

Piezelektret-Beschleunigungsaufnehmer mit integriertem FET

Joachim Hillenbrand, Sebastian Habertzettl und Gerhard M. Sessler

Institut für Nachrichtentechnik, TU Darmstadt, 64283 Darmstadt, E-Mail: j.hillenbrand@nt.tu-darmstadt.de

Einleitung

Piezelektret-Beschleunigungsaufnehmer [1] können sowohl mit Ladungs- als auch mit Spannungsverstärkern betrieben werden. Da Piezelektretfolien wegen ihrer kleinen Dielektrizitätskonstanten vergleichsweise geringe Kapazitäten besitzen, ergeben sich für die Beschleunigungsaufnehmer hohe Spannungsempfindlichkeiten, die durch Stapelung mehrerer Folien noch vergrößert werden können. Um die hohen Spannungsempfindlichkeiten in der Praxis auch nutzen zu können, muss ein Impedanzwandler in unmittelbarer Nähe der Folien platziert und der hochohmige Teil des Aufnehmers vollständig mittels eines Faradayschen Käfigs abgeschirmt werden. Derartige Beschleunigungsaufnehmer, mit im Metallgehäuse integriertem JFET und bis zu drei gestapelten Piezelektretfolien, werden im Folgenden vorgestellt.

Aufbau des Beschleunigungsaufnehmers

In Abbildung 1(a) ist ein Schnitt durch den Aufnehmer zu sehen und in Abbildung 1(b) eine Explosionszeichnung.

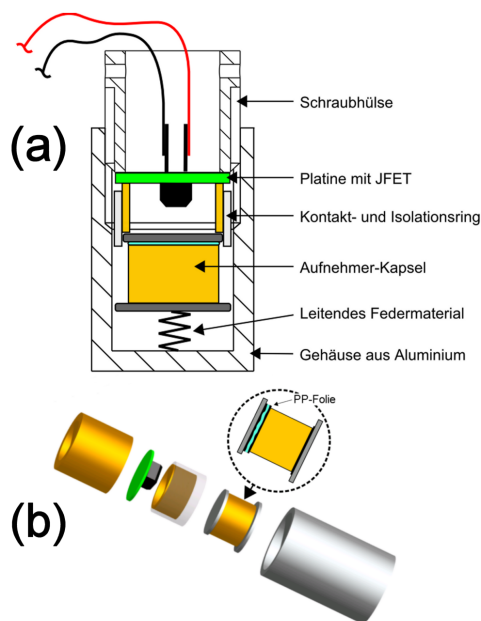


Abbildung 1: Zusammenbauzeichnung (a) und Explosionszeichnung (b) des Beschleunigungssensors mit integriertem, hochohmigen Spannungsverstärker.

Es wurden Piezelektretfolien aus Polypropylen (PP) verwendet, wobei auch Folienstapel eingesetzt und Wandler mit ein, zwei oder drei gestapelten Folien hergestellt und untersucht wurden. Die gestapelten Folien sind elektrisch in Reihe geschaltet. Mittels der Schraubhülse kann die Länge des leitenden Federmaterials und damit der statische Druck auf die Piezelektretfolie variiert, allerdings nicht quantitativ bestimmt werden. Die verwendete hochohmige Spannungsverstärker-Schaltung ist in Abbildung 2 dargestellt, wobei die grün umrandeten Bauteile und die Piezelektretfolie mit der Kapazität C_{PP} sich im abgeschirmten Aufnehmergehäuse

befinden und die rot markierten Bauteile auf einer externen Platine.

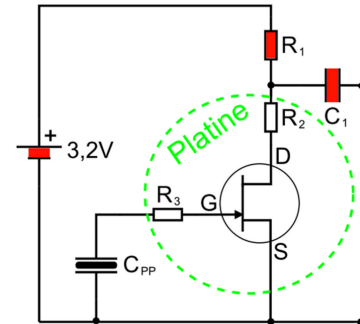


Abbildung 2: Gesamtschaltung des hochohmigen Spannungsverstärkers. Die rot markierten Bauteile befinden sich außerhalb des Sensorgehäuses.

Messungen

Die dynamische Charakterisierung der Beschleunigungsaufnehmer erfolgte mittels eines elektrodynamischen Schwingungserregers (B&K 4809) mit vorgeschaltetem Leistungsverstärker (B&K 2706) im Frequenzbereich von 10 Hz bis 8 kHz unter Verwendung eines Audioanalyzers (R&S UPD). Für Referenzmessungen kam ein kommerzieller Beschleunigungsaufnehmer (B&K 4332) zum Einsatz.

Empfindlichkeit

In Abbildung 3 sind gemessene Frequenzgänge der Empfindlichkeit eines Aufnehmers mit einer Piezelektret-Folie gezeigt. Dabei wurde die statische Vorspannung auf die Folie variiert. Alle Messungen zeigen den typischen flachen Verlauf unterhalb der jeweiligen Resonanzfrequenz und die nachfolgende Resonanzüberhöhung.

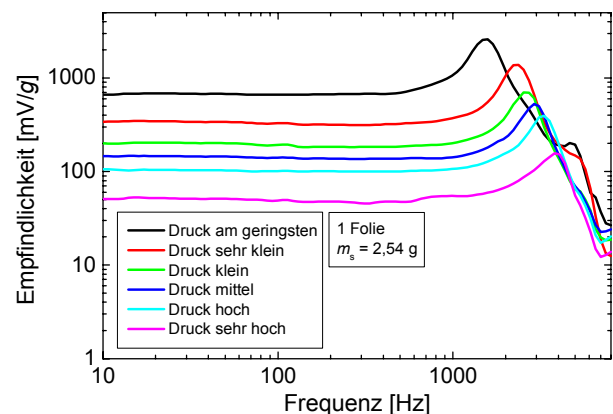


Abbildung 3: Am Kondensator C_1 bestimmte Frequenzgänge der Empfindlichkeit eines Sensors mit einer PP Piezelektretfolie, gemessen für unterschiedliche statische Drücke.

Ähnliche Messungen wurden mit gestapelten Piezoelektretfolien in den Aufnehmern durchgeführt. Da jede Folie durch die beschleunigte seismische Masse die gleiche Kraft erfährt, steigt die (Leerlauf-)Empfindlichkeit der Aufnehmer proportional zur Anzahl der Folienlagen an. Allerdings verkleinert sich durch das Stapeln der Folien auch die Resonanzfrequenz und damit der Arbeitsfrequenzbereich des Aufnehmers. Diese Zusammenhänge können Empfindlichkeitsmessungen für Aufnehmer mit zwei und drei gestapelten Folien entnommen werden, die in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt sind. Die höchste Empfindlichkeit von 900 mV/g, gemessen am Ausgang des Aufnehmers, wurde mit zwei gestapelten Folien erzielt. Die höhere Leerlaufempfindlichkeit des 3-Folien-Aufnehmers kommt wegen des kapazitiven Spannungsteilers am Gate des JFET im Vergleich zum 2-Folien-Aufnehmer offensichtlich bereits nicht mehr zum Tragen.

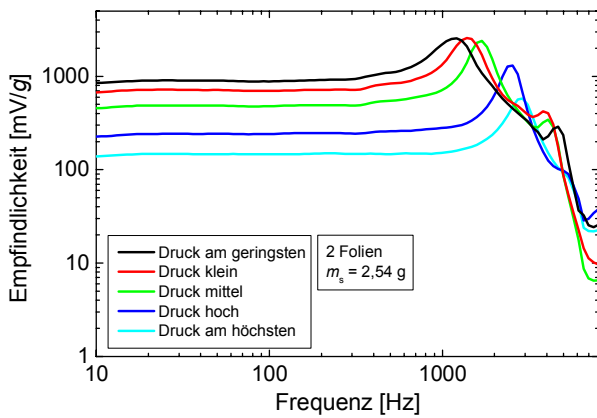


Abbildung 4: Am Kondensator C_1 bestimmte Frequenzgänge der Empfindlichkeit eines Sensors mit zwei gestapelten PP Piezoelektretfolien, gemessen für unterschiedliche statische Drücke.

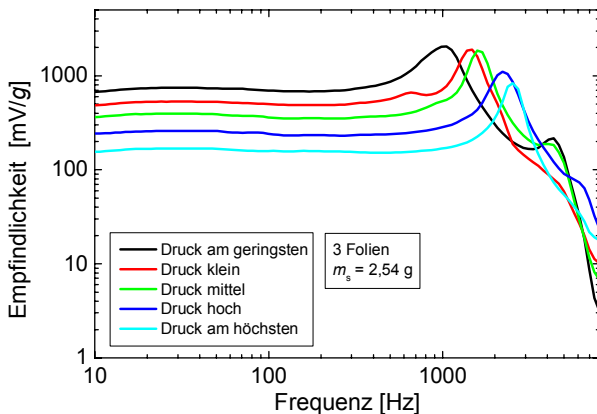


Abbildung 5: Am Kondensator C_1 bestimmte Frequenzgänge der Empfindlichkeit eines Sensors mit drei gestapelten PP Piezoelektretfolien, gemessen für unterschiedliche statische Drücke.

Störgrößen und Rauschen

Neben der Empfindlichkeit spielt der Einfluss von Störgrößen und Rauschen eine wichtige Rolle bei der Beurteilung der Qualität eines Beschleunigungsaufnehmers [2]. Das gemessene FFT-Spektrum eines Aufnehmers mit einer ein-

zelnen Piezoelektret-Folie ist in Abbildung 6 zu sehen. Aus der Rauschspannung im Frequenzbereich von 2 Hz bis 22 kHz ergibt sich eine äquivalente Beschleunigung von ca. 70 μg .

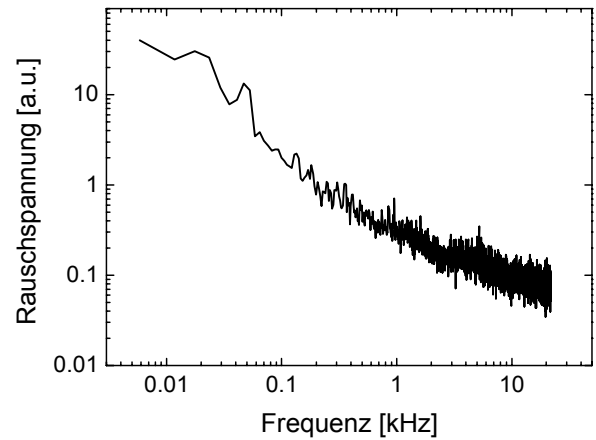


Abbildung 6: Mittels FFT bestimmte Rauschspannung eines Sensors mit einer Piezoelektretfolien, gemessen am Kondensator C_1 .

Messungen der Querempfindlichkeit eines 1-Folien-Aufnehmers in x- und y-Richtung sind in Abbildung 7 im Vergleich zu einer Messung in normaler Richtung dargestellt. Es ergaben sich, abgesehen von einigen Resonanzpeaks, sehr kleine Querempfindlichkeiten im 5 %-Bereich.

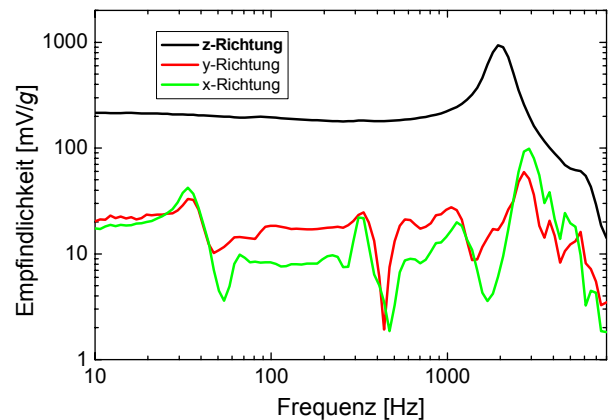


Abbildung 7: Querempfindlichkeit eines Sensors mit einer Folienlage, gemessen in x- und y-Richtung, im Vergleich zum Normalbetrieb.

Dank

Die Autoren bedanken sich beim Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst und der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung.

Literatur

- [1] J. Hillenbrand, M. Kodejska, Y. Garcin, H. von Seggern, G. M. Sessler, "High-sensitivity piezoelectret-film accelerometers", IEEE Trans. Dielectr. Electr. Ins. **17**, pp. 1021-1027 (2010).
- [2] G. Gautschi, "Piezoelectric Sensorics", Springer, Berlin, 2002.