

Was Sie schon immer über Quarze und MEMS wissen wollten

Der Beitrag beleuchtet wichtige Aspekte im Zusammenhang mit Quarzen und MEMS-Oszillatoren.

	 AT-49(EOL)	 DSX321G	 DSX321SH
	PIN TYPE	GLASS SEALING SMD	SEAM SEALING SMD
Package	Metal Base / Metal Can	Ceramic Base / Ceramic Lid	Ceramic Base / Metal Lid
Sealing Method	Spot welding	Glass sealing	Seam welding
Minimum Size	4x11mm	2.0x1.6mm	1.6x1.2mm
Overall Stability (-40 to +85°C)	Over ±60ppm	Competitor: ±50–60ppm Our suppliers: ±30ppm	±30ppm
Profitable Points	Very low ESR and Frequency	Cheaper cost Wider frequency range Wider temperature range	Less ESR value Less product height EMI resistance Easier down-sizing
Failure Rate	Less than 1%	Less than 1ppm	Less than 1ppm

Pin-Typ, Glass Sealing (Glasversiegelung) SMD und Seam Sealing (Nahtversiegelung) SMD

Wir erleben gerade eine Informationsrevolution. Kommunikation gewinnt ständig an Bedeutung, und der Datenverkehr wächst unaufhaltsam. Für große Datentransfers sind Taktgeberpräzision und -robustheit essentielle Voraussetzungen. Die Nachfrage nach Quarzprodukten steigt, und Kunden verlangen immer fortschrittlichere Quarztechnologien. Obwohl es sich um einen einfachen Taktgeber handelt und es in den letzten 20 Jahren bereits große Veränderungen gab, ist noch immer viel Raum für weitere Entwicklungen vorhanden.

Codico bietet Best-in-Class-Quarze an, diese bieten hervorragende Stabilität und können in verschiedenen Märkten und Anwendungen wie Automotive, Industriesteuerungen, Energiemessung, Telekommunikation und Medizintechnik zum Einsatz kommen.

Quarztechnologien und -anwendungen heute

Die Quarztechnologie hat im 21. Jahrhundert enorme Fortschritte gemacht. Allein in den vergangenen 20 Jahren ist die Quarzgröße auf weniger als ein Zehntel geschrumpft und das bei steigender Stabilität. Auf der anderen Seite war der Preisverfall bei den Quarzen ebenso dramatisch.

Besonders große Fortschritte hat man im Bereich der drahtlosen Kommunikation wie etwa beim Mobilfunk sowie beim IoT verzeichnet. Vor allem in

der Mobilkommunikation sind TCXOs (Temperature Compensated Xtal Oscillators), die ein Quarzblank und einen IC enthalten, stark verbreitet. Die TCXO-Bausteine, deren Abmessungen bei den ersten Mobiltelefonen 2 cm² betragen, passen jetzt auf eine Fläche von weniger als 2 mm². Darüber hinaus verfügen moderne RF-ICs heute über eine integrierte Temperaturkompensation, so dass der TSX (Xtal mit Temperatursensor) allmählich die TCXO-Technik verdrängt.

Die Konstruktion des Quarzblanks hat sich ebenfalls verändert. Ursprünglich für kHz-Quarze entwickelt, hat der photolithographische Prozess nun auch in die Produktion von MHz-Quarzen Einzug gehalten. Das Abkantverfahren, bei dem die Quarze in einem rotierenden Zylinder mit Schleifstoffen verarbeitet werden, stellt aufgrund der geringen Kosten weiterhin das vorherrschende Verfahren

dar. Mithilfe des photolithographischen Prozesses lassen sich jedoch sehr flache Quarzblanke herstellen, sodass die daraus resultierenden Quarzkomponenten eine höhere Frequenz bei einem stabilen und niedrigen ESR erzielen.

Gehäuse-Design

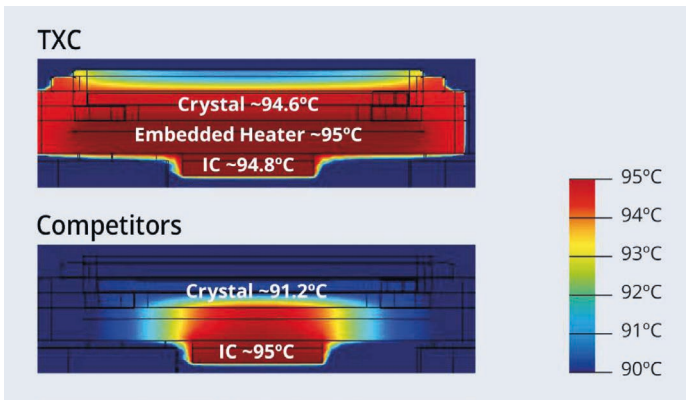
Ebenfalls weiterentwickelt hat sich das Gehäuse-Design. Einer der wichtigsten Schlüssel zur Qualität von Quarzen besteht in der Art der Versiegelung. Früher waren Metallgehäuse mit Pins am häufigsten anzutreffen. Nach der Entwicklung der SMT Ende des 20. Jahrhunderts nahm die Nachfrage nach Quarzen im Metallgehäuse ab. Letztere haben weiterhin einen Vorteil bei niedriger Frequenz mit niedrigem ESR, obwohl die Versiegelungsmethode ein größeres Ausfallrisiko durch Partikelverunreinigungen birgt.

Inzwischen überwiegen bei den Kundenanfragen Keramikgehäuse mit Glasdichtung. Bei diesen wird geschmolzenes Glas zur Versiegelung des Keramiksockels verwendet. Diese Methode hat einen Kostenvorteil gegenüber der Seam-Sealing-Versiegelungstechnik, bei der Kovar zum Einsatz kommt. Darüber hinaus deckt die Glasversiegelung aufgrund des Keramikgehäuses einen größeren Temperaturbereich ab und weist somit eine bessere Lötbeständigkeit auf.

Enge Frequenzstabilität

Es war in der Vergangenheit jedoch schwierig, die Gesamtstabilität zu gewährleisten, da zum Schmelzen des Glasdichtungsringes die Versiegelung im Ofen stattfinden musste. Die hohen Temperaturen im Ofen führten zu Frequenzdriften, sodass früher eine enge Stabilität wie beim Seam Sealing nicht möglich war. Kürzlich konnten jedoch einige

Autor:
Yasunobu Ikuno
Codico
www.codico.com



TXC's OCXO Structure vs Competitor's Structure

Hersteller eine enge Frequenzstabilität bei der Glasversiegelung erzielen, wodurch diese Technik inzwischen die gleichen Stabilitätswerte bei unverändertem Kostenvorteil erreicht.

Natürlich wird Seam Sealing nicht so schnell verschwinden, da diese Technik doch Vorteile bei der Miniaturisierung bietet, wie etwa eine geringere Höhe und extrem enge Toleranzen. Damit lässt sich eine Verbindung zwischen Metallabdeckung und Masse (GND) herstellen, die Widerstand gegen elektromagnetische Einflüsse bietet. Oszillatoren müssen mithilfe der Seam-Sealing-Methode versiegelt werden, da sie einen IC enthalten.

WLP-Technik

Des Weiteren hat Wafer-Level-Processing (WLP) auch zu Innovationen im Bereich der Quarzgehäuse geführt. Die WLP-Technik bietet Vorteile hinsichtlich Miniaturisierung sowie eine geringere Gehäusehöhe. Sie wird bei geringeren Abmessungen kosteneffektiver. Leider sind die aktuell größten Varianten 3225 (3,2 x 2,5 mm) bzw. 2016 (2 x 1,6 mm) wirtschaftlich noch nicht machbar. Darüber hinaus haben nicht alle Hersteller die Zuverlässigkeit der Versiegelungsmethode im Griff. Dennoch besteht aufgrund der geringen Höhe nun die Möglichkeit, den Quarz in einem IC oder in einer Leiterplatte zu integrieren.

Dazu sind weitere Konstruktionen erhältlich geworden. In der Vergangenheit waren

Quarz- Metallgehäuse mit zwei Anschlüssen versehen. Obwohl aktuell SMD-Versionen mit vier Anschlüssen überwiegen, sind die Produkte mit zwei Anschlüssen noch nicht vom Markt verschwunden.

Anwendungen wie Motorsteuergeräte erfordern eine sehr widerstandsfähige Lötbarkeit, daher werden Produkte mit zwei größeren Pad-Anschlüssen für solche Einsatzgebiete bevorzugt.

Robustheitsfaktor

Die Befestigung der Quarzblanks stellt einen weiteren Robustheitsfaktor dar. Es ist möglich, die Anzahl der Befestigungspunkte für die Quarzblanks zu erhöhen, um dadurch eine bessere Stoßfestigkeit zu erzielen. Hinzu kommt, dass heute eine größere Vielfalt an Klebstoffen zur Verfügung steht. So brauchen etwa Quarze, die bei 150 °C verwendet werden, einen anderen Kleber als jene, die bei 125 °C zum Einsatz kommen. Das ist auch der Grund, warum nicht viele Hersteller 150 °C in ihren Einsatzbedingungen angeben. Nur eine Handvoll Hersteller bietet wirtschaftlich produzierbare Produkte für solche Anforderungen an. Daran lässt sich allerdings messen, ob ein Hersteller in punkto Qualität und Fertigungsprozess zuverlässig ist.

Man könnte hier Einiges über die Diversifizierung von Quarzoszillatoren erzählen: Sie sollen präziser sein, ein robusteres Signal liefern, in einem breiteren Temperaturbereich anwendbar sein, mehr praktische Funkti-

onen haben usw. Eine Herausforderung bzw. Schwierigkeit für Quarzlieferanten ist es daher, bei diesen Fortschritten eine entsprechend breite Produktpalette anzubieten.

Wie eingangs erwähnt, haben sich diese Technologien in den letzten 10 bis 20 Jahren entwickelt. Die Nachfrage nach mehr Quarzprodukten steigt, und Kunden verlangen immer fortschrittlichere Quarztechnologien. Obwohl es sich um einen einfachen Taktgeber handelt, gibt es hier noch viel Raum für Entwicklung.

Das IoT lässt sich nicht mit einem einzigen Funkstandard implementieren, sondern nur mithilfe verschiedener Standards und Reichweiten. Häufig verbindet man das IoT mit einem LPWAN (Low-Power Wide-Area Network), wie etwa Sigfox oder LoRa, oder mit bestehenden weitverbreiteten Standards wie Bluetooth bzw. WiFi. Am bekanntesten ist WiFi, da diese Technik früh entstand und sich ständig weiterentwickelt hat. Es begann mit IEEE 802.11 in der 1. Generation, und der nächste WiFi-Standard wird WiFi6/IEEE 802.11ax sein. Aufgrund des höheren Datenverkehrs und des Multibandbetriebs in diesem WiFi-Standard müssen Quarze hohe Frequenzen von über 80 MHz und eine enge Stabilität von +/-20 ppm liefern. Darüber hinaus ist ein niedriger ESR erforderlich, um den Stromverbrauch gering zu halten.

Photolithographische Verarbeitung

Für diese Anwendung kommt eine photolithographische Verarbeitung der Quarzblanks zum Einsatz. Um einen niedrigen ESR mit einer sehr präzisen Oszillation zu erzielen, braucht man sehr flache Quarzblanks. Höhere Frequenzen brauchen auch dünnere Quarzblanks, die für einen normalen Verarbeitungsprozess zu zerbrechlich wären. Zur Lösung dieser Problematik kommt die Inverted-Mesa-Technik zum Einsatz.

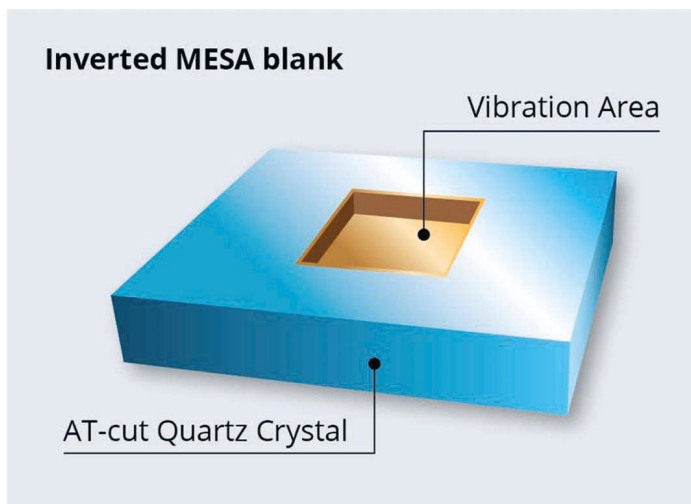
Dabei wird lediglich der mittlere schwingende Teil des Quarzblanks freigelegt. Durch die Beibehaltung der Stärke des Quarzblanks erhält man so eine hohe Frequenz und einen niedrigen ESR bei einer flachen Bauform. Dies mag einfach und selbstverständlich klingen, dieser Prozess erfordert jedoch große Erfahrung und ein hohes Technologieniveau.

Die 5G-Infrastruktur ist ein weiterer Faktor, der zur Veränderung des Marktes für Quarze führt. Um ein Mobiltelefon zu nutzen, brauchen Sie eine Basisstation, die Ihr Gebiet abdeckt. Der Versorgungsbereich einer 5G-Basisstation fällt allerdings kleiner aus. Anders als heute sind für eine flächendeckende Versorgung mehrere kleine Stationen in einem Gebiet notwendig. Diese Basisstationen verwenden im Allgemeinen OCXOs (Oven Controlled Xtal Oscillators) als Taktgeber, sodass die Nachfrage nach immer kompakteren OCXOs steigt.

Dieser Trend

hat eine Miniaturisierung der OCXOs bewirkt. Früher waren die am stärksten verbreiteten Abmessungen 37 x 28 bzw. 25 x 22 mm, heutzutage ist die vorherrschende Variante 9 x 7 mm, fast weniger als die Hälfte der ursprünglichen Größe. Auf einem dermaßen kleinen Raum muss nun jeder Hersteller eine Konstruktion entwickeln, die günstiger, genauer und stabiler ist. Manche Hersteller haben den Temperatursensor gleich dem des AT-Schnitts geändert, andere platzieren eine Heizung zwischen Quarzblank und IC.

Die Infrastruktur für feste Kommunikationseinrichtungen verwendet ebenfalls verschiedene Oszillatoren. In der jüngsten Zeit werden über diese Kommunikationsnetze immer größere Datenvolumen zu höheren Geschwindigkeiten transportiert. Um Datenverluste gering zu halten, werden Quarzoszillatoren mit Differenzausgang gegen Störsignale, die die Datenübermittlung beeinträchtigen, eingesetzt.



Inverted-Mesa-Technik

Ein Differenzausgang besitzt zwei entgegengesetzte Phasenausgänge. Bei einem normalen Einzelausgang bleiben Störungen in Richtung Ausgangsleitung bestehen. Bei zwei phasenverkehrten Ausgängen tritt eine Störung auf beiden entgegengesetzten Ausgangsleitungen auf. Sobald die zwei entgegengesetzten Signale wieder eins werden, besitzen die zwei gleichen Störsignale eine entgegengesetzte Phase und heben sich somit auf.

Hauptmerkmal dieser Differenzausgangs-Oszillatoren ist ihr geringer Phasen-Jitter. Gibt es Schwankungen in der Frequenz, so funktioniert die Störunterdrückung nicht optimal. Aufgrund des geringen Phasen-Jitters wird Quarzoszillatoren der Vorzug gegenüber MEMS-Oszillatoren gegeben.

Der jüngste Trend, den wir am Markt feststellen, ist der Einsatz von TCXOs mit CMOS-Ausgang in der Automobilindustrie. Zahlreiche Anwendungen aus dem Consumer-Bereich wie PLC (Power Line Communication) in Bordladegeräten, WiFi oder sogar hochauflösende Grafikkarten halten nun Einzug in die Automobilindustrie. Oft wird versucht, bei diesen Anwendungen zwecks einfacherer Taktgebung ebenfalls Quarze einzusetzen. Die ursprünglichen Produkte weisen eine Gesamtstabilität von +/-20 ppm oder weniger

auf, die sich allerdings auf den Consumer-Temperaturbereich bezieht. Die Verwendung von diesen Quarzen in der Automobilbranche ist jedoch angesichts der großen Temperaturbereiche und der höheren Anforderungen hinsichtlich Alterung problematisch. Man kann davon ausgehen, dass sich dieser Trend der Applikationen in den kommenden Jahren fortsetzen wird.

MEMS-Oszillatoren und Taktgebertrends

Es ist nicht leicht, die Trends auf dem Markt für Taktgeber zu definieren. Der Großteil der Anfragen für Quarze lässt sich durch Anpassung der Spezifikationen decken. Andererseits waren einige Herausforderungen sehr spezifisch, wodurch die technologische Innovation erheblich vorangetrieben wurde. Heutzutage ist es sehr schwer, das optimal passende Produkt durch einfaches Blättern in einem Katalog oder durch Surfen im Internet zu finden. Die von Ihnen gewählten Komponenten könnten dabei weit über den notwendigen Spezifikationen liegen oder Ihre Anforderungen nicht erfüllen. Wenn Sie wissen wollen, welche Quarze für Sie optimal sind, fragen Sie lieber bei den Verkaufsabteilungen der Hersteller oder bei einem Design-In-Distributor nach.

Im Bereich der MEMS-Oszillatoren hat es in den letzten

zehn Jahren große Technologiesprünge gegeben. Diese Oszillatoren, die Silikon-MEMS als Frequenzquelle verwenden, zeigten früher Schwächen bei der Stabilität. Die Temperaturkompensations-Funktion hat nun aber eine erhebliche Verbesserung herbeigeführt. In manchen Fällen sind diese inzwischen robuster bzw. genauer als Quarze.

Derzeit sieht es allerdings nicht so aus, als würden MEMS-Oszillatoren die Funktionen der Quarze komplett übernehmen. Ein großer Nachteil von MEMS ist ihr bauartbedingtes schlechteres Phasenrauschen. Es wird bei diesen Oszillatoren zwar eine Verbesserung ihrer generellen Spezifikationen mithilfe integrierter ICs erreicht, diese Lösung kann jedoch wenig zur Verringerung des Phasenrauschens beitragen. Außerdem gibt es aktuell dafür nur wenige Her-

steller, und der Markt hat noch nicht ausreichende Erfahrungen mit dem Einsatz von MEMS-Oszillatoren.

Ob bei Quarzen oder MEMS: Die Miniaturisierung schreitet bei den präzisen Taktgebern ständig voran, während gleichzeitig ihre Funktionsvielfalt wächst. Setzt sich die Miniaturisierung mit dem derzeitigen Tempo fort, so werden Taktgeber in Zukunft in ICs bzw. Leiterplatten integriert sein. Den genauen Zeitpunkt dafür können wir jedoch aktuell nicht vorhersagen.

Möglich, dass weitere, neue technologische Innovationen die zukünftigen Entwicklungen bestimmen werden. Jedenfalls ist bei diesem Trend die Aufrechterhaltung eines stabilen Qualitätsniveaus von maßgeblicher Bedeutung. ◀

PRODUCT NAME	DSB211SJA
Size	2.0x1.6mm (max height 0.8mm)
Frequency	13...26MHz, 32...52MHz
Operating Temperature Range	-40 to +105°C (125°C considerable)
Overall Frequency Tolerance*	±7.5ppm
Supply Voltage	+1.8 to +3.3V
Output signal	CMOS
*Initial tolerance + Temperature Characteristic + Aging 1year	