

Halbleitertechnologie von A bis Z

Mikromechanik

Opferschichttechnik	3
<i>Das Prinzip der Opferschicht</i>	3
<i>Prozessablauf: Abscheiden, Strukturieren, Freilegen</i>	3
<i>Stiction: das Verkleben freigelegter Strukturen</i>	4

Opferschichttechnik

Das Prinzip der Opferschicht

Um eine frei bewegliche Struktur zu erzeugen – etwa einen auskragenden Balken oder eine Membran –, kann man sie nicht einfach direkt auf dem Substrat abscheiden: Sie würde fest mit dem darunterliegenden Material verbunden bleiben und sich nicht bewegen können. Die Opferschichttechnik löst dieses Problem, indem zunächst eine temporäre Zwischenschicht (die Opferschicht) auf dem Substrat abgeschieden wird. Auf dieser Opferschicht wird anschließend die eigentliche Funktionsschicht (die Strukturschicht) aufgebracht und strukturiert. Am Ende des Prozesses wird die Opferschicht selektiv wegätzt – sie „opfert“ sich also, damit die Strukturschicht freisteht.

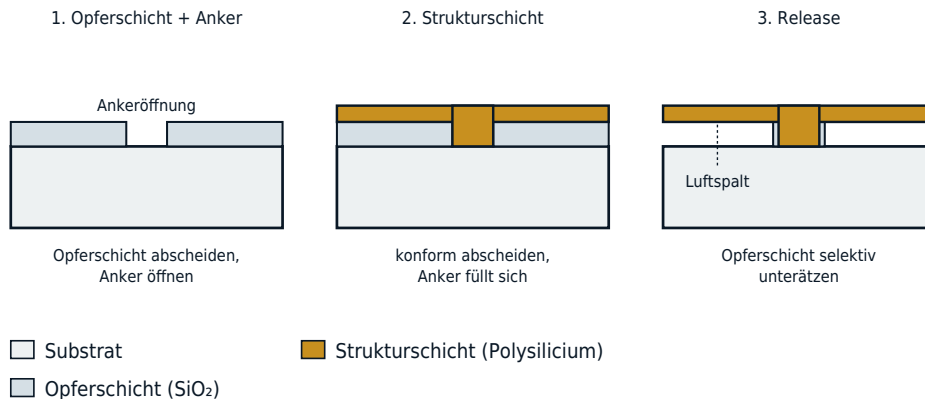
Ein klassisches Materialpaar ist Siliciumdioxid als Opferschicht und Polysilicium als Strukturschicht: Beide lassen sich mit etablierten CVD-Prozessen abscheiden, und Flusssäure (HF) ätzt SiO_2 sehr selektiv, ohne das Polysilicium nennenswert anzugreifen.

Prozessablauf: Abscheiden, Strukturieren, Freilegen

Der Ablauf folgt typischerweise vier Schritten. Zunächst wird die Opferschicht ganzflächig abgeschieden und dort, wo die Strukturschicht später am Substrat verankert sein soll, mit einer Lithografie- und Ätzmaske geöffnet (die späteren „Anker“ der Struktur). Anschließend wird die Strukturschicht ganzflächig abgeschieden – sie füllt die Ankeröffnungen und liegt darüber hinaus flach auf der Opferschicht auf. Ein weiterer Lithografie- und Ätzschritt bringt die Strukturschicht in ihre endgültige Form, etwa die Balken oder Kammfinger eines Sensors.

Im letzten Schritt, dem sogenannten Release, wird die Opferschicht selektiv unterätzt: Das Ätzmittel dringt seitlich unter die Strukturschicht vor und löst sie überall dort auf, wo sie nicht an einem Anker befestigt ist. Übrig bleibt eine frei bewegliche, nur an den Ankerpunkten fixierte Struktur.

Opferschichttechnik Vom Abscheiden zur freistehenden Struktur



Nach dem selektiven Entfernen der Opferschicht bleibt die Strukturschicht nur an den Ankerpunkten fixiert und frei beweglich.

Stiction: das Verkleben freigelegter Strukturen

Ein praktisches Problem beim Release-Schritt ist Stiction (von englisch *static friction*): Nach dem Nassätzen der Opferschicht muss die Struktur getrocknet werden, und die Oberflächenspannung der verdampfenden Flüssigkeit kann die dünne, nachgiebige Strukturschicht an das darunterliegende Substrat ziehen – wo sie durch Van-der-Waals-Kräfte und Kapillarkräfte dauerhaft haften bleibt, statt frei zu schwingen.

Gängige Gegenmaßnahmen sind überkritische CO₂-Trocknung (die den Übergang durch eine Flüssig-Gas-Grenzfläche ganz vermeidet), spezielle Abstandshalter (Dimples) an der Unterseite der Strukturschicht, die den Kontakt zur Unterlage minimieren, sowie hydrophobe Beschichtungen, die die Adhäsion verringern.