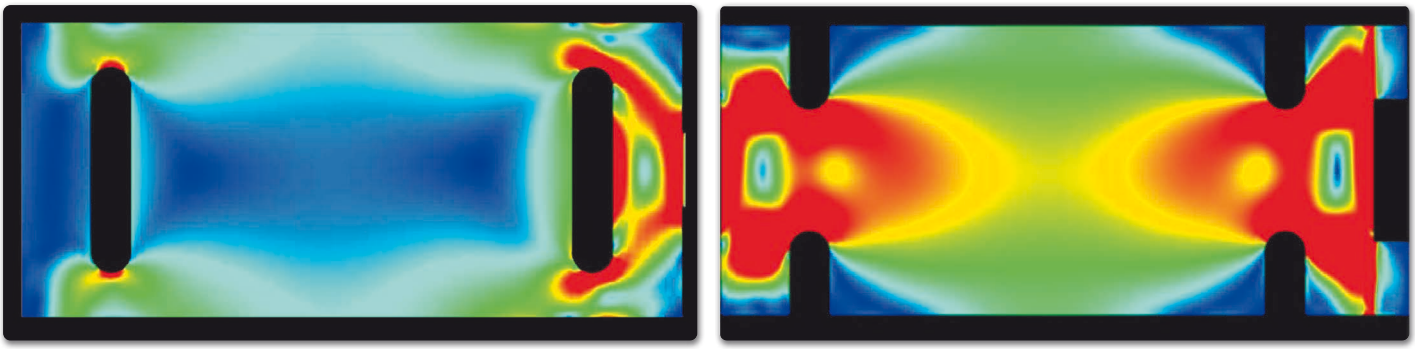
Low-G-Oszillatoren und ihre Herstellung

Dieser Artikel beschäftigt sich mit der Thema TCXO- und Low-G-Technologie und erläutert, wie deren typischen Eigenschaften bereits im Design und im Herstellungsprozess erreicht werden können.



Seit 2010 produziert QuartzCom in der Schweiz hochwertige Oszillatoren in unterschiedlichen Gehäuseabmessungen im Frequenzbereich von 5 bis 200 MHz.

Das Portfolio umfasst neben TCXO-, VCTCXO- und OCXO-Lösungen auch spezielle Oszillatoren mit sogenannten LOW-G-Eigenschaften sowie besonders geringem Phasenrauschen. Diese Eigenschaften werden insbesondere in hochwertigen und anspruchsvollen Applikationen gefordert.

Typische Einsatzbereiche sind:

- Zeitsynchronisation
- Avionik
- hochwertige Funkanwendungen
- Mobilfunk-Basisstationen
- Navigationssysteme
- mobiles Radar

coftech GmbH
info@coftech.de
www.coftech.de
in Zusammenarbeit mit
QuartzCom
www.quartzcom.com/de

Background

Die Nachfrage nach LOW-G-TCXOs steigt seit Jahren kontinuierlich an, insbesondere für Navigations- und Funkanwendungen. Bereits im Jahr 2014 entwickelte QuartzCom einen TCXO mit einer sehr geringen Beschleunigungsempfindlichkeit von unter 0,5 ppb/g (Low-G-Sensitivity <0.5 ppb/g). Dafür wurde ein spezieller Schwingquarz entwickelt, der sich deutlich von den damals üblichen Lösungen unterschied. Dabei wurden meist zwei „gespiegelte" Schwingquarze eingesetzt , um Beschleunigungseinflüsse zu kompensieren. Die von QuartzCom entwickelte Lösung benötigte hingegen nur einen einzigen Schwingquarz.

Hierfür entwickelte man spezielle Quarzblanks, die sich von bisherigen Konstruktionen nicht nur durch besondere Schnittwinkel unterschieden, sondern zusätzlich durch ein spezielles Ätzverfahren strukturiert wurden.

Im ersten Entwicklungsschritt wurden mithilfe der FEM-Methode (Finite-Elemente-Methode) innerhalb der Quarzblanks gezielt spannungsfreie Bereiche identifiziert (s. Aufmacher). Zusätzlich zu den Aussparungen wurde ein sogenanntes Bi-MESA-Podest integriert. Diese Struktur dient als „Energy Trapping" und verbessert das Schwingungsverhalten des Quarzes. Durch diese Maßnahmen konnten sowohl der Quarzwiderstand als auch dessen Streuung reduziert werden (Bild 1). Gleichzeitig wurde der Q-Faktor erhöht, was wiederum das sogenannte Close-In-Phasenrauschen deutlich verbessert.

Spezieller Trockenätzprozess

Die Ätzung der Quarzstrukturen erfolgt dabei nicht – wie weltweit üblich – mithilfe spezieller Säuregemische, sondern trocken mittels eines Magnetron-Plasma-Dry-Etch-Prozesses. Die Bilder 2 und 3 dokumentieren das verbesserte Verhalten.

Anforderungen an Alterung und Langzeitstabilität

Neben der geringen Beschleunigungsempfindlichkeit und der hohen Frequenzstabilität von ±0,25 ppm über den Temperaturbereich von -40 bis +85 °C wird zunehmend auch eine besonders geringe Alterung gefordert, typischerweise bei:

- besser als ±0,3 ppm im ersten Betriebsjahr
- besser als ±2,5 ppm über 20 Jahre

Die Alterung wird zu etwa 70% durch das Entgasen des verwendeten Klebstoffs verursacht. Weitere etwa 15% entstehen durch Feuchtigkeit, mit der der Quarzblank vor der Elektrodenbeschichtung verunreinigt war. Zusätzlich spielt selbstverständlich auch die Qualität des verwendeten Quarzmaterials eine entscheidende Rolle.

Magnetron-Plasma-Dry-Etcher

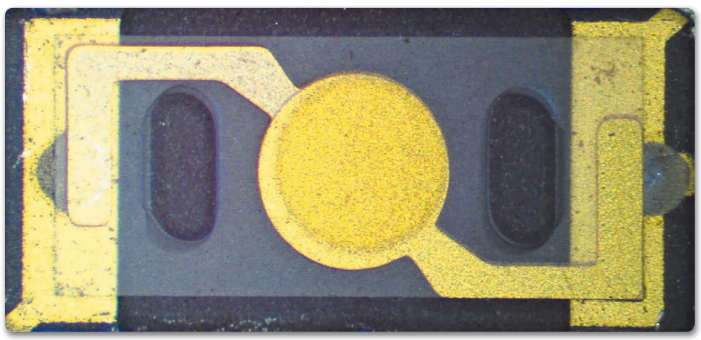


Bild 1: Die Struktur des Bi-MESA-Podestes

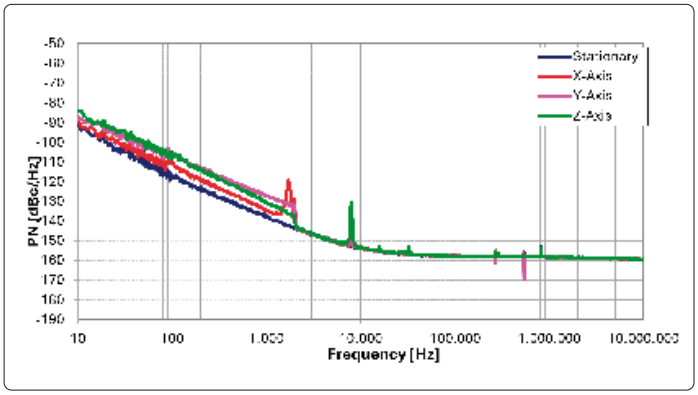


Bild 2: Messwert: 0,073 ppb/g

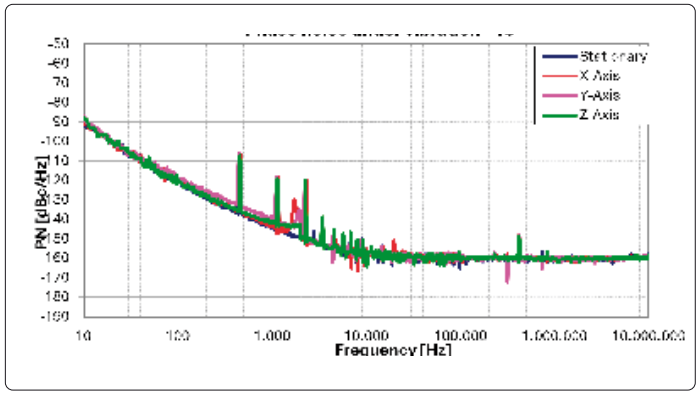


Bild 3: Messwert: 0,047 ppb/g

Um diesen Effekten entgegenzuwirken, hat QuartzCom die Klebstoffoberfläche deutlich reduziert. Der Klebstoff wird heute nahezu vollständig durch den Quarzblank abgedeckt. Zusätzlich wird die auf dem Quarzblank vorhandene Feuchtigkeit vor der Beschichtung durch Erhitzen auf über 300 °C unter Hochvakuum zu 70% entfernt. Bei der ersten Basisbeschichtung mit Titan erfolgt anschließend ein sogenannter Getter-Effekt der die restliche Feuchtigkeit durch absorbieren, entfernt. Unter „Gettern" versteht man den Einsatz chemisch reaktiver Materialien in Vakuumsystemen, um verbleibende Restgase dauerhaft zu binden.

Für diesen Prozess wurde von QuartzCom eine speziell angepasste Hochvakuum-Beschichtungsanlage entwickelt. Diese basiert auf einem BAK640-Rezipienten.

Weitere Anforderungen an moderne LOW-G-TCXOs

Weitere Anforderungen über den Temperaturbereich von -40 bis +85 °C sind u.a.:

- Frequenzstabilität von ±0,2 ppm bis hinunter zu ±0,1 ppm
- Hysterese <0,1 ppm
- keine Frequenzsprünge oder Frequenzverzerrungen

Um diese Anforderungen zu erfüllen, werden die Dimensionen der Quarz-Blanks mithilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) simuliert und kontinuierlich optimiert. Bild 4 liefert entsprechende Impressionen.

Die Designs sowie die Produktionsprozesse wurden und werden kontinuierlich weiterentwickelt. Daraus resultieren sowohl höhere Ausbeuten als auch geringere Produktionskosten.

Um die hohen Anforderungen hinsichtlich Frequenzstabilität und Zuverlässigkeit dauerhaft sicherzustellen, reichen technische Maßnahmen allein jedoch nicht aus. Ebenso entscheidend sind speziell entwickelte Prozessmaßnahmen und Fertigungsabläufe. ◄

Hochvakuum-Beschichtungsanlage von QuartzCom

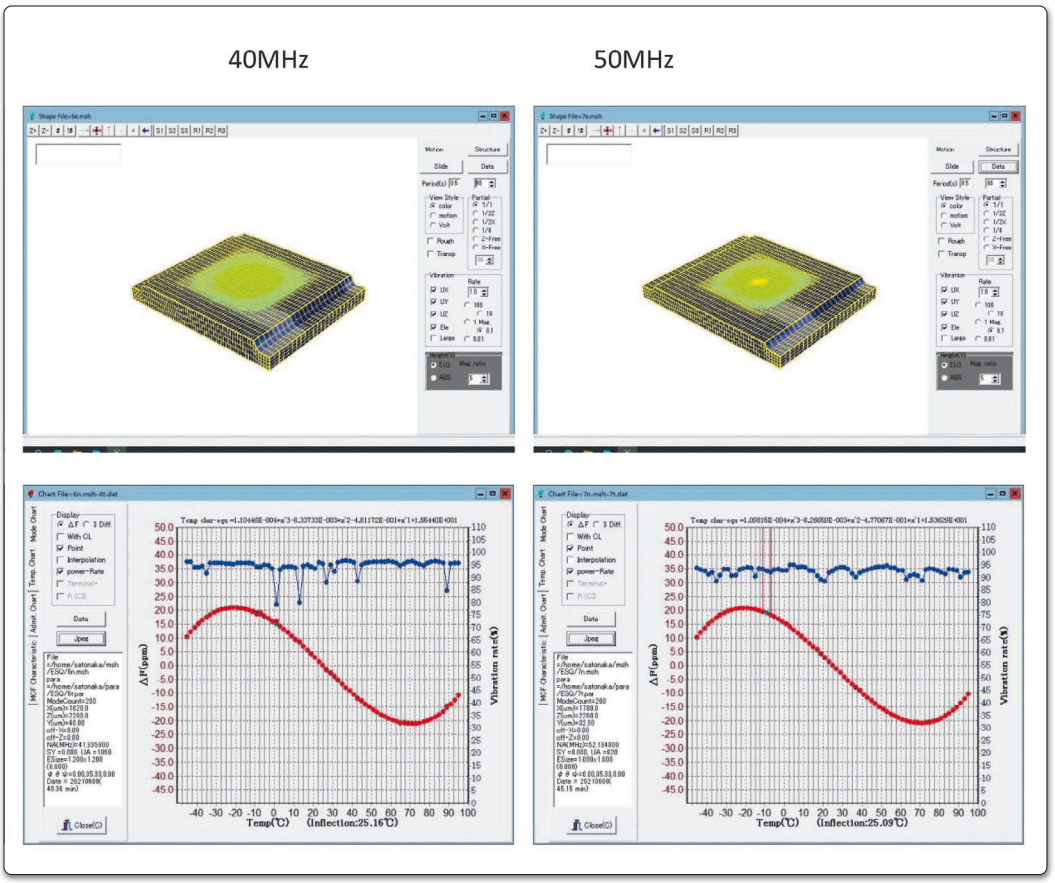


Bild 4: Die Dimensionen des Quarz-Blanks wurden simuliert und optimiert