

Kurzfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden neuartige Drucksensoren, die sich durch einen hybriden Aufbau aus Kunststoff und Glas auszeichnen, vorgestellt.

Mit dem Ziel, Drucksensoren mit dem kostengünstigen AMANDA-Verfahren zu fertigen, wurden Konzepte erarbeitet und anhand industriell geforderter Spezifikationen bewertet. Als Ergebnis wurde ein Erzeugniskonzept erstellt, bei dem der Drucksensor im wesentlichen aus zwei abgeformten Gehäuseteilen, einer Trägermembran und einer kreisförmigen Messplatte aus Glas aufgebaut ist. Mechanische Spannungen bzw. Dehnungen, die im Gehäuse auftreten, werden nicht auf den sensitiven Teil der Messplatte übertragen, da diese über eine dünne, schlaife Trägermembran mit dem Gehäuse verbunden ist. Die Messplatte legt sich bei Anliegen einer Druckdifferenz im Gehäuse entweder auf der einen oder auf der anderen Seite an und wird dabei immer auf die gleiche Weise an ihrem Rand gelagert. Dazu ist die eine Gehäuseschale in Form einer Hohlkugel ausgeführt, in der sich eine kreisförmige Platte unabhängig von Lageabweichungen immer entlang ihres Randes anlegt. Auf der anderen Seite wird die Messplatte auf dem flachen Boden des Gehäuses über einen auf ihr angebrachten Ring aus Polyimid auch bei Positionsabweichungen auf immer die gleiche Weise gelagert.

Auf der Oberfläche der Messplatte befinden sich Dehnungsmessstreifen (DMS), die die Messplattendehnung bei Druckbeaufschlagung erfassen. Um das Layout für die DMS festzulegen, wurde der Spannungs- bzw. Dehnungsverlauf auf der berechneten frei gelagerten Messplatte durch mathematische Gleichungen beschrieben und Gleichungen für die Änderung des elektrischen Widerstandes von DMS auf der Platte hergeleitet. Die Gleichungen wurden in ein Computerprogramm eingebracht, mit dem die Kennlinien in Abhängigkeit des Layouts der DMS simuliert werden konnten.

Es wurden jeweils 12 Drucksensoren parallel gefertigt, wobei jeder Drucksensor eine aus 50 µm dicken Glassubstraten herausgeätzte Messplatte mit einem Durchmesser von 2084 µm enthält. Dieser Durchmesser wurde so berechnet, dass bei Belastung der Messplatte mit Druckdifferenzen von ± 1000 hPa ein linearer Zusammenhang zwischen zentraler Auslenkung und Druckdifferenz besteht.

Innerhalb der Verfahrensentwicklung zur Fertigung der Drucksensoren wurde eine Möglichkeit zur beidseitigen positionierten Prozessierung dünner Glassubstrate erarbeitet. Die Prozessierung der Glassubstrate beinhaltet das Aufbringen und Strukturieren einer Trägermembran aus Polyimid, mehrfaches Aufdampfen und Strukturieren von Dünnschichten aus Chrom und Gold, sowie die Strukturierung des Glassubstrates selbst. Die Gehäusenutzen für die Ober- und Unterteile der Drucksensoren werden gleichzeitig mit einem Werkzeug abgeformt, wodurch sie den selben Schrumpf erfahren und genau zueinander passen. Integrierte Pass-Stifte vereinfachten die Montage der Gehäusenutzen, die in Polysulfon und Polyetheretherketon abgeformt wurden.

Einige Demonstratoren wurden hergestellt und ihre charakteristischen Kennlinien aufgenommen. Dabei zeigten sich Kennlinien mit einem ausgezeichnet linearen Verlauf, mit Korrelationskoeffizienten von $R^2=0,9999$ und einer Auflösung von 10 hPa. Ein Messbereich von -900 hPa bis $+2000$ hPa konnte abgebildet werden. Die Untersuchungen zeigten, dass die Kennlinien ein „Knie“ aufweisen, wenn die Membran nicht, wie vom Konzept her vorgesehen, schlaft im Gehäuse aufgehängt ist. Eine Optimierung der Membranspannung muss deshalb das Ziel weiterführender Entwicklungen sein.

Abstract

Novel pressure sensors characterized by a hybrid setup of both plastic and glass have been presented.

Concepts have been developed for the fabrication of pressure sensors using the low-cost AMANDA process. These concepts have then been evaluated on the basis of specifications made by industry. This has resulted in a new product concept with the pressure sensor mainly consisting of two molded housing parts, a carrier membrane, and a circular measurement plate made of glass. Mechanical stresses or strains occurring in the housing are not transferred to the sensitive part of the measurement plate, as the latter is connected to the housing via a thin, slack carrier membrane. In case of a pressure gradient prevailing in the housing, the measurement plate rests against the one or the other side, while its bearing at the edge remains the same. One housing shell is designed as a hollow sphere. Here, a circular plate always contacts along its edges irrespective of positional deviations. On the other side, the measurement plate is always borne by a polyimide ring fixed to the bottom of the housing. This even holds in case of positional deviations.

On its surface, the measurement plate is equipped with strain gauges that measure the strain of the measurement plate under a pressure load. To specify the layout of the strain gauges, the stress and strain behavior on the calculated free measurement plate was described by mathematical equations. Furthermore, equations were derived for the variation of strain gauge resistance on the plate. These equations were entered into a computer program, by means of which the characteristics could be simulated as a function of strain gauge layout.

12 pressure sensors were manufactured in parallel with each pressure sensor containing a measurement plate of 2084 μm in diameter, which was etched from 50 μm thick glass substrates. This diameter ensures a linear relationship between central deflection and pressure difference in case of the measurement plate being subjected to pressure differences of ± 1000 hPa.

In the course of process development, the technique of double-sided, positioned processing of thin glass substrates was established. Processing of glass substrates comprises the application and structurization of a polyimide carrier membrane, repeated evaporation and patterning of thin chromium and gold layers, and the structurization of the glass substrate itself. The housing batches for the upper and lower parts of the pressure sensors are molded simultaneously. As a result, they are subjected to the same shrinkage and, thus, fit excellently to each other. Integrated positioning pins facilitate the assembly of the housing batches molded into polysulfone and polyetheretherketone.

Several demonstrators were produced and their characteristics were measured. They exhibited a perfectly linear behavior with correlation coefficients of $R^2 = 0.9999$ and a resolution of 10 hPa. The measurement range extended from - 900 hPa up to + 2000 hPa. Studies have demonstrated that the characteristics exhibit a "knee" when the membrane is not suspended in the housing in the slack manner envisaged by the concept. Further development work will therefore focus on an optimization of membrane stress.