht. Für die Beschichtungen wählte man Ti_3O_5 und SiO_2 , als Substrate wurden Si-Wafer und BK7-Glas verwendet.

Ergebnis

In vielen Fällen ist es gelungen einen reproduzierbaren Abtrag zu erzielen, allerdings war es nicht immer möglich einen alleinigen Abtrag der obersten Schicht zu erreichen. Die Ablation hängt von vielen Faktoren ab, zum einen von dem verwendeten Substrat und zum anderen von der Zweitbeschichtung. Allerdings beeinflussen auch die Brechungsindizes und Absorptionskoeffizienten, die sich mit der Wellenlänge ändern, den Abtragsprozess. Somit ist die richtige Wahl der Wellenlänge für eine erfolgreiche Bearbeitung ausschlaggebend. Es konnte z.B. mit UV-Licht ($\lambda = 355\text{nm}$) die Oberbeschichtung von SiO_2 (228nm) auf Ti_3O_5 (230nm) auf BK7 abgetragen werden, siehe Abb. links. Dies gelang mit IR-Licht ($\lambda = 1064\text{nm}$) nicht, wie in der linken Abb. zu erkennen ist.



Markus Hupp



Vergleich eines Ablationsversuchs einer Oberbeschichtung mit UV- und IR-Licht