

The lead-free TGS 4260 oxygen Sensor and KE-LF series from Figaro Engineering Inc.

Why lead-free technology?

Figaro introduced the well-known KE Series oxygen sensors 40 years ago, developing a range of galvanic sensors tailored to different application needs. These sensors were designed to offer varied operational lifespans, response times, and flexible fitting options to integrate seamlessly into OEM enclosures. These sensors along with many other electrochemical oxygen sensors not defined as being lead-free, contain a lead anode which gradually depletes over time.

Lead, amongst other substances, has been found to be harmful to human health and the environment, Steps have been taken to restrict its general usage. In the electrical and electronics industry, the RoHS (Restriction of Hazardous Substances) Directive came into effect in 2006 restricting the use of hazardous materials, including lead (Pb), in electrical and electronic equipment sold within the EU but electrochemical oxygen sensors were exempt due to the lack of viable alternatives at the time. This sparked the creation of the innovative lead-free KE-LF series, which has been offered to the market alongside the classic KE series for the past three years.

Now that lead-free sensor technology has advanced, the RoHS exemptions have been phased out or are under review. Manufacturers should now be transitioning to RoHS-compliant, lead-free alternatives to meet regulatory requirements while maintaining sensor performance. Maxell and Figaro have stopped production and sales of the original lead-containing KE series to concentrate solely on the lead-free sensors.

What are oxygen sensors used for?

Oxygen sensors are used in a diverse range of applications including, but not limited to:

Modified atmosphere packaging for food

Industrial combustion processes

Biotechnology for optimal growth of cell cultures and bacteria

Waste water biological treatment – optimisation of aeration process

Fuel Cell Technology for maximum efficiency.

Additive manufacturing processes (3D Printing)

Personal Safety - monitoring oxygen levels in confined spaces e.g. aircraft cabin, a mine or tunnel

Environmental monitoring

Medical Devices e.g. incubators. The sensor can also be used in ventilators and anaesthesia equipment but is not itself CE or UKCA certified.

What models of Oxygen sensor do Figaro supply and what are their differences?

Figaro offers two sensor types: Galvanic, and Potentiostatic electrolytic.

The major selling feature of the galvanic sensor is that it requires no external power, it generates its own power through its electrochemical reaction. Potentiostatic sensors require a constant external voltage and are typically mounted on the PCB. Due to lack of circuitry and power requirements, the galvanic sensor is simpler to maintain and has no associated running costs.

Galvanic sensors are not as sensitive to external factors such as temperature and humidity so are more durable and reliable in applications subject to changes in the environment.

Potentiostatic electrolytic sensors are more sensitive to small changes in oxygen concentration and are more accurate, particularly at low oxygen concentrations, because they operate under a constant applied voltage, maintaining stable electrochemical reactions. These sensors have a smaller footprint and a quicker response time compared to galvanic sensors.

For more information on the two sensor types and mode of operation please read on....

Lead-free, potentiostatic, electrolytic type oxygen sensor TGS4260

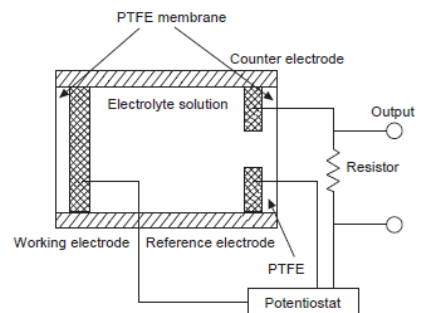
The TGS4260 is a three electrode electrochemical cell, comprising a working electrode (WE), a counter electrode (CE) and a reference electrode (RE). All three electrodes are contained within a resin housing and immersed in a liquid electrolyte.

A **constant voltage (potentiostatic control)** is applied between the working (WE) and reference electrodes (RE) to drive the oxygen reaction and the electrolytic current generated between WE and CE is meanwhile measured.

When the TGS4260 sensor is placed in the presence of oxygen, maintaining the potential of the WE at a predetermined negative value with respect to the RE potential causes oxygen to be reduced at the WE and water to simultaneously oxidise at the CE. During these electrochemical reactions, ionic conduction occurs in the electrolyte and electronic conduction occurs in the external circuit. The generated electrolytic current is converted to a voltage output which is proportional to oxygen concentration.

The formula for the reaction of the working electrode is: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

The formula for the reaction of the counter electrode is: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$



Lead-free, electrochemical oxygen sensor family KE-LF

The KE-LF series oxygen sensors; KE-25LF, KE-25F3LF, KE-25F3LFM, KE-12F3LF and KE-50LF are unique galvanic cell oxygen sensors developed by Maxell, Ltd. in Japan.

The KE-LF series succeeds the well-established KE series, providing a lead-free alternative. As pioneers in galvanic lead-free oxygen sensor technology, Maxell has applied its experience to develop sensors that maintain the exceptional performance of their lead-containing predecessors. These sensors maintain key features such as no cross-sensitivity to CO₂, good chemical resistance, and long operational life. Designed to meet the growing demand for oxygen monitoring, the KE-LF series delivers reliable and precise performance across a wide variety of applications.

The KE-LF series sensor functions as a metal-air battery, consisting of a metal anode, an oxygen cathode, and a weakly acidic electrolyte. Oxygen molecules pass through a permeable membrane into the electrochemical cell, where they are reduced at the cathode in the presence of the electrolyte. The resulting current between the electrodes is directly proportional to the oxygen concentration in the measured gas mixture.

The sensor's output voltage, measured across a thermistor (for temperature compensation) and a resistor, serves as the signal, with changes in voltage reflecting variations in oxygen concentration.

A small internal air bubble helps compensate for pressure fluctuations, ensuring stability. The sensor housing is made of durable ABS resin.

For more Technical information please see below or contact Figaro.

https://www.figaro.co.jp/en/product/docs/ke-lf_product%20information%28en%29_rev08.pdf

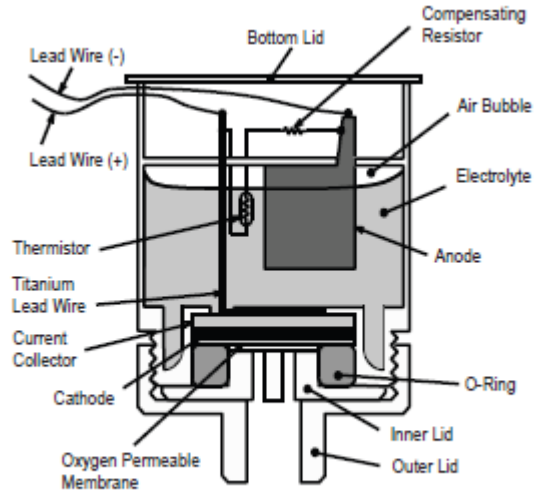


Fig. 1 - Structure of KE-LF sensors

FIGARO Engineering Inc.
1-11-46 Senbahigashi, Mino, Osaka 562-0035, JAPAN
Phone: +81-72-728-2560
E-Mail: figaro@figaro.co.jp

Figaro Europe Office
Phone: +49-171-5538816 (Germany)
Phone: +44-7483-411193 (UK)

Der bleifreie Sauerstoffsensoren TGS4260 und die KE-LF-Serie von Figaro Engineering Inc.

Warum bleifreie Technologie?

Figaro führte vor 40 Jahren die bekannten Sauerstoffsensoren der KE-Serie ein und entwickelte eine Reihe von galvanischen Sensoren, die auf unterschiedliche Anwendungsanforderungen zugeschnitten sind. Diese Sensoren wurden so konzipiert, dass sie unterschiedliche Lebensdauern, Reaktionszeiten und flexible Montageoptionen bieten, um sich nahtlos in OEM-Gehäuse zu integrieren. Diese Sensoren enthalten, zusammen mit vielen anderen elektrochemischen Sauerstoffsensoren die nicht als bleifrei definiert sind, eine Bleianode, die sich im Laufe der Zeit allmählich erschöpft.

Es wurde festgestellt, dass Blei unter anderem schädlich für die menschliche Gesundheit und für die Umwelt ist. Es wurden deshalb Maßnahmen ergriffen, seine allgemeine Verwendung einzuschränken. In der Elektro- und Elektronikindustrie trat 2006 die RoHS-Richtlinie (Restriction of Hazardous Substances) in Kraft, die die Verwendung von gefährlichen Stoffen, einschließlich Blei (Pb), in Elektro- und Elektronikgeräten einschränkte, die innerhalb der EU verkauft wurden, aber elektrochemische Sauerstoffsensoren waren aufgrund des Mangels an praktikablen Alternativen zu dieser Zeit ausgenommen. Dies war der Anstoß für die Entwicklung der innovativen bleifreien KE-LF-Serie, die seit drei Jahren neben der klassischen KE-Serie auf den Markt kommt.

Jetzt, da die bleifreie Sensortechnologie weiterentwickelt wurde, werden die RoHS-Ausnahmen auslaufen oder werden derzeit überprüft. Die Hersteller sollten jetzt auf RoHS-konforme, bleifreie Alternativen umsteigen, um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen und gleichzeitig die Sensorleistung zu erhalten. Maxell und Figaro haben die Produktion und den Vertrieb der originalen bleihaltigen KE-Serie eingestellt, um sich ausschließlich auf die bleifreien Sensoren zu konzentrieren.

Wofür werden Sauerstoffsensoren verwendet?

Sauerstoffsensoren werden in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt, einschließlich, aber nicht beschränkt auf:

Verpackungen unter Schutzatmosphäre für Lebensmittel

Industrielle Verbrennungsprozesse

Biotechnologie für optimales Wachstum von Zellkulturen und Bakterien

Biologische Abwasserbehandlung – Optimierung des Belüftungsprozesses

Brennstoffzellen-Technologie für maximale Effizienz

Additive Fertigungsverfahren (3D-Druck)

Persönliche Sicherheit - Überwachung des Sauerstoffgehalts in engen Räumen, z. B. in der Flugzeugkabine, in einer Mine oder in einem Tunnel

Umweltüberwachung

Medizinprodukte, z. B. Inkubatoren. Der Sensor kann aber auch in Beatmungsgeräten und Anästhesiegeräten eingesetzt werden, ist aber selbst nicht CE- oder UKCA-zertifiziert.

Welche Modelle von Sauerstoffsensoren liefert Figaro und was sind ihre Unterschiede?

Figaro bietet zwei Sensortypen an: Galvanisch und potentiostatisch elektrolytisch.

Das Hauptverkaufsmerkmal des galvanischen Sensors besteht darin, dass er keine externe Energie benötigt, sondern durch seine elektrochemische Reaktion seinen eigenen Strom erzeugt.

Potentiostatische Sensoren benötigen eine konstante externe Spannung und werden typischerweise auf der Leiterplatte montiert. Aufgrund der nicht benötigten Beschaltung und Stromversorgung ist der galvanische Sensor einfacher zu warten und hat keine damit verbundenen Betriebskosten.

Galvanische Sensoren reagieren nicht so empfindlich auf äußere Faktoren wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit und sind daher langlebiger und zuverlässiger in Anwendungen, die Veränderungen in der Umgebung unterliegen.

Potentiostatische elektrolytische Sensoren reagieren empfindlicher auf kleine Änderungen der Sauerstoffkonzentration und sind genauer, insbesondere bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen, da sie unter einer konstanten angelegten Spannung arbeiten und stabile elektrochemische Reaktionen aufrechterhalten. Diese Sensoren haben einen kleineren Platzbedarf und eine schnellere Reaktionszeit im Vergleich zu galvanischen Sensoren.

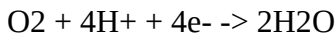
Bleifreier, potentiostatischer, elektrolytischer Sauerstoffsensor TGS4260

Der TGS4260 ist eine elektrochemische Zelle mit drei Elektroden, bestehend aus einer Arbeitselektrode (WE), einer Gegenelektrode (CE) und einer Referenzelektrode (RE). Alle drei Elektroden befinden sich in einem Harzgehäuse und sind in einen flüssigen Elektrolyten getaucht.

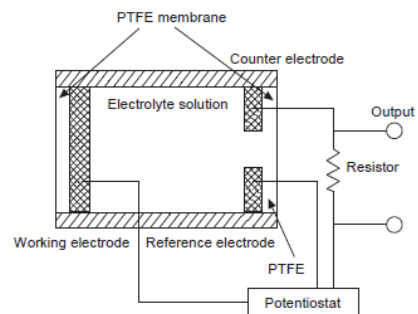
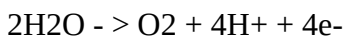
Zwischen der Arbeits- (WE) und der Referenzelektrode (RE) wird eine konstante Spannung (potentiostatische Steuerung) angelegt, um die Sauerstoffreaktion anzutreiben, und der zwischen WE und CE erzeugte Elektrolytstrom wird währenddessen gemessen.

Wenn der TGS4260 Sensor in einer Umgebung mit Sauerstoff platziert wird, führt die Beibehaltung des Potentials der WE auf einem vorgegebenen negativen Wert in Bezug auf das RE-Potential dazu, dass der Sauerstoff an der WE reduziert wird und das Wasser gleichzeitig am CE oxidiert. Während dieser elektrochemischen Reaktionen tritt die Ionenleitung im Elektrolyten und die elektronische Leitung im externen Schaltkreis auf. Der erzeugte Elektrolytstrom wird in einen Spannungsausgang umgewandelt, der proportional zur Sauerstoffkonzentration ist.

Die Formel für die Reaktion der Arbeitselektrode lautet:



Die Formel für die Reaktion der Gegenelektrode lautet:



Bleifreie, elektrochemische Sauerstoffsensordfamilie KE-LF

Die Sauerstoffsensoren der KE-LF-Serie; KE-25LF, KE-25F3LF, KE-25F3LFM, KE-12F3LF und KE-50LF sind einzigartige galvanische Sauerstoffsensoren, die von Maxell, Ltd. in Japan entwickelt wurden.

Die KE-LF-Serie löst die etablierte KE-Serie ab und bietet eine bleifreie Alternative. Als Pionier in der galvanischen bleifreien Sauerstoffsensordfamilie hat Maxell seine Erfahrung genutzt, um Sensoren zu entwickeln, die die außergewöhnliche Leistung ihrer bleihaltigen Vorgänger beibehalten. Diese Sensoren behalten wichtige Merkmale bei, wie z. B. keine Querempfindlichkeit gegenüber CO₂, gute chemische Beständigkeit und lange Lebensdauer. Die KE-LF-Serie wurde entwickelt, um der wachsenden Nachfrage nach Sauerstoffüberwachung gerecht zu werden, und bietet eine zuverlässige und präzise Leistung in einer Vielzahl von Anwendungen.

Der Sensor der Serie KE-LF funktioniert als Metall-Luft-Batterie, bestehend aus einer Metallanode, einer Sauerstoffkathode und einem schwach sauren Elektrolyten. Sauerstoffmoleküle gelangen durch eine durchlässige Membran in die elektrochemische Zelle, wo sie an der Kathode in Gegenwart des Elektrolyten reduziert werden. Der resultierende Strom zwischen den Elektroden ist direkt proportional zur Sauerstoffkonzentration im gemessenen Gasgemisch.

Als Signal dient die Ausgangsspannung des Sensors, die über einen Thermistor (zur Temperaturkompensation) und einen Widerstand gemessen wird, wobei Spannungsänderungen Schwankungen der Sauerstoffkonzentration widerspiegeln.

Eine kleine interne Luftblase hilft, Druckschwankungen auszugleichen und sorgt so für Stabilität. Das Sensorgehäuse besteht aus strapazierfähigem ABS-Harz.

Für weitere technische Informationen lesen Sie bitte unten oder kontaktieren Sie Figaro.

https://www.figaro.co.jp/en/product/docs/ke-lf_product%20information%28en%29_rev08.pdf

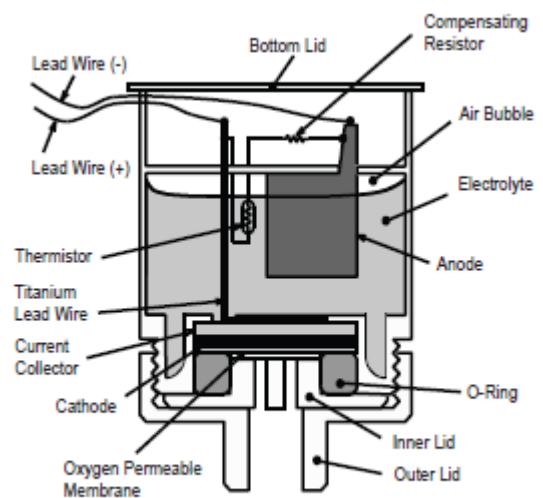


Fig. 1 - Structure of KE-LF sensors

FIGARO Engineering Inc.
1-11-46 Senbahigashi, Mino, Osaka 562-0035, JAPAN
Telefon: +81-72-728-2560
E-Mail: figaro@figaro.co.jp

Figaro Büro Europa
Telefon: +49-171-5538816 (Deutschland)
Telefon: +44-7483-411193 (Großbritannien)