

4 Fazit

4.1 Zusammenfassung

In einem ersten Schritt musste die Vorgabe zum Bau des Sensors an die prozesstechnischen Möglichkeiten des Reinraums angepasst werden. Dazu wurde ein geeigneter Bauplan erstellt, dessen Prozessschritte gangbar waren und der den Aufbau für die Geräte, die zur Herstellung des Bauteils genutzt werden, geeigneter gestaltet.

Die ersten Arbeitsschritte, bei denen Metallschichten mit der Univex aufgedampft werden, verliefen unproblematisch und konnten sofort sauber durchgeführt werden.

Der darauf folgende thermische Oxidationsprozess im Ofen warf dagegen massive Probleme auf. So mussten die Faktoren Zeit, Temperatur und Sauerstofffluss so aufeinander abgestimmt werden, dass die Chromschicht zu Cr_2O_3 oxidiert. Das darunter liegende, leitende Material darf dabei sowohl an bedeckten wie auch unbedeckten Bereichen möglichst wenig oxidieren, um nicht in seiner Leitfähigkeit beeinträchtigt zu werden. Dabei tritt eine gegenseitige Beeinflussung der Schichten auf, so dass beide Bereiche der leitfähigen Schicht unterschiedlich auf den Ofenprozess reagieren. Für diese Schicht wurden Tests mit Aluminium und Kupfer durchgeführt, wobei die brauchbarsten Ergebnisse mit Aluminium erzielt wurden.

Dieser Prozessschritt führte nach einer Vielzahl von Versuchen zwar zu Ergebnissen, mit denen weitergearbeitet werden konnte aber dennoch war die Qualität der Produkte dieses Arbeitsschrittes minderwertig. Die oxidationsbeeinflussenden Effekte der Elektronegativität der einzelnen Materialien sind dabei der Hauptgrund für dieses unbefriedigende Ergebnis. Außerdem scheinen im Inneren des Ofens in fast allen Raumrichtungen Temperaturgefälle zu herrschen.

Die nun folgende Tunnelherstellung wurde mit einem selbst entwickelten Verfahren realisiert. Dazu werden Lackstrukturen lithographisch auf das Bauteil aufgebracht. In einem Acetonbad wird der Lack gelöst, so dass die ehemals lackgefüllten Bereiche nun Hohlräume unter den gesputterten Schichten bilden. Bei geeigneter Wahl der Lackstrukturen lassen sich so Tunnel herstellen.

Hier traten sowohl bei der Lithographie, als auch beim Aufputtern der Schicht in der Ionsys Schwierigkeiten auf. Deren Ursache konnte jedoch ergründet werden, so dass sich der Prozessschritt durch Umstellung einiger Schritte und Prozessparameter mit sauberen Ergebnissen durchführen lässt.

Die Lithographie zeigt sich bedingt durch Lichtreflexion am unebenen Untergrund und daraus resultierender lokaler Überbelichtung sehr viel sensibler in Bezug auf die Einstellung der Belichtungszeit und die Dauer der Entwicklung.

Bei den Acetonbädern zum Lösen des Lacks unter den Schichten kam es anfangs immer wieder zu schweren Beschädigungen der Struktur. Dies lag einerseits an den Kräften, die bei diesem Bad und den darauffolgenden Reinigungsbädern auf die Struktur wirkten. Andererseits bildeten sich bei dem Sputterschritt, bedingt durch Abschattungen und einen ungünstigen Auftreffwinkel, die Wände der Tunnel deutlich schwächer aus als die Decke. Dies führte dazu, dass die Tunnel an dieser Schwachstelle bei der kleinsten Krafteinwirkung abrissen und die Struktur so zerstört wurde. Aufgrund einer Verminderung der einwirkenden Kräfte durch Weglassen der Reinigungsbäder, und einer Umstellung der Sputterparameter, die der Ausbildung der Schwachstellen in den Tunnelwänden entgegenwirkten, konnten die Beschädigungen der Tunnel fast auf Null reduziert werden.

Um die SiO_2 Schicht auf dem Bauteil aufzubringen, wurde sie reaktiv aufgesputtert. Dazu wird in der Ionsys Silizium gesputtert, wobei Sauerstoff als Reaktivgas durch den Gasing zugegeben wird. Hierbei lag die Schwierigkeit darin, den Schwellenwert für den O_2 Fluss zu finden, ab welchem das Silizium zu SiO_2 oxidiert. Dieser Wert war erforderlich, da die Oxidation bei einer zu tiefen Einstellung unter Sauerstoffmangel leidet, bei einem zu hohen Fluss jedoch das Kohlenstoffgitter der Ionenstrahlquelle von dem ionisierten O_2 angegriffen und langfristig unbrauchbar gemacht wird. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Versuche mit unterschiedlichen Werten für den Sauerstofffluss durchgeführt. So konnte der benötigte Schwellenwert gefunden werden.

Versuche zur Herstellung von Cr_2O_3 mit einem reaktiv-sputter-Verfahren schlugen leider fehl.

Um die einzelnen Tunnelstrukturen pro Träger sauber zu trennen, wurde dieser mittels eines Lasers angeritzt und dann gebrochen.

Beim Bonden der Kontaktelektroden aus Aluminium mussten bei der oberen Elektrode aufgrund schlechter Haftung meist mehrere Versuche unternommen werden, bis der Draht hielt. Dabei wurden vermutlich bei fast allen Bauteilen mehrere Schichten der Sensoren kurzgeschlossen.

Um den Sensoreffekt des fertigen Bauteils zu belegen, wurden Impedanzmessungen und eine zeitabhängige Widerstandsmessung durchgeführt. Dabei wurde die Arbeitsatmosphäre kontrolliert verändert, um Empfindlichkeiten und Querempfindlichkeiten zu vermessen. Zwei der drei getesteten Bauteile weisen dabei die typischen Anzeichen von Kurzschluss auf, ein Bauteil jedoch zeigte ein sich veränderndes Signal.

4.2 Ausblick

Als Folge von Problemen bei der Herstellung der Cr_2O_3 Schicht und beim Bonden waren die vermessenen Bauteile beschädigt. Durch eine Umstellung des Elektrodenmaterials von Aluminium auf Gold könnten diese beiden Problemstellen im Prozessablauf beseitigt werden. Die Schwierigkeiten, die bei den anderen Prozessschritten auftraten, wurden im Verlauf dieser Arbeit gelöst, so dass eine zufriedenstellende Handhabung möglich war.

Der hier genutzte Prozess zur Herstellung des Sensoraufbaus und insbesondere der Tunnel ist in Bezug auf Geometrie und genutzte Materialien hochflexibel. Die Führung der Kanäle kann durch passende Masken nahezu jedes beliebige zweidimensionale Muster annehmen, solange sie durch den genutzten Fotolack noch darstellbar sein. Der Auswahl der verwendeten Schichten, insbesondere derer, die die innere Oberfläche des Tunnels bilden, sind durch den Einsatz der Ionsys große Freiheiten gelassen. So können unterschiedlichste Metalle genutzt werden, die durch den Einsatz von Reaktivsputterverfahren noch weiter modifizierbar sind. Es ist möglich, verschiedenste Baupläne ohne aufwendige Umstellung der Prozessschritte zu realisieren, so dass sich das Verfahren optimal für den Einsatz in der Entwicklung von Chemosensoren eignet.