

Quarz/Einkristall: (z.B. SiO_2 , $\text{Al}_6\text{B}_3\text{Fe}_3\text{H}_{10}\text{NaO}_{31}\text{Si}_6$, $\text{La}_3\text{Ga}_{5.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{14}$, LiNbO_3 , GaAsO_4 , BaZnO_2):

- Quarz wurde seit jeher wegen der piezoelektrischen Eigenschaften verwendet
- Bessere Langzeit-Stabilität
- Niedriger thermischer Koeffizient => thermisch stabiler
- Niedrige Kapazität => höhere Ausgangsspannung
- Ideal für hohe Messbereiche, benötigt Dämpfung für niedrigere Messbereiche
- Für Verwendung mit Ladungsausgang besser geeignet
Für IEPE-Versionen werden meistens MOSFET Verstärker intern verwendet
- IEPE-Sensorausführungen für Dauereinsatz bis 200°C möglich
- Gutes Signal-Rausch-Verhältnis im Spannungsmodus aufgrund geringer Kapazität
- Natürliche Polarisierung => Einschränkungen in der Form des Kristalls
- Ideal für kryogenische Anwendungen, hohe Temperaturspannen-, Betriebsfestigkeits- und Stoßanwendungen



Keramik/Polykristall: (z.B. PbZrO_3 , PbTiO_3 , $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}\text{O}_3$, Wolfram-Bronze)

- Steuerbare Polarisierung, das Material ist ferroelektrisch
 - Keine Einschränkungen in der Form (polykristalline Elemente)
 - Güte ist vom Hersteller / Lieferant abhängig
- Hohe Kapazität / niedrige Ausgangsspannung
 - Ideal zur Verwendung als IEPE mit J-FET Verstärker
 - Wird üblicherweise nicht mit Ladungsverstärkern verwendet
 - Ideal für niedrige Messbereiche
- Deutlich besseres Signal/Rausch-Verhältnis aufgrund hoher Empfindlichkeit und rauscharme J-FET Verstärker
- Schlechtere Langzeit-Stabilität
- Hoher thermischer Koeffizient => meistens nicht so thermisch stabil
- Pyroelektrische Empfindlichkeit schränkt die Anwendung ein (Detonation/Stoß)
- Ideal für Modalanalyse und empfindliche Anwendungen, die ein gutes Rauschverhalten benötigen



Generelle Bemerkungen:

Externe Ladungsverstärker

- Kabel haben eine inhärente Kapazität
- Rauschen hängt von der Kapazität ab (Gesamt-/ Rückkopplungskapazität)
- Rauschen aufgrund von triboelektrischen Eigenschaften
=> spezielle Low-Noise Kabel sind notwendig



IEPE mit integriertem MOSFET oder J-FET Verstärker werden meistens bevorzugt.
Hochtemperaturanwendungen von >200°C benötigen Sensoren mit Ladungsausgang mit Low-Noise- oder Hard-Line-Kabel und passende externe Ladungsverstärker.

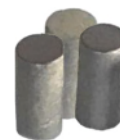
Quartz/Single Crystal (e.g. SiO_2 , $\text{Al}_6\text{B}_3\text{Fe}_3\text{H}_{10}\text{NaO}_{31}\text{Si}_6$, $\text{La}_3\text{Ga}_{5.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{14}$, LiNbO_3 , GaAsO_4 , BaZnO_2):

- Quartz has been historically used due to its piezoelectric properties
- Better long-term stability
- Low thermal coefficient => better thermal stability
- Low capacitance => higher output voltage
- Ideal for higher measuring ranges, needs attenuation for lower ranges
- Better suited for use with charge output, IEPE-versions mostly use built-in MOSFET amplifiers
- IEPE-sensor designs for use at temperatures up to 200°C possible
- Good signal-to-noise ratio in voltage mode, due to low capacitance
- Natural polarization => restrictions in the shape of the crystal
- Ideal for cryogenic, high temperature span, durability and shock applications



Ceramics/Polycrystal (e.g. PbZrO_3 , PbTiO_3 , $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}\text{O}_3$, Tungsten-Bronze):

- Controllable polarization as material is Ferroelectric
 - No restrictions in shape (polycrystalline elements)
 - Quality dependent on the manufacturer/supplier
- High capacitance / low output voltage
 - Ideal for use as IEPE with J-FET amplifier
 - Not usually used with Charge amplifiers
 - Ideal for low measuring ranges
- Significantly better signal-to-noise ratio due to high sensitivity and low-noise J-FET amplifiers.
- Poorer long-term stability
- High thermal coefficient => usually not as thermally stable
- Pyroelectric characteristics restricts some applications (such as detonation/impact)
- Ideal for modal analysis, sensitive applications that require low noise



General remarks:

External charge amplifiers

- Cables have an inherent capacitance
- Noise depends on capacitance (total capacitance/feedback capacitance)
- Noise due to the triboelectric properties => special low-noise cables are necessary



IEPE with built-in MOSFET or J-FET amplifiers are generally preferred
High temperature applications >200°C require charge-mode sensors with low-noise or hard-line cables and matched external charge amplifiers