

## בחינה בכתב (חשמל - אלקטרוניקה) – מאי 2009.

למשרד נכנס מר יובב בן מנשה ושואל אותך, האם יש לך קונפליקט כלשהו בתחום מערכות ההתראה לגילוי חדירות - אותן גדרות התראה אשר פרוסות לאורך גבולות, קווי-הפרדה ומתקנים חשובים, ואמורות לגלות ולהתריע מפני ניסיון של חדירה דרך הגדר על-גבה הן מותקנות (או בטיפוס על הגדר הנ"ל).

מעט שאתה בודק ומאשר כי אין ניגודי אינטרסים, הוא פורס בפניך את המצאתו, ואתה מנסה לסכם את דבריו (שהרי disclosure בכתב הוא לא הביא) –

לדבריו, קיימות מערכות אשר כוללות יחידת בקרה מרכזית ממנה נפרסים קו אחד או יותר, ואשר כוללות comparator, מספר סנסורים אשר מחוברים בטור, ורכיב התנגדות בקצה הקו. כל comparator מעבד אותות אשר נשלחים אליו ממקטעי קו באורך של כמה וכמה מאות מטרים, ולפיכך – איתור החדירה כיום אינו מדויק אלא כללי ביותר- בתחום הטווחים של כמה מאות מטרים. כמובן שהפניית הסיוור אל מיקטע ארוך שכזה, אינה יעילה וכאשר יש צורך בהגנת קווים ארוכים, נדרשת כמות עצומה של יחידות בקרה comparators. גם הרגישות של גדרות כאלה היא נמוכה (הרבה "רעש" נקלט במערכת וחייבים להפחית רגישות כדי למנוע תופעה של אזעקות שווא תכופות).

מר יובב מציג לפניך שרטוט (מצ"ב ומסומן א'), אשר מתאר את אמצאתו –

המערכת שהוא מבקש כי תערוך לגביה בקשת פטנט, כוללת יחידת בקרה מרכזית עם timer אשר מתפעל משדר. המשדר מחובר לקו ול counter אשר מתופעל ע"י מתנד. מקלט מחובר אף הוא לקו ומותקן במעגל לשם הפעלת יחידת אזעקה ו counter. ה counter מפעיל "יחידת תרגום זמן למרחק" שתפקידה לתרגם את האות אשר נקלט במקלט למרחק אשר נמדד מנקודת ייחוס כלשהי, ולהציג אותו על-גבי יחידת תצוגה.

קו החיישנים עצמו (אשר עשוי להיפרס לדוגמא, לאורך של 1000 מטר מצידה האחד של יחידת הבקרה או משני צדדיה), מורכב מזוג תילים אשר בזמן פעולה, יחידת המשדר כל-הזמן מעבירה לתוכם פולסים בקצב קבוע מראש.

זוג התילים מגושרים באמצעות רכיב נגד (בקצה שלהם, רכיב עם התנגדות זהה פחות או יותר להתנגדות האופיינית של הקו), ובאמצעות הרבה הרבה חיישנים שפרוסים לאורכם (נניח במרחקים של 3 – 10 מטר זה מזה).

החיישנים יכולים להיות מחוברים לזוג החוטים בטור (במצב "רגיל-סגור"), במקביל (במצב "רגיל-פתוח"), או גם וגם. החיישנים יכולים להיות מסוגים שונים ומגוונים (לדוגמא – חיישני זעזועים, מדי-מעוות, אינפרא-אדום וכו'). את קו החיישנים מתקינים על-גבי גדר אשר עשויה להוות מכשול פיזי שיעכב את החודר (לדוגמא גדר תיל דוקרני).

כל עוד החיישנים נותרים במצבם הרגיל, הפולסים שמשדר המשדר, מתפזרים ע"י הנגד שמתפקד כעומס (ולפיכך המקלט לא יקלוט את הפולסים). אבל – כאשר חל שינוי באחד החיישנים (מעבר ממצבו הרגיל למצבו השני כתוצאה מהתרחשות של תופעה אשר קשורה כרגיל בניסיון חדירה, לדוגמא – זעזוע, כיפוף, חום... בהתאם לסוג החיישן), הפולס המשודר לא יגיע לנגד אלא למקלט.

הפולס שנקלט במקלט יכול לשמש אז להפעלת כל מיני סוגי התראות - ויזואליות, אודיו-ויזואליות, סלולאריות (התקשרות למנוי כי המערכת טובה גם להגן על וילות של כל מיני מתעשרים "מסודרים")<sup>1</sup>.

בד בבד, הפולס יפעיל את ה counter לשליחת אות, זאת - לשם חישוב הזמן שלקח לפולס לחזור, ולשם תרגום הזמן למרחק (מרחק אשר עשוי להיות מוצג על-גבי יחידת תצוגה שעשויה לכלול גם מפה טופוגרפית על-גבה תצוין נקודת ההתרחשות המדויקת).

"אז זהו" מסכם יובב "אני צריך *patent pending* כי היום בערב אני מציג את המערכת". ליד הדלת הוא פונה אליך, ומבקש "תשמע, יש לי עוד פיתוח - מעגל שמתאים לשמש בחיישן שיותקן במערכת, או אפילו לרישום כפטנט נפרד, ולא איכפת לי שתכתוב גם עליו בבקשת הפטנט...".

אמנם סיכמת כבר עם יובב על המחיר, וזאת - במחשבה שהמדובר בהמצאה אחת, אבל חשוב לך שיושב יהיה לקוח מרוצה ואתה ממשיך ומתעמק גם באמצאתו השניה (אשר מר יובב ממחר לחזור לשולחן ולשלוף בעניינה, לא פחות ולא יותר מאשר... שלושה שרטוטים מצ"ב ומסומנים ב', ג' ו- ד') -

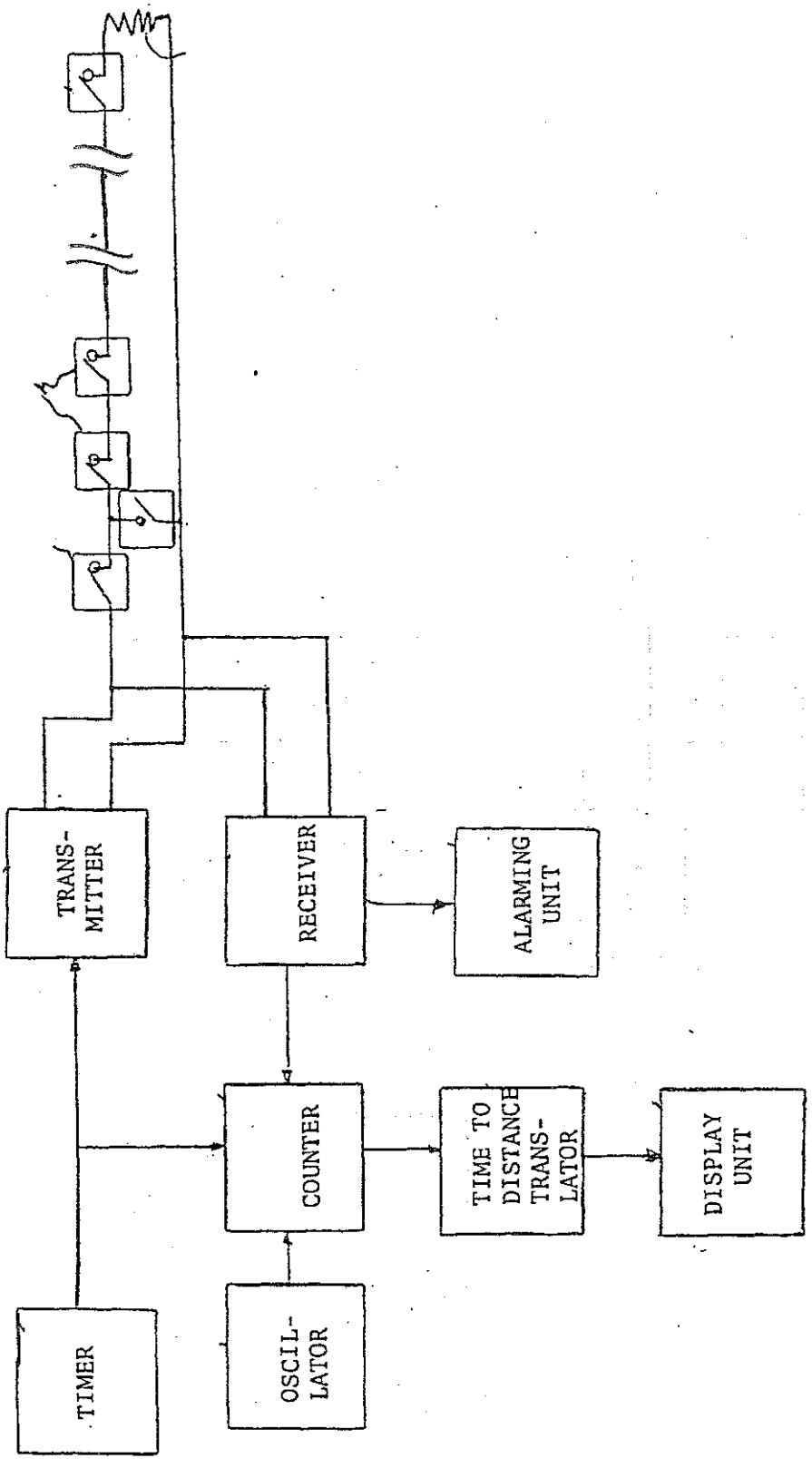
המדובר במכלול מד מעוות (Strain Gage), אשר ניתן לרתום לתיל מתוח של גדר (לא משנה איך, זה היבט מכאני ברור מאליו), כך ששינויי המתוחות בתיל (כפי שהם מתרחשים מעת ביצוע חדירה דרכו - ניתוק התיל, כיפוף התיל וכו'), יורגשו ע"י מכלול מד המעוות.

"כתבתי לך קצת הסברים על-גבי השרטוטים וגם צרפתי לך שרטוטים נקיים כדי שיהיה לך קל..." מסביר יובב "...המדובר במיקום של *full bridge strain gage* על גבי מעגל מודפס כך שכיפוף משטח המעגל בכיוון ניצב בעיקרו למשטח המעגל, יוביל להפקת חיווי... יש ארבע רכיבי התנגדות מעוצבים כסרפנטינה... זוג אחד ניצב בכיוונו לזוג השני... כל אחד מהם עם התנגדות של בערך 300 אום... העיקר הוא שמייצרים את הכל בטכניקות מוכרות של ייצור מעגל מודפס... התנגדות הנגד היא עפ"י ה *gain* שמבקשים להשיג... המגבר הדיפרנציאלי מגביר את ה *differential voltage* והטרמינלים מקושרים לקונקטור שלא ציירתי... הנגד מחובר בין היציאה של המגבר לבין *inverting input* למגבר, כדי לבקר את ה *gain* ולהוסיף יציבות למעגל ההגברה, ויש לו התנגדות של בערך 33 קילו-אום... בזמן עבודה *DC bias supply biases the bridge elements and the amplifier with DC bias voltage relative to the ground, for example 5 volts*... תגיד לי יובב, אני לא יכול לרשום פרוביזיאנל לבד וזהו?... כמה זה יעלה לי להגיש אצלך פרוביזיאנל? ... תראה בשרטוט ד' את הגרף של המתח הדיפרנציאלי ביציאה מהמגבר לעומת הכפיפה המכאנית... תראה איזה סינגל חזק אני מקבל לעומת החיישנים הקודמים שהיו רק עם רגל אחת של הגשר בחיישן ושאר הגשר מרוחק ממנו..."

אתה מהנהן מלומדות, כאילו אתה מבין בכלל על מה הוא מדבר<sup>2</sup>. מיואש אתה שולח את יובב לדרכו וממחר לגלוש לויקיפדיה כדי לדעת מה זה בכלל Strain Gage (דפי התדפיס מצ"ב), ומתיישב לכתוב את הבקשה, כאשר יובב באדיבותו, השאיר לך גם סט של שרטוטים "נקיים", כדי שתוכל להשתמש בהם לצורכי הבקשה (אתה גם יכול להוסיף שרטוטים משל עצמך כראות עיניך). נסה לכתוב לפחות על אחת מהאמצאות (במלים אחרות - מספיקה בקשה על אחת מהאמצאות ובדגש על מערך התביעות שלה).

<sup>1</sup> ומר יובב לא מסתיר ממך את חלומו לעשות "אקזיט" מהיר בזכות המצאתו ולהצטרף לקהילה זו במהרה.  
<sup>2</sup> מצוות עורכי פטנטים מלומדה, שפת גוף הכרחית בהגדרה ממש.

12



17

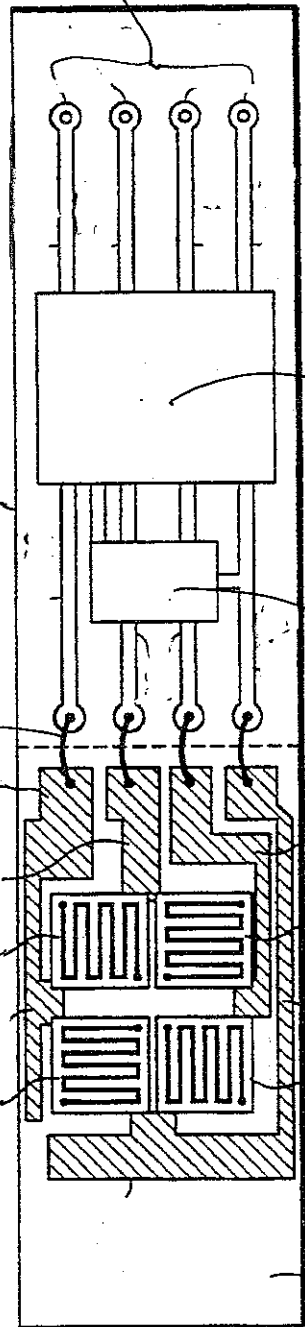
מכשיר מדידה  
למדידת זרם

מכשיר מדידה

2- זרם  
מדידה

3- זרם  
מדידה

מדידה



0- זרם  
מדידה

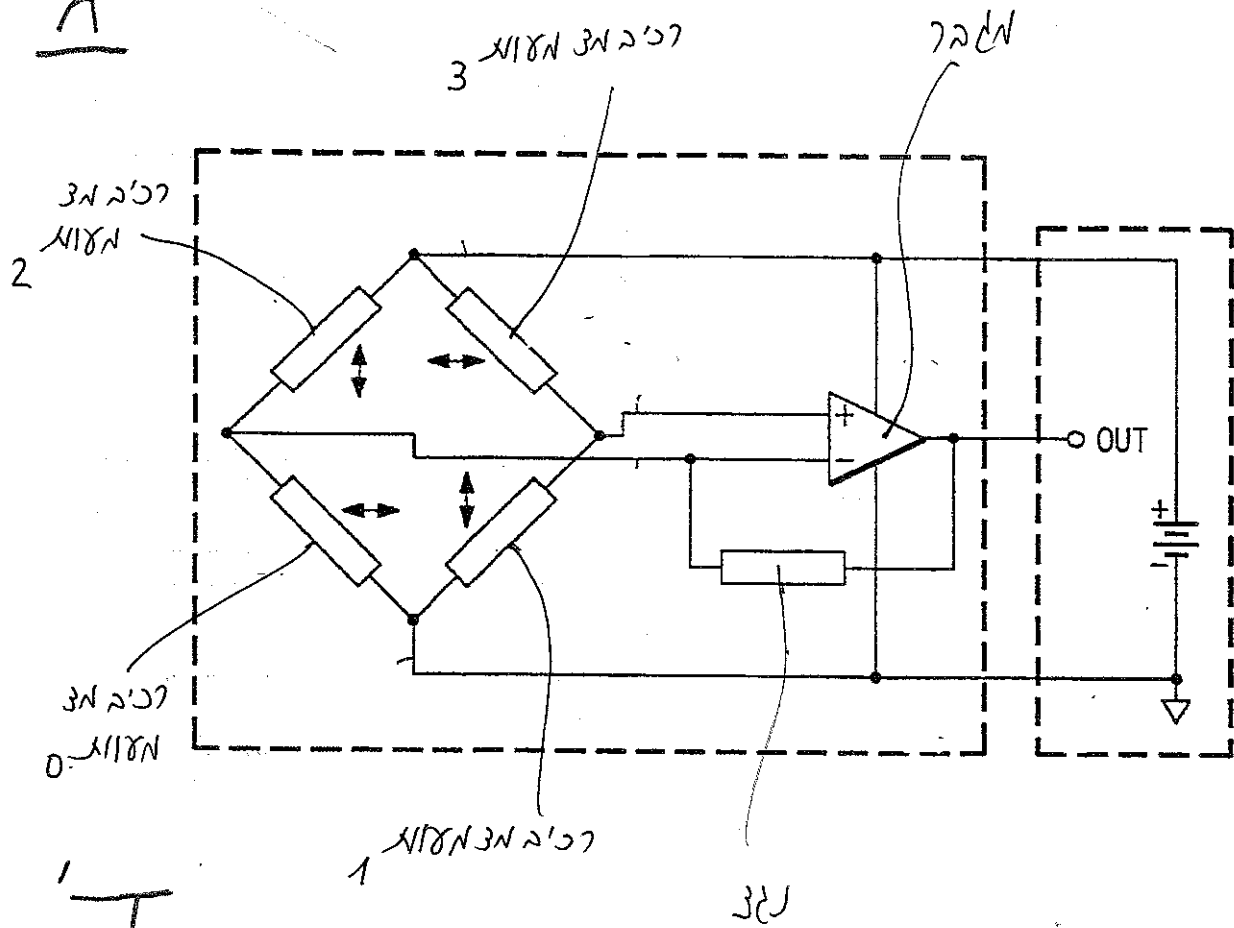
1- זרם  
מדידה

(זרם מדידה של 0.5 א"מ)

זרם

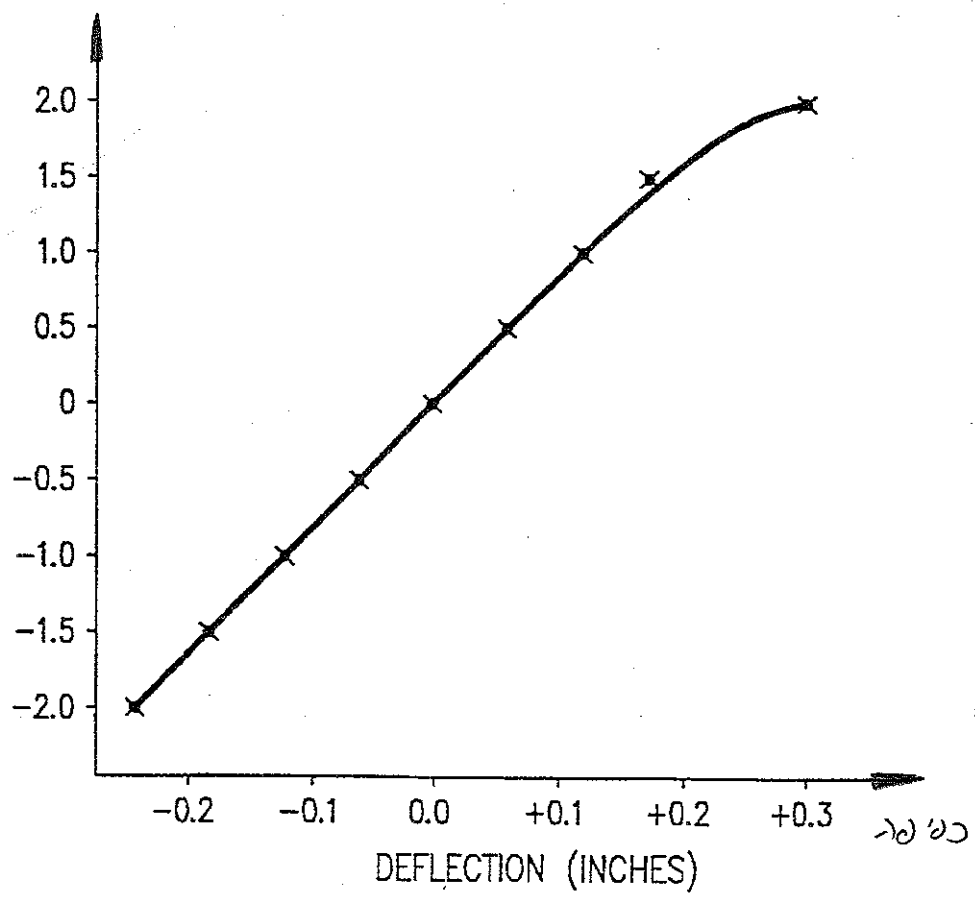
זרם

7



1

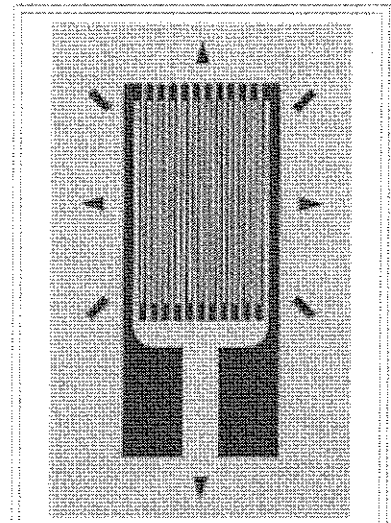
ΔV  
מגוון



# Strain gauge

From Wikipedia, the free encyclopedia

A **strain gauge** (alternatively: **strain gage**) is a device used to measure the strain of an object. Invented by Edward E. Simmons and Arthur C. Ruge in 1938, the most common type of strain gauge consists of an insulating flexible backing which supports a metallic foil pattern. The gauge is attached to the object by a suitable adhesive, such as cyanoacrylate.<sup>[1]</sup> As the object is deformed, the foil is deformed, causing its electrical resistance to change. This resistance change, usually measured using a Wheatstone bridge, is related to the strain by the quantity known as the *gauge factor*.



Typical foil strain gauge. The gauge is far more sensitive to strain in the vertical direction than in the horizontal direction. The markings outside the active area help to align the gauge during installation.

## Contents

- 1 Physical operation
- 2 Gauge factor
- 3 Gauges in practice
  - 3.1 Variations in temperature
- 4 Other gauge types
- 5 Mechanical types
- 6 See also
- 7 References
- 8 External links

## Physical operation

A strain gage takes advantage of the physical property of electrical conductance's dependence on not merely the electrical conductivity of a conductor, which is a property of its material, but also the conductor's geometry. When an electrical conductor is stretched within the limits of its elasticity such that it does not break or permanently deform, it will become narrower and longer, changes that increase its electrical resistance end-to-end. Conversely, when a conductor is compressed such that it does not buckle, it will broaden and shorten, changes that decrease its electrical resistance end-to-end. From the measured electrical resistance of the strain gauge, the amount of applied stress may be inferred. A typical strain gauge arranges a long, thin conductive strip in a zig-zag pattern of parallel lines such that a small amount of stress in the direction of the orientation of the parallel lines results in a multiplicatively larger strain over the effective length of the conductor—and hence a multiplicatively larger change in resistance—than would be observed with a single straight-line conductive wire.

## Gauge factor

The gauge factor *GF* is defined as:

$$GF = \frac{\Delta R/R_G}{\epsilon}$$

where

$R_G$  is the resistance of the undeformed gauge,  
 $\Delta R$  is the change in resistance caused by strain, and  
 $\epsilon$  is strain.

For metallic foil gauges, the gauge factor is usually a little over 2.<sup>[2]</sup> For a single active gauge and three dummy resistors, the output  $v$  from the bridge is:

$$v = \frac{BV \cdot GF \cdot \epsilon}{4}$$

where

$BV$  is the bridge excitation voltage.

Foil gauges typically have active areas of about 2-10 mm<sup>2</sup> in size. With careful installation, the correct gauge, and the correct adhesive, strains up to at least 10% can be measured.

## Gauges in practice

Foil strain gauges are used in many situations, different applications place different requirements on the gauge. In most cases the orientation of the strain gauge is significant.

Gauges attached to a load cell would normally be expected to remain stable over a period of years, if not decades; whilst those used to measure the response in a dynamic experiment may only need remain attached to the object for a few days, be energized for less than an hour, and operate for less than a second.

## Variations in temperature

Variations in temperature will cause a multitude of effects. The object will change in size by thermal expansion, which will be detected as a strain by the gauge. The resistance of the gauge will change, and the resistance of the connecting wires will change.

Most strain gauges are made from a constantan alloy.<sup>[3]</sup> Various constantan alloys and Karma alloys have been designed so that the temperature effects on the resistance of the strain gauge itself cancel out the resistance change of the gauge due to the thermal expansion of the object under test. Because different materials have different amounts of thermal expansion, self-temperature compensation (STC) requires selecting a particular alloy matched to the material of the object under test.

Even with strain gauges that are not self-temperature compensated (such as isoelastic alloy), using a Wheatstone bridge arrangement it is possible to compensate for temperature changes in the specimen under test and the strain gauge. To do this in a Wheatstone bridge made of four gauges, two gauges are attached to the specimen, and two are left unattached, unstrained, and at the same temperature as the specimen and the attached gauges<sup>[2]</sup>. Murphy's Law was originally coined in response to a set of gauges being incorrectly wired into a Wheatstone bridge.<sup>[4]</sup>

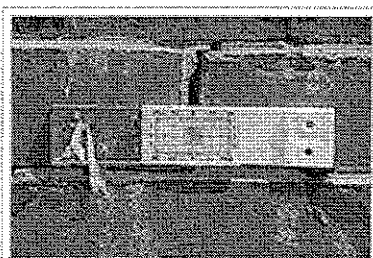
Temperature effects on the lead wires can be cancelled by using a "3-wire bridge"<sup>[1]</sup> or a "4-wire Ohm circuit"<sup>[5]</sup> (also called a "4-wire Kelvin connection").

## Other gauge types

For measurements of small strain, semiconductor strain gauges, so called piezoresistors, are often preferred over foil gauges. A semiconductor gauge usually has a larger gauge factor than a foil gauge. Semiconductor gauges tend to be more expensive, more sensitive to temperature changes, and are more fragile than foil gauges.

In biological measurements, especially blood flow / tissue swelling, a variant called **mercury-in-rubber strain gauge** is used. This kind of strain gauge consists of a small amount of liquid mercury enclosed in a small rubber tube, which is applied around e.g. a toe or leg. Swelling of the body part results in stretching of the tube, making it both longer and thinner, which increases electrical resistance.

## Mechanical types

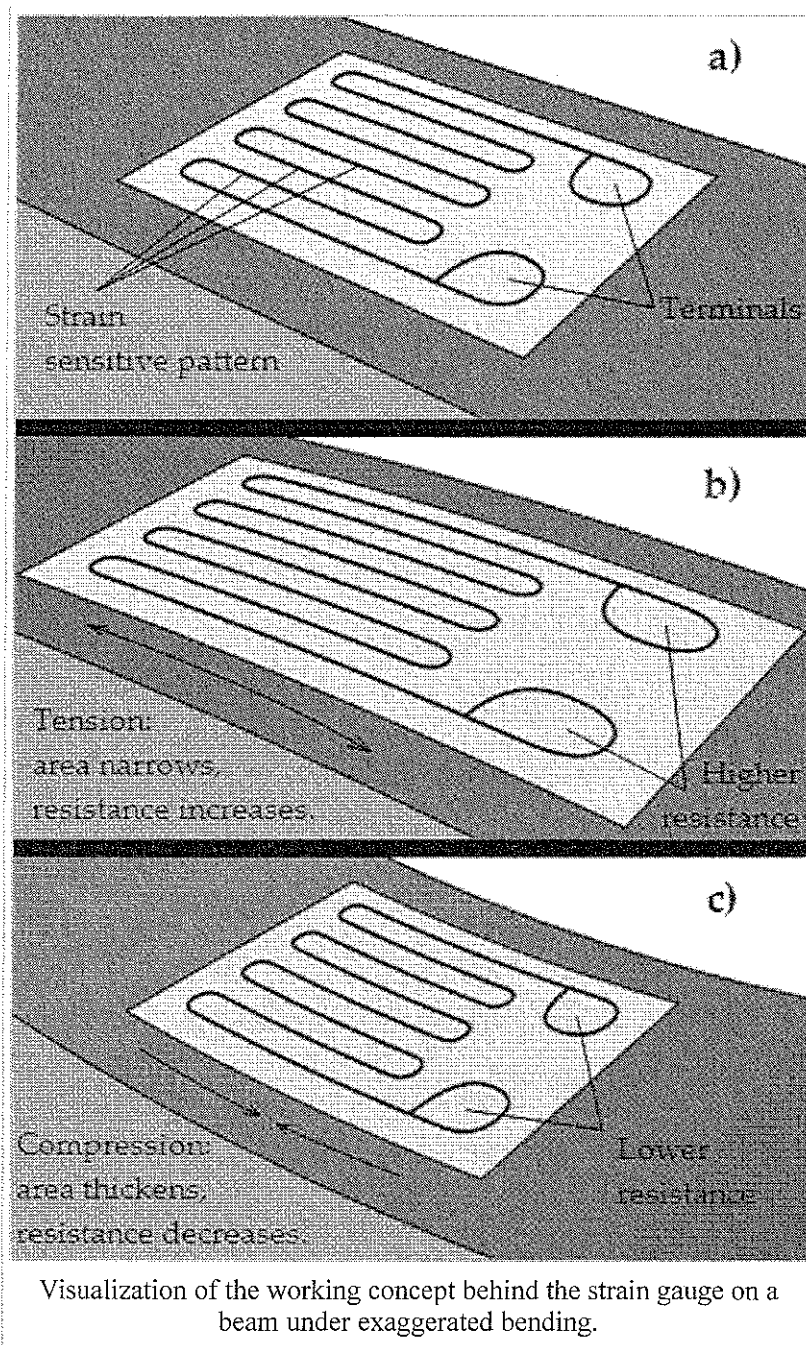


Mechanical strain gauge used to measure the growth of a crack in a masonry foundation. This one is installed on the Hudson-Athens Lighthouse

the crack can be seen to have widened by approximately 0.3mm (and no vertical movement) since the gauge was installed.

More sophisticated mechanical types incorporate dial indicators and mechanisms to compensate for temperature changes. These types can measure movements as small as 0.002 mm.<sup>[6][7]</sup>

## See also



Simple mechanical types (such as illustrated to the left) are used in civil engineering to measure movement of buildings, foundations, and other structures. In the illustrated example, the two halves of the device are rigidly attached to the foundation wall on opposite sides of the crack. The red reference lines are on the transparent half and the grid is on the opaque white half. Both vertical and horizontal movement can be monitored over time. In this picture,



- Piezoresistive effect
- Resistance thermometer
- Wheatstone bridge

## References

1. ^ Strain Gage: Materials
2. ^ *a b* Strain Gage: Sensitivity
3. ^ Constantan Alloy: Strain Gage Selection
4. ^ Spark, N. (2006). *A History of Murphy's Law*. Periscope Film. ISBN 978-0978638894
5. ^ The Strain Gage
6. ^ Mastrad Quality and Test Systems web site
7. ^ Shambhavi Impex web site

## External links

- How it works (interactive)
- Strain Gauge Tutorial
- Strain Gauge->Computer Tutorial
- Applying Finite Element Analysis Methods to Strain Gage Design
- Strain Gage Knowledge base
- Strain Gage Calibration Software

Retrieved from "[http://en.wikipedia.org/wiki/Strain\\_gauge](http://en.wikipedia.org/wiki/Strain_gauge)"

Categories: Sensors | Elasticity (physics)

---

- This page was last modified on 8 May 2009, at 18:36 (UTC).
- All text is available under the terms of the GNU Free Documentation License. (See **Copyrights** for details.)  
Wikipedia® is a registered trademark of the Wikimedia Foundation, Inc., a U.S. registered 501 (c)(3) tax-deductible nonprofit charity.

