



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية التربية للعلوم الصرفة

الكهرباء الانضغاطية

بحث مقدم الى كلية التربية للعلوم الصرفة\قسم الفيزياء كجزء من
متطلبات نيل شهادة البكالوريوس

بحث تقدم به الطالب

خليل سعدون خليل

بإشراف: الدكتورة فاطمة محمد حسين

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُ لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ الْحَيُّ الْقَيُّومُ

لَا تَأْخُذُهُ سِنَّةٌ وَلَا نَوْمٌ لَهُ مَا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ
مَنْ ذَا الَّذِي يَشْفَعُ عِنْدَهُ إِلَّا بِإِذْنِهِ يَعْلَمُ مَا بَيْنَ أَيْدِيهِمْ
وَمَا خَلْفَهُمْ وَلَا يُحِيطُونَ بِشَيْءٍ مِّنْ عِلْمِهِ إِلَّا بِمَا شَاءَ
وَسِعَ كُرْسِيُّهُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَلَا يَئُودُهُ حِفْظُهُمَا

وَهُوَ الْعَلِيُّ الْعَظِيمُ ﴿٢٥٥﴾

(البقرة / 255)

شكر وتقدير

في البداية نحمد الله تعالى على أن وفقنا لإتجاز هذا البحث، له الحمد والشكر، ثم أود أن أشكر مشرفتي الدكتوراه فاطمة محمد التي كانت خبرتها لا تقدر بثمن في صياغة أهم مواضيع البحث ومنهجيته. فقد دفعني ملاحظاتها الثاقبة إلى صقل تفكيري ورفع عملي إلى مستوى أعلى. ثم أود أن أعرب عن تقديري لزملائي من فترة دراستي لتعاونهم الرائع معي ومساندتهم لي. وأود بشكل خاص أن أفرد الدكتورة فاطمة محمد بالشكر على دعمها لي، وعلى كل الفرص التي أتاحتها لي لمواصلة بحثي.

أود أيضاً أن أشكر المعلمين في كليتي، على إرشاداتهم القيمة طوال فترة دراستي، فقد زودتني ملاحظاتهم بالخبرة الصحيحة التي مكنتني من اختيار الاتجاه الصحيح وإكمال بحثي بنجاح بالإضافة إلى ذلك، أود أن أشكر والداي على مشورتهمما الحكيمة ودعمهما الودي كنتم دائما الدعم الأول بالنسبة لي وأخيراً، لم يكن بإمكانني إكمال هذه البحث بدون دعم أصدقائي الذين قدموا لي مشورات محفزة ودعمًا، بالإضافة إلى إيجاد عوامل وفرص لجعلي سعيدًا وواثقًا من نفسي لإراحة ذهني وفكري خلال إنجاز المشروع

الخلاصة

تناولنا في بحثنا هذه ظاهرة الكهرباء الانضغاطية والتعرف على فائدها وخواصها واستخدامها في حياتنا اليومية حيث يمكن تعريف ظاهرة الكهرباء الانضغاطية بانها الشحنة الكهربائية الناتجة عن تطبيق ضغط ميكانيكي على انواع معينة من المواد البلورية وهذه المواد تكون اما طبيعية مثل الكوارتز وفوسفات الالمنيوم او صناعية مثل تيتانات الباريوم او اكسيد الزنك . حيث انه دراسة ظاهرة الكهرباء الانضغاطية بصفتها ظاهرة تربط بين الطاقة الحركية الميكانيكية والطاقة الكهربائية فيمكن تحويل الطاقة الحركية الى طاقة كهربائية من خلال دراسة هذه الظاهرة وتطويرها ولما لهذه الظاهرة من تطبيقات عملية مهمة في حياتنا اليومية حيث من خلالها يمكن تحويل حركة الاجسام الى طاقة كهربائية . كما تم تطبيقها في بعض الاماكن مثل صالات الرقص و الاحذية المضيفة وفي الولاة . تتميز هذه المواد بخواص عديدة منها انها يمكن ان تنتج من كلا الجهدين الميكانيكي والموجات الصوتية ويمكن زيادة شدة التيار الناتج بزيادة قوة الضغط على المجس الكهروضغطي وتكون الكهرباء الانضغاطية الناتجة من الضغط على المجس الكهروضغطي لحظية الآن المواد المنتجة لها تقاوم تبعثر الالكترونات الناتجة من الضغط فتعود لتتنظم . حيث يجب تطوير دائرة كهربائية بها مكبرات الشدة التيار الناتج وبطارية التخزين التيار الناتج . كما تم التطرق الى بعض التطبيقات العملية لهذه الظاهرة بوصفها كما قلنا انها ظاهرة تطبيقية يمكن الاستفادة منها في مجال حياتنا العملية .

الفهرست

الصفحة	الموضوع
	الفصل الاول
6	1-1 مقدمة عامة
10	1-2 تعريف الكهرباء الانضغاطية
11	1-3 تاريخ اكتشاف الكهرباء الانضغاطية
14	1-4 توليد الكهرباء الانضغاطية
17	1-5 ميزات الكهربائية الانضغاطية
	الفصل الثاني
19	2-1 المواد البيزو كهربائية
23	2-2 الية عملها
	الفصل الثالث
27	3-1 استخدامات وفوائد
28	3-2 تطبيقات الكهرباء الانضغاطية
36	3-3 الانسان مولد الطاقة في الحركة والسكون
38	3-4 الاستنتاجات
39	المصادر

الفصل الاول

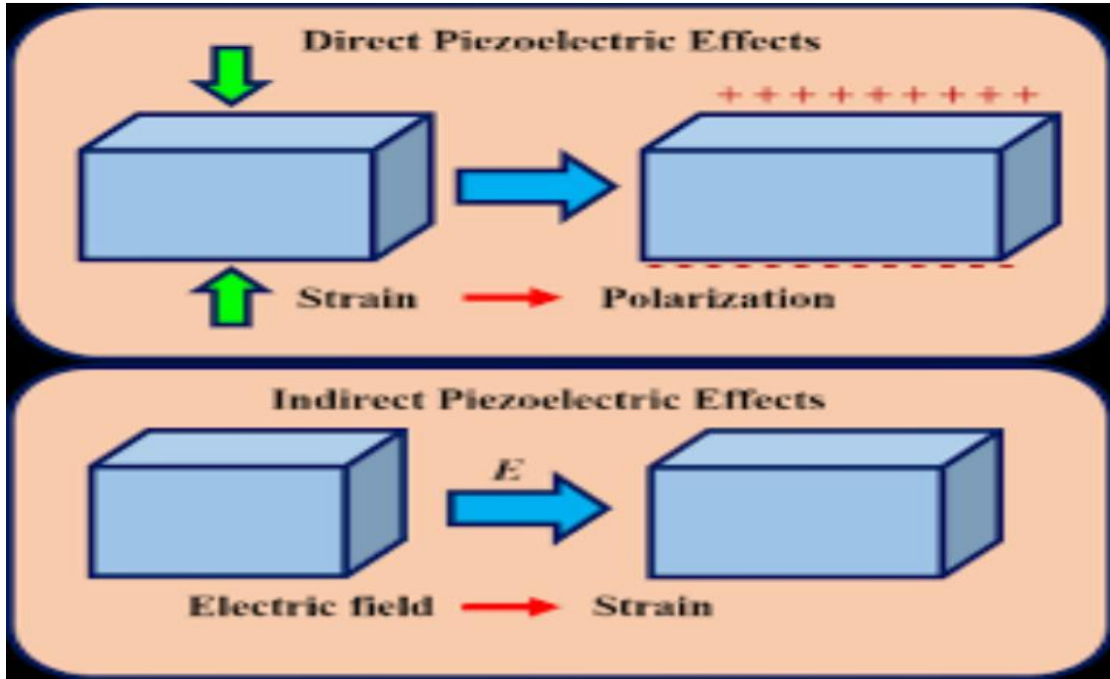
مقدمة عامه عن ظاهرة كهربائية الانضغاطية

(1_1) مقدمه عامه

البيزو كهربائية (الكهروضغية)

تنشأ كلمة البيزو من الكلمة اليونانية "Piezein" ، والتي تعني الضغط، فالكهرباء الضغطية هي عملية استخدام البلورات لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، أو العكس وهي قدرة مواد معينة على توليد جهد تيار متردد تيار متناوب عند تعرضه لضغط ميكانيكي أو اهتزاز أو توليد اهتزاز عند تعرضه لجهد تيار متردد. توجد الكهرباء الضغطية في الكثير من الأجهزة الإلكترونية التي تستخدمها في حياتنا اليومية، من ساعات الكوارتز إلى السماعات والميكروفونات. اكتشف جاك وبيير كوري التأثير الكهروضغطي عام 1880 حيث وجدوا أن الضغط المطبق على بلورة الكوارتز يولد شحنة كهربائية في البلورة، وهي الخاصية المباشرة لهذا التأثير في وقت لاحق، تحققوا أيضا من أن المجال الكهربائي المطبق على البلورة يؤدي إلى تشوه المادة وبذلك اكتشفوا الخاصية العكسية لهذا التائي [1,2]

يحول التأثير البيزو كهربائي الطاقة الحركية الاهتزازية إلى طاقة كهربائية أي هي قدرة مواد معينة على توليد شحنة كهربائية استجابة للضغط الميكانيكي المطبق، حيث توفر المولدات البيزو كهربائية حصادات الطاقة حل قوي وموثوق من خلال تحويل طاقة الاهتزاز المهذرة في البيئة إلى طاقة كهربائية قابلة للاستخدام بالتالي هي مثالية في التطبيقات التي تحتاج إلى شحن بطارية أو مكثف فائق أو أنظمة استشعار عن بعد تعمل بالطاقة مباشرة. هذا التأثير البيزو كهربائي له خاصيتان الأولى هي البيزو كهربائية المباشرة او التأثير المباشر أي أن المادة لديها القدرة على تحويل الإجهاد الميكانيكي إلى شحنة كهربائية. أما الثانية التاثير البيزو كهربائية الغير مباشر أو التأثير العكسي، حيث يتم تحويل الإمكانات الكهربائية المطبقة إلى طاقة إجهاد ميكانيكية. الشكل (1) يبين (التأثير البيزو كهربائي المباشر وغير المباشر) [3]



الشكل 1-1 التأثير البيزو كهربائي المباشر وغير المباشر

هناك مجموعة متنوعة من المواد الكهربية الانضغاطية التي يمكنها توصيل التيار الكهربائي، منها الطبيعية ومنها الصناعية. أول مادة كهر وضغطية تستخدم في الأجهزة الإلكترونية والمادة الأكثر استخداما هي بلورة الكوارتز. تشمل المواد الكهروضغطية الأخرى الطبيعية سكر القصب وملح روشيل والتوباز والتورمالين وحتى العظام.

ذا قمت بالضغط الميكانيكي على البلورة الكهربية الانضغاطية، فإن الهيكل يتشوه، ويتم دفع الذرات حولها، وفجأة نحصل على بلورة يمكنها توصيل التيار الكهربائي. إذا أخذت نفس البلورة الكهربية الانضغاطية وقمت بتطبيق تيار كهربائي عليها، فسوف تتوسع البلورة وتقلص وتحول الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية عندئذ.

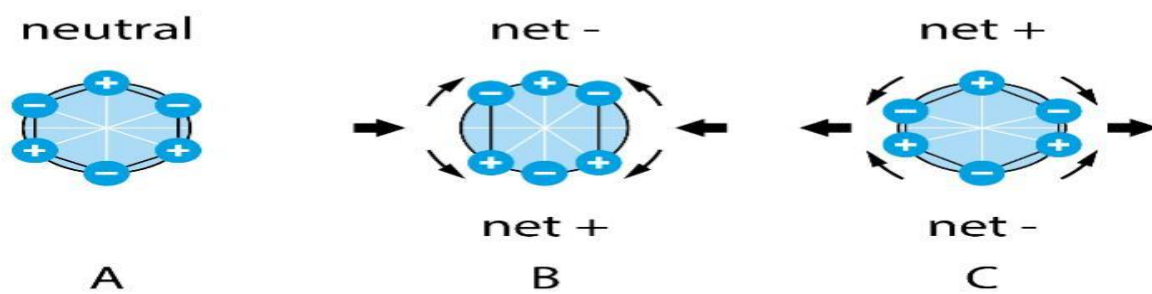
السمة الأكثر تميزاً لهذا التأثير هو أنه يعمل بطريقتين حيث يمكنك تطبيق الطاقة الميكانيكية أو الطاقة الكهربائية على نفس المواد كهروضغطية والحصول على نتيجة عكسية.

للكهرباء الانضغاطية أفق واسع مستقبلاً يؤكد المخترعون أن الهدف الأساسي لتجاربهم هو توظيف استخدام الكهرباء الانضغاطية لحصاد الطاقة مستقبلاً قد نجد أجهزة كهروضغطية في الهاتف الذكي يمكن تنشيطها من الحركة البسيطة لجسمك لإبقائها مشحونة.

وعند التفكير بشكل موسع أكثر ، قد يتم تضمين نظام كهر وضغطي تحت رصيف الطريق السريع الذي يمكن تنشيطه بواسطة عجلات السيارات المتحركة، يمكن عندئذ استخدام هذه الطاقة في أعمدة الإضاءة أو غيرها من الأجهزة القريبة.

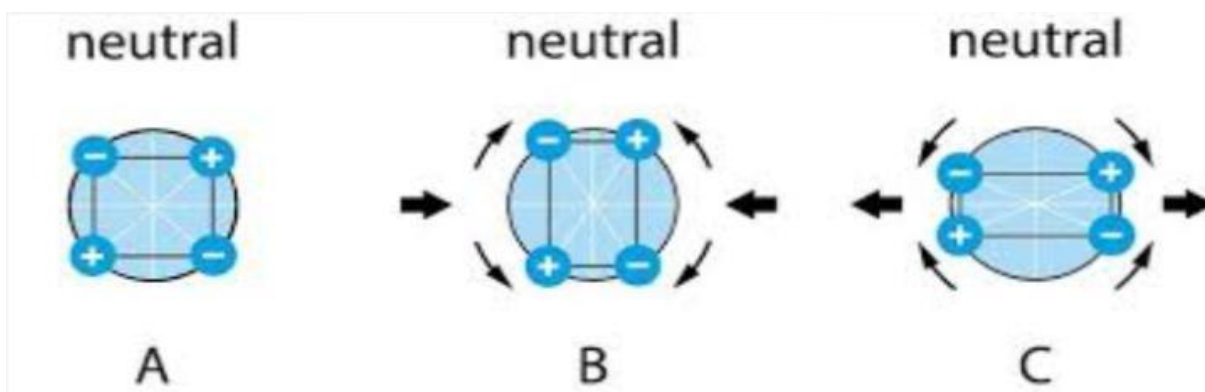
ان نشأة التيار المتعرض عن التشوه الميكانيكي ينجم عن إعادة ترتيب الشحنات داخل المادة في حالة التوازن وعندما تكون المادة غير مشحونة يكون ترتيب الشحنات في المادة شبكياً ، ولكن عندما تتعرض المادة لتشوه ميكانيكي سيحدث إعادة توزيع للشحنات ضمن الخلايا، هذا التوزيع الجديد سوف يؤدي لتشكيل شحنات سالبة أو موجبة وينتج عنها عزم ثنائي القطب [4]

يوضح الشكل A في الشكل 2 المادة في حالة التوازن وعند الضغط يظهر العزم ثنائي القطب في الاتجاه العمودي، أما عند الشد فإن العزم ثنائي القطب يظهر في الاتجاه الأفقي. وسيؤدي مجموع التغيرات لكل واحدة من الخلايا إلى تغيير استقطاب المادة ككل وهو ما يشترط عدم وجود مركز تناظر من أجل تحققه.



الشكل (1_2) تأثير التشوه الميكانيكي على المادة البيزوكهربائية

في الشكل 3 تلاحظ كيفية تأثير التشوه الميكانيكي على المواد ذات البنية البلورية ذات مركز التناظر ونلاحظ أن إعادة ترتيب الشحنة هنا لا يؤدي إلى نشأة عزم ثنائي

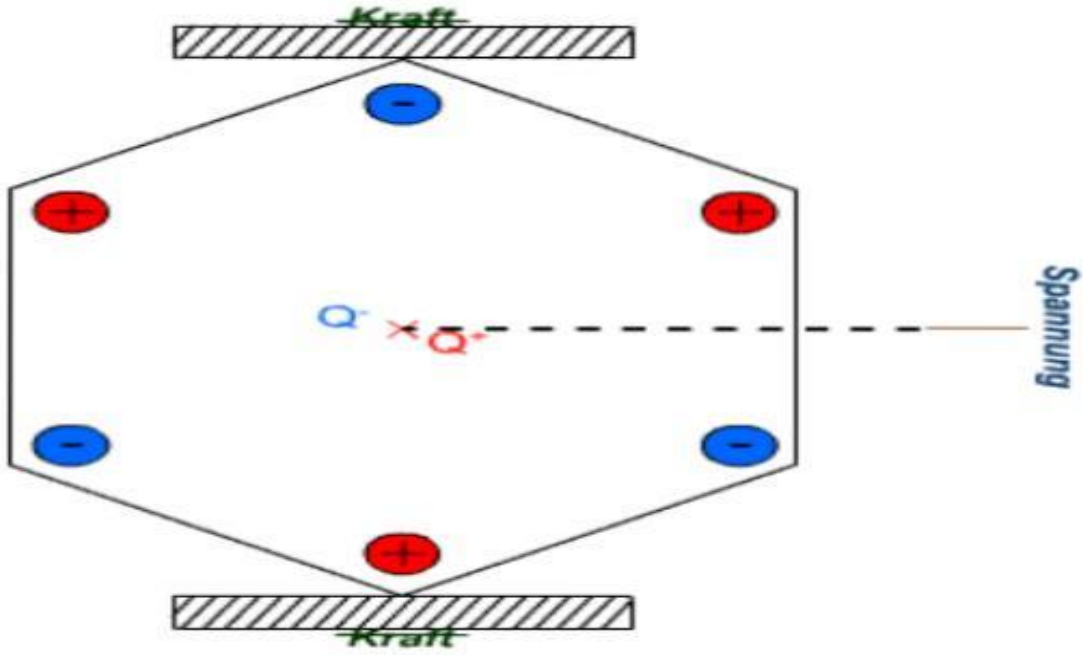


القطب.

الشكل (1_3) التشوه الميكانيكي على المواد ذات البنية البلورية ذات مركز التناظر

(1_2) تعريف الكهربية الأنضغاطية

بهذا نعرف كهربية الأنضغاطية: هي الشحنة الكهربية الناتجة عن تطبيق ضغط ميكانيكي على انواع معينة من المواد البلورية اما طبيعية – كالكوارتز و فوسفات الألمنيوم $AlPO_4$ ، أو صناعية ككتيناتات الباريوم $BaTiO_3$ ، أكسيد الزنك



Zno عكس هذا المفعول ممكن أيضاً أي اذا مررت تيار كهربائي عبر هذه البلورة ستغير من شكلها تمتط أو تنضغط). [5]

(1-3) تاريخ اكتشاف الكهرباء الأنضغاطية

في القرن الثامن عشر نتيجة للتأثير الكهربائي الحراري على المادة يتولد جهد كهربائي استجابة للتغير الحاصل في درجات الحرارة وقد تم دراسة هذا التأثير من قبل كارل لينبوس (و فرانز ابينبوس) واستناد هذه النتيجة افترض كل من جست ايوي (و انطوان سيزار) وجود علاقة بين الأجهاد الميكانيكي والشحنة الكهربائية ومع ذلك فقد أثبتت هذه التجارب في وقت سابق لكن نتائجها لم تكن حاسمة وكانت الظاهرة الأولى من تأثير الظاهرة الكهروضغطية المباشر عام ١٨٨٠ من قبل الأخوين كوري وهما عالمان فرنسيان بواسطة الأخوين Pierre Curie و Jacques Curie. وذلك من خلال عملهما وخبرتهما في الكهرباء الحرارية pyroelectricity (توليد الكهرباء بواسطة التسخين) وعلاقة ذلك بالتركيب البلوري حيث توقع أن يكون لتأثير الضغط أيضا توليد كهرباء وبالفعل تمكنا من إثبات ذلك على بلورة الكوارتز والتورم الينواتوباذ والسكر والملح، ووجدا إن بلورة الكوارتز والملح تظهرها الخواص الكهربائية بالضغط أكثر من غيرهم.



Pierre Curie



Jacques Curie

شكل (1_5) يوضح عالمان بير و جاك كوري

واستمر هذا الاكتشاف لعشرات الأعوام محل دهشة العلماء والباحثين في محاولة فهم هذه الظاهرة وعلاقتها بالتركيب البلوري للمادة. وفي العام 1910 توجت هذه

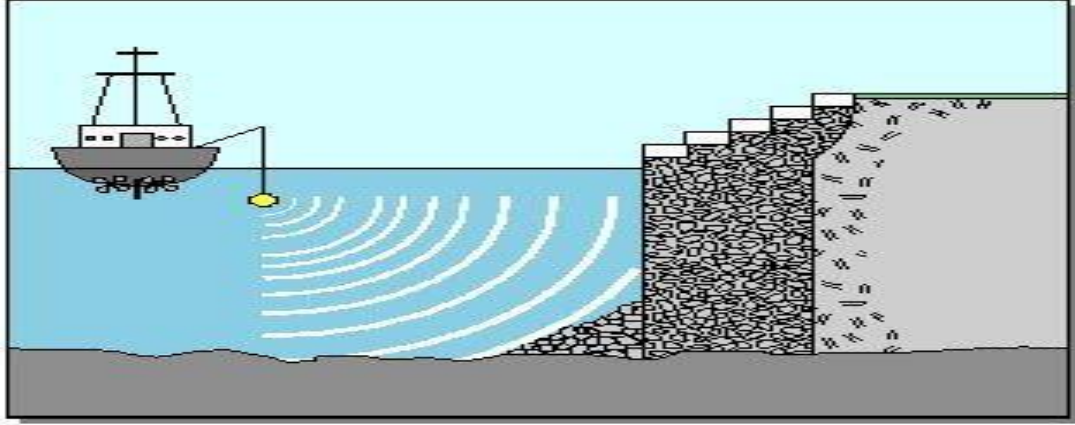
الأبحاث بكتاب نشره العالم Woldemar Voigt's (ولد مار فويغ) بعنوان (فيزياء الكريستال عن فيزياء البلورات ووصف في كتابه 20 بلورة طبيعية لها القدرة على إنتاج الكهرباء وتمكن من حساب ثابت الكهرباء الانضغاطية بواسطة التحليل الرياضي tensor analysis (التحليل الميكانيكي)

وقد مرت مواد الكهرباء الانضغاطية بمرحلتين من التطوير المرحلة الأولى كانت في الحرب العالمية الأولى والمرحلة الثانية كانت في الحرب العالمية الثانية. وفيما يلي سوف نتحدث عن هاتين المرحلتين:

في مرحله اولي

أول تطبيق استخدمت فيه البلورات الانضغاطية هو في جهاز السونار sonar، والذي تم تطويره أثناء الحرب العالمية الأولى في فرنسا في العام 1917 بواسطة العالم Paul Langevin وزملاؤه، حيث كان اول استخدام لبلورات الكهرباء الانضغاطية هو مجس يعمل الأمواج فوق صوتية في الغواصات الحربية. يحث تكون المجس من ترانسديوسر transducer مصنوع من بلورة الكوارتز موضوعة بين لوحين معدنيين بعناية فائقة، وكذلك ميكرفون حساس لالتقاط صدى الأمواج فوق صوتية المرتدة. يعمل هذا المجس عن طريق إصدار أمواج فوق صوتية وقياس زمن ارتدادها عن الأجسام التي اصطدمت بها ومنها يتم حساب المسافة بين الغواصة وهذه الأجسام.

ولقد كان لنجاح السونار في الكشف عن الغواصات المعادية اثر كبير في الاهتمام بظاهرة الكهرباء الانضغاطية Piezoelectric وتطويع الكثير من الأجهزة التي اختبر تعتمد على انتشار الأمواج فوق الصوتية لدراسة خواص السوائل والغازات مثل المرونة واللزوجة كما استخدمت هذه الأمواج لكشف التشققات والتشوهات في السبائك المعدنية من دون تعريضها للتلف حيث تدعى الاختبارات اللااتلافية



شكل (1_6) الامواج فوق الصوتية في الغواصات الحربية

في المرحلة ثانية

في أثناء الحرب العالمية الثانية قام فريق بحثي مستقل في الولايات المتحدة وروسيا واليابان باكتشاف مواد مصنعة لها خصائص الكهرباء الإنضغاطية. هذه المواد تعرف باسم الفروكهربائية ferroelectric وتتميز بقدرة أكبر عدة مرات من البلورات الطبيعية في لتوليد الكهرباء الإنضغاطية. هذه المواد المكتشفة كانت السبب في توجه الكثير من العلماء لإجراء بحوث مكثفة مواد بخصائص مميزة ولتطبيقات معينة ومن هذه المواد bariuntitanate و lead zirconatetitanate وهنا لاحظ معي المفارقة في الطريقة الأمريكية في التعامل مع الاكتشافات العلمية والطريقة اليابانية.

في الولايات المتحدة حرصت الشركات الداعمة لأبحاث الكهرباء الإنضغاطية على سرية أبحاثهم طمعا في الاستفادة من براءات الاختراعات التي تسجل لهم. وبالفعل توصلوا لاكتشاف مواد ذات خواص كهرباء إنضغاطية أفضل من بلورات الكوارتز ولكن عندما طرحت هذه المواد في السوق الأمريكية لم يكون لها النجاح المتوقع لان تسويق هذه المواد يعتمد على التطبيقات العملية التي تحتاجها. وبدون هذه تطبيقات

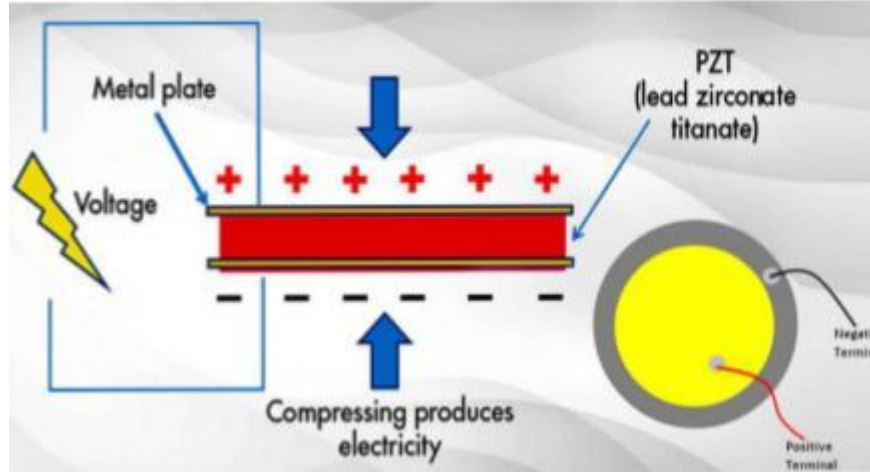
جديدة لن يكون هناك رواجاً لهذه المواد ولهذا كان اثر كبير على تقدم الصناعة المعتمدة على مواد الكهرياء الإنضغاطية.

ولكن في المقابل في اليابان شاركت الشركات الداعمة لأبحاث الكهرياء الإنضغاطية معلوماتها التي توصلت إليها مع المؤسسات الصناعية، فكانت النتيجة تطوير ومتلازم بين اداء المواد الجديدة والتطبيقات الصناعية لها. فتطورت بسرعة منتجات حديثة وجديدة مثل مرشحات خاصة للراديو والتلفزيون piezoceramic filters وأجراس piezo buzzers وترانسديوسر transducers لتطبيقات الكترونية مختلفة، ومولدات شرارة كهربية استخدمت في ولاعات السجائر. هذا بالإضافة إلى مجسات خاصة لشركات السيارات لتنبيه السائق إذا ما اقتربت سيارته من عائق في الطريق ليعد مسارها هنا انه بالرغم من التطور الكبير الذي شهدته مواد الكهرياء الإنضغاطية في الولايات المتحدة عنها في اليابان إلا إن هذه المواد كانت في الولايات المتحدة تمتلك براءة اختراع في حين في اليابان كانت متاحة مجاناً للاستخدام مما كانت النتيجة انطلاق تكنولوجيا كاملة تعتمد على مواد الكهرياء الإنضغاطية وأصبحت منتجاتها في مكان مما عاد بالفائدة العظمى على الدولة التي كانت سياستها مفتوحة أمام الجميع [5]

(4_1) توليد الكهرياء الأنضغاطية

من المعلوم أنه يمكن توليد الكهرياء من خلال الحث الكهرومغناطيسي أي حركة مغناطيس داخل ملف لماده موصلة وبتحريك المغناطيس يتم توليد تيار بجهد معين أو بالعكس أي تحريك موصل داخل حقل مغناطيسي نعم أغلب من درس الفيزياء يعلم هذا لكن هل تعلمون أنه هناك طريقه لتوليد الكهرياء وهي عن طريق ضغط كريستال معينه وتسمى هذه الخاصية بالكهرياء الانضغاطيه وهذه الخاصية موجودة في بعض المواد المعينة منها الكريستال والسيراميك وعظم الأنسان والحمض النووي كيفية توليد الجهد هي بسيطة ففي الكريستال مثلاً توزيع الشحنات متوازن وبهذا تكون قطع البلورة مستقرة جداً في حالة ضغط الكريستال لنقل بنسبة 0.1% من أبعادها الحقيقية.

يتم زعزعة استقرار الشحنات وأعادته توزيعها داخل الكريستال وبسبب أعاده التوزيع للشحنات داخل البلورة فأنها لن تكون متوازنة وموزعة بانتظام وبالتالي سيتكون قطبان للبلورة حسب اتجاه ضغطه وبهذا سيحصل فرق جهد وفرق الجهد هذا قد يصل إلى آلاف الفولتات بتيار صغير في بلورات الكوارتز الشكل (7) يوضح تكون الشحنات على سطحي المادة نتيجة الانضغاط الكهربائي



الشكل 7 تكون الشحنات على سطح المادة نتيجة الكهروضغطية

أيضا بدل الضغط على البلورة وتحصيل الطاقة الكهربائية ممكن تغذية الكريستال بالطاقة الكهربائية وتحصيل ذبذبة ميكانيكية سريعة جدا وأيضا يمكن توليد الكهرباء من أجسامنا بالتأكيد نحن لم نبتعد كثيرا عن المبدأ الفيزيائي الشهير الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن تتحول من صوره الى أخرى فنحن سنبحث عن مصادر عن مصادر الطاقه التي يحويها الجسد والتي يستطيع أنتاجها ونحولها لصوره أخرى فقط من خلال عدة طرق فيزيائية وكما مبين في الشكل(8)



الشكل (1_8) اضاءة المصابيح نتيجة الضغط على المادة البيزوكهربائية

في الوقت الحالي العديد من مناطق العالم يتم حصاد الطاقة من البشر عن طريق استخدام تأثير الكهرباء الانضغاطية حيث يتم توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحركية في بعض صالات الرقص ومحطات المترو والمطارات وغيرها من الأماكن المزدهمة بالبشر وأن خاصية الكهرباء الانضغاطية متوفرة في بعض المواد كما قلنا سابقا وخصوصا البلورات مثل الكوارتز وبعض المواد السيراميكية بما فيها العظم حيث يمكن توليد الكهرباء منها استجابة للضغط الميكانيكي عليها فعند الضغط على المادة تتقارب فيه بعض الشحنات مما يولد على طرفيها جهد كهربائي فضغط ٢ كيلو نيوتن من القوة على 3 سم من الكوارتز يمكن أن تنتج من الجهد ١٢٥٠٠ فولت ولا تقتصر هذه التقنية على الطاقة المتولدة من البشر فقط بل يمكن استخدام الفكرة ذاتها لتوليد الكهرباء من السيارات ويمكن استخدام هذه التقنية بطريقه أراها أكثر فاعلية لحصاد الطاقة من قبل الأفراد أنفسهم من خلال تزويد الأحذية بمولد صغير للكهرباء

الأنضغاطية يمكنه حصاد الطاقة اللازمة لشحن الهاتف الجوال على سبيل المثال وأروع ما في هذه التقنية في تلك الحالة أنها سوف تشجع الناس على الحركة فأذا كنت ترغب بشحن هاتفك المحمول ربما يجب عليك أن تؤدي حصة يومية من المشي أو الجري أو التمارين الرياضية ولكن ما يعيب هذه التقنية قلة الطاقة التي يمكن حصادها بشكل كبير والتي قد لا تتناسب مع التطبيقات الحديثة التي تحتاج الى استهلاك الكثير من الطاقة .

(1-5) ميزات كهربائية الأنضغاطية

- الكهرباء الانضغاطية تنتج عن تحويل جهد ميكانيكي أو موجات صوتية عالية التردد إلى كهرباء.
- تعمل مجسات الكهرباء الانضغاطية في الاتجاهين؛ فهي تحول الكهرباء إلى موجات صوتية عالية التردد أو جهد ميكانيكي كما أنها تحول الجهد الميكانيكي والموجات الصوتية عالية التردد إلى كهرباء
- من المواد المولدة للكهرباء بعض المواد الصلبة مثل الكريستال والسيراميك والكوارتز .
- تنتج الكهرباء الانضغاطية من كلاً من الجهد الميكانيكي والموجات الصوتية.
- تزداد شدة التيار الناتج بزيادة قوة الضغط على المجس الكهرو ضغطي.
- تكون الكهرباء الانضغاطية الناتجة من الضغط على المجس الكهرو ضغطي لحظية لأن المواد المنتجة لها تقاوم تبعثر الإلكترونات الناتجة من الضغط فتعود لتنتظم.
- يجب تطوير دائرة كهربائية بها مكبرات لشدة التيار الناتج وبطارية لتخزين التيار الناتج.

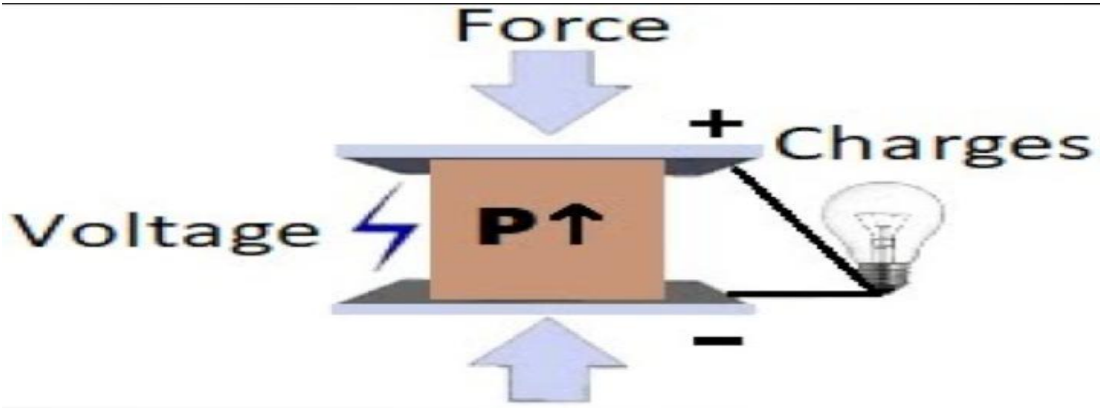
الفصل الثاني

المواد المستخدمة وآلية عملها

(2-1) المواد البيزو كهربائية

البيزو كهربائية هو تقنية قديمة استخدمت منذ زمن في الولاغات حيث يمكن توليد الكهرباء جراء الضغط بعض المواد مثل الكوارتز فيتولد فرق جهد تنتج عنه تيار كهربائي بسيط و بالعكس يمكن بإمداد تلك البلورات أن يتغير حجمها [3]

تم اكتشافها في عام 1880 بواسطة الأخوين بيار كوري و جاك كوري وذلك من خلال عملهما وخبرتهما في الكهرباء الحرارية وعلاقة ذلك بالتركيب البلوري حيث توقعوا أن يكون للضغط أيضا تأثير لتوليد الكهرباء وبالفعل تمكنا من إثبات ذلك على بلورة الكوارتز ومركبات الصوديوم والبيوتاسيوم، فوجدنا انالخواص الكهربائية تظهر فيهم بالضغط أكثر من غيرهم شكل (1) في العديد من المناطق في العالم يتم حصاد الطاقة من البشر عن طريق استخدام تأثير البيزو الكترينك حيث يتم توليد الكهرباء بإستخدام الطاقة الحركية في محطات المترو و المطارات وغيرها من الأماكن المزدحمة بالبشر فحينما يحرك الناس أرجلهم ويضغطون على الأرضيات يتم توليد هذا التأثير و الذي بدوره يستخدم في توليد الكهرباء لإنارة تلك الأماكن(2). فخاصية البيزو الكترينك متوفرة في بعض المواد وخصوصا البلورات مثل الكوارتز و بعض المواد السيراميكية بما فيها العظم حيث يمكن توليد الكهرباء منها كاستجابة للضغط الميكانيكي عليها. فعند الضغط على المادة تتقارب فيها بعض الشحنات الكهربائية مما يولد على طرفيها جهدا كهربائيا . فضغط يسبب 2 كيلو نيوتن من القوة على 1 سم 3 من الكوارتز يمكن أن تنتج من الجهد 12500 فولت و لا تقتصر إستخدامات هذه التقنية على الطاقة المتولدة من البشر فقط بل يمكن استخدام الفكرة ذاتها لتوليد الكهرباء من حركة السيارات



الشكل 1-2 الظاهرة البيزو كهربائية

وتنقسم هذه المواد إلى مجموعتين [6]

- أ- السيراميك مثل المركب الغير عضوي (رصاص - زركونيوم - تيتانيوم) .
- ب- المواد أحادية البلورة مثل (مغنيسيوم رصاص - و تيتانيت) (جاليوم فوسفيت) (كوارتز).

(2_1_1) اما تعريف المواد السيراميكية

يجب أن يكون السيراميك ذو الحبيبات الموجهة بشكل عشوائي كهروضوئياً لإظهار الكهرباء الضغطية).

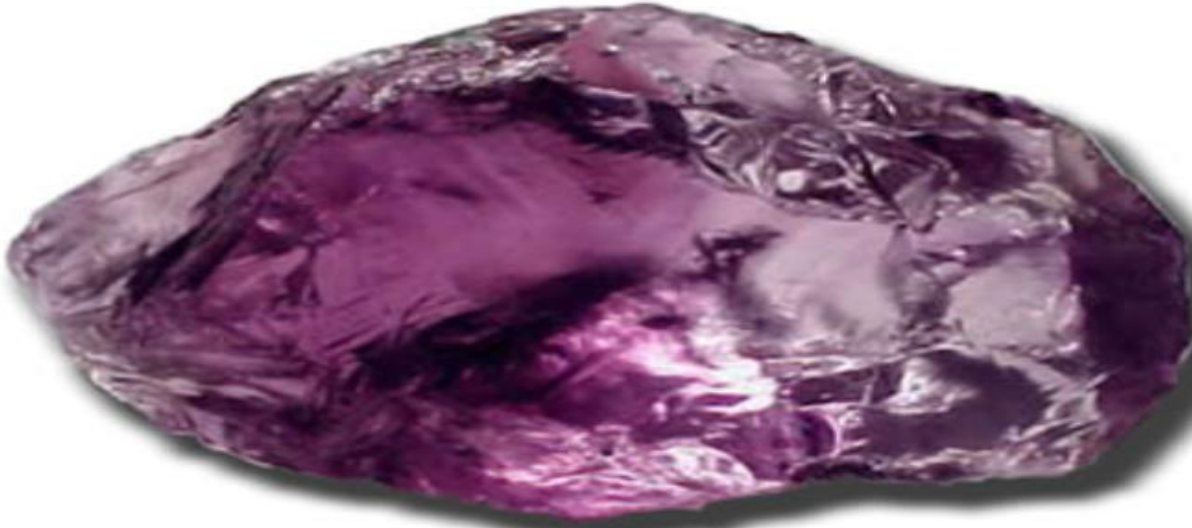
إن حدوث نمو غير طبيعي للحبيبات (AGG) في السيراميك الكهروضغطي متعدد البلورات الملبد له آثار ضارة على الأداء الكهروضغطي في مثل هذه الأنظمة ويجب تجنبه، حيث أن البنية المجهرية في السيراميك الانضغاطي التي تظهر AGG تميل إلى أن تتكون من عدد قليل من الحبوب المطولة الكبيرة بشكل غير طبيعي في مصفوفة من الحبيبات بشكل عشوائي. الحبيبات الدقيقة الموجهة. يمكن استخدام الكهرباء الانضغاطية العيانية في المواد الكهروضغطية غير الحديدية متعددة

البلورات، مثل AlN و ZnO . عائلات السيراميك مع البيروفسكايت و برونز التنغستن والهياكل ذات الصلة تظهر كهروضغطية

$\text{Pb}[\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x}]_2$ - المعروف أكثر باسم PZT، وهو السيراميك الكهروضغطي الأكثر شيوعاً في الاستخدام اليوم

في حين أن بلورات ZnO المفردة هي كهروضغطية وكهر وحرارية، فإن ZnO متعدد البلورات (السيراميك) مع حبيبات موجهة بشكل عشوائي لا تظهر أي تأثير كهروضغطية ولا كهروحرارية. نظراً لعدم كونه كهروضوئياً، لا يمكن قطب أكسيد الزنك متعدد البلورات مثل تيتانات الباريوم أو PZT. السيراميك والأغشية الرقيقة متعددة البلورات من أكسيد الزنك قد تظهر كهروضغطية عيانية وكهروضوئية فقط إذا كانت مزخرفة (الحبيبات موجهة بشكل تفضيلي)، بحيث لا يتم إلغاء الاستجابات الكهروضغطية والكهروضوئية لجميع الحبوب الفردية. يتم تحقيق ذلك بسهولة في الأغشية الرقيقة متعددة البلورات [7]

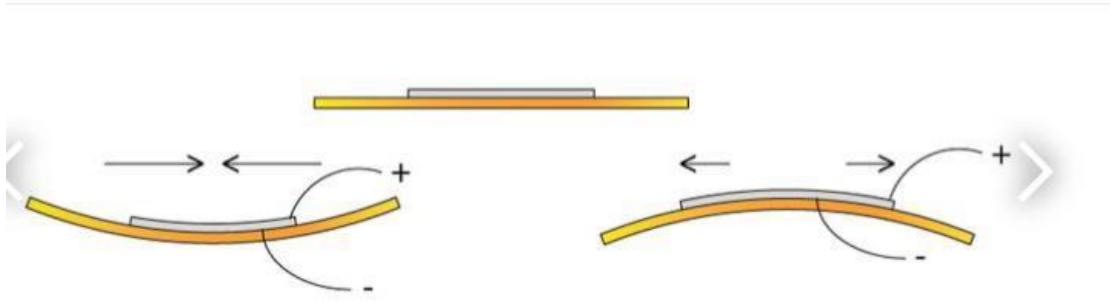
(2_1_2) أهم المعادن الكهروضغطية وأكثرها استخداماً (الكوارتز)



شكل (2) صورة المعدن الكوارتز

معدن الكوارتز : معدن هام كهر ضغطياً صيغته الكيميائية ثنائي أكسيد السيليكون (SO))، ذو لون صاف إذا انعدمت الشوائب سداسى نظام التبلور ويتصف بالبريق. وزنه النوعي حوالي ٢٠٦٥ ينصهر عند الدرجة : ١٦٥٠ (٧٥) (٧٥) . ويلزمه حرارة حوالي ٢٢٣٠ حتى يغلي وهو معدن غير قابل للذوبان في الماء

اكتشاف الكوارتز اكتشاف العالمان ببير وجاك كوري عندما كانا يدرسان عينة من الرمل في عام ١٨٨٠ حيث لاحظا ظاهرة غريبة، وهي انه عند تعريض الكوارتز ثاني أكسيد السيليكون) لجهد آلى فإنه يتولد تيار كهربائي، وبالعكس ففي حال تعرضت بلورة الكوارتز المجال كهربائي، فإنها تتذبذب وتهتز بتردد معين، كما وجد أن هذا الاهتزاز والتذبذب يتسم بالانتظام والدقة العالية، ومن ذلك عرفت البيزو كهربائية وتعتبر البرازيل والأوروغواي من أهم الدول المنتجة لأنواع الكوارتز المختلفة وأفضل الأنواع هي المتواجدة في صخور المحاليل الساخنة وصخور البجماتيت. [5]



شكل (3) لوحة كهروضغطية تستخدم لتحويل الإشارة الصوتية إلى موجات صوتية

(2_2) اليه عملها

في بلورة المادة الكهربائية الانضغاطية تكون الشحنات السلبية والموجبة مفصولة، ولكن موزعة بشكل متناظر، بحيث تكون الشبكة البلورية متعادلة كهربائياً بشكل عام. يشكل كل من هذه الأطراف ثنائي أقطاب كهربائي، وعادة تميل ثنائيات الأقطاب القريبة من بعضها البعض إلى أن تكون متسقة في مناطق تدعى "مجالات

فايس" Weiss domains. تكون هذه المجالات عادة موجهة عشوائياً، ولكن يمكن أن تكون متسقة خلال الاستقطاب (يختلف هذا عن عملية الاستقطاب المغناطيسي)، والذي يتم من خلال تطبيق مجال كهربائي قوي عبر المادة عادة في درجات حرارة مرتفعة

عند تطبيق جهد ميكانيكي يتشوه التوضع المتناظر للشحنات وهذا يؤدي إلى توليد الجهد الكهربائي عبر المادة. على سبيل المثال إن طبق 2 كيلو نيوتن من القوة على 1 سم³ من الكوارتز يمكن أن تنتج من الجهد 12500 فولت [8] من الأهمية الحاسمة للتأثير الكهروميكانيكي تغيير الاستقطاب P عند تطبيق الضغط الميكانيكي. قد يكون السبب في ذلك هو إعادة تشكيل المحيط المحفز ثنائي القطب أو إعادة توجيه لحظات ثنائي القطب الجزيئي تحت تأثير الضغط الخارجي. قد تظهر الكهرباء الضغطية بعد ذلك في تباين في قوة الاستقطاب أو اتجاهه أو كليهما، مع اعتماد التفاصيل على: 1. اتجاه P داخل البلورة؛ 2. التماثل البلوري. و 3. الإجهاد

الميكانيكي المطبق. يظهر التغير في P كتغير في كثافة الشحنة السطحية على الوجوه البلورية، أي كتتووع في المجال الكهربائي الممتد بين الوجوه الناتج عن التغير في كثافة ثنائي القطب في الكتلة. على سبيل المثال، مكعب 1 سم³ من الكوارتز مع 2 كيلو نيوتن (500 رطل) من القوة المطبقة بشكل صحيح يمكن أن ينتج جهداً قدره 12500 فولت.

تُظهر المواد الكهرضغطية أيضاً تأثيراً معاكساً، يُسمى التأثير الكهرضغطي العكسي، حيث يؤدي تطبيق مجال كهربائي إلى حدوث تشوه ميكانيكي في البلورة

[9]

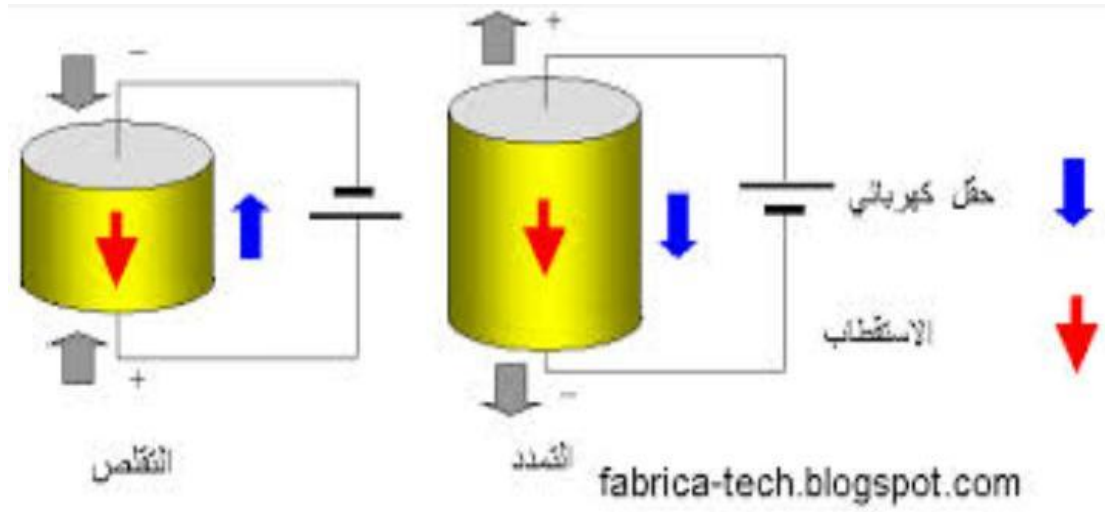
اليه عملها هندسياً

يشار إلى أنه كي تولد بلورة ما مفعولاً كهر ضغطياً لابد من أن تخلو بنيتها البلورية من مركز تناظر، وإلى أنه من بين أصناف المتناظرات في البلورات، وعندها ٣٢ صنفاً، يبدي عشرون صنفاً منها فقط مفعولاً كهر ضغطياً كما أن خضوع بلورة لا تمتلك مركز تناظر للضغط الميكانيكي يسبب انزياح الأيونات في الشبكة البلورية عن مواضعها، الأمر الذي ينجم عنه توليد حقل كهربائي، وتبلغ شدة الحقل الكهربائي في بعض البلورات القيمة (١٠١٠) فولط (متر).

آلية عملها فيزيائياً

في بلورة المادة الكهربائية الانضغاطية تكون الشحنات السالبة والموجبة مفصولة، ولكن موزعة بشكل متناظر، بحيث تكون الشبكة البلورية متعادلة كهربائياً. بشكل عام يشكل كل من هذه الأطراف ثنائي أقطاب كهربائي، وعادة تميل ثنائيات الأقطاب القريبة من بعضها البعض إلى أن تكون متسقة في مناطق تدعى مجالات قايس Weiss domains تكون هذه المجالات عادة موجهة عشوائياً، ولكن يمكن أن تكون متسقة خلال الاستقطاب يختلف هذا عن عملية الاستقطاب المغناطيسي)، والذي يتم من خلال تطبيق مجال كهربائي قوي عبر المادة عادة في درجات حرارة مرتفعة.

[5]



شكل (4) رسم توضيحي يبين عمل ثنائيات الاقطاب

عند تطبيق جهد ميكانيكي يتشوه التوضع المتناظر للشحنات وهذا يؤدي إلى توليد الجهد الكهربائي عبر المادة.

الفصل الثالث

تطبيقات كهربائية الأنضغاطية

1-3 استخدامات وفوائده

تستخدم الخاصية البيزو كهربائية اليوم على نطاق واسع كما يوجد العديد من التطبيقات، فمنذ اكتشافها منذ أكثر من قرن بدأت استخداماتها تظهر في مجالات مختلفة مثل التحكم في الترددات والساعات ومضخات الصوت والموازين الدقيقة التي تستخدم لوزن الأشياء شديدة الصغر بأوزان قريبة من جزء من مليون من الغرام والتي يمكن أن تكون مفيدة في مراقبة التغيرات في الكتلة. ولكن الأمر لا يتوقف هنا فالبيزو كهربائية هي من التقنيات المرشحة لتأمين الطاقة الكهربائية المستدامة لتضاف إلى القائمة التي تتضمن توليد الكهرباء بالاهتزازات. وقد تكون إحدى الطرق المحتملة لاستخدام التأثير البيزو كهربائي لتوليد الطاقة الكهربائية هي حصاد الطاقة الحركية للبشر عبر بلاط الشوارع أو الأرصفة بحيث تحول طاقة الخطوات إلى تيار كهربائي يمكن استخدامه في تشغيل أضوية الشوارع وغيرها من المعدات التي لا تتطلب جهداً عالياً

وقد استخدمت محاولات طاقة بأشكال هندسية مختلفة كرات أسطوانيات ويحجم متفاوتة من مواد سيراميكية مصنعه لتوليد أنظمة سونار

عالية الطاقة لأغراض مختلفة تجارية وعسكرية وطبية. كما انتشرت الولايات الكهر ضغطية التي تشعل الغاز عن طريق شرارة تنبجس بين وجهي قرص سيراميكي من مواد كهر ضغطية عندما يتعرض للإجهاد الميكانيكي، وصنعت مكبرات صوت (ميكروفونات حساسة صغيرة، لا تستهلك طاقة تذكر، وتعمل عند جهود كهربائية ضعيفة، كما صنعت أقراص سيراميكية محصورة بين قرصين من معدنين رقيقين لتعمل عمل مكبر صوت وتصدر نغمات موسيقية استجابة للإشارات تردها من دارات منطقية. كما استخدمت المواد الكهر ضغطية لصنع مرشحات الترددات العالية في التجهيزات التي تعمل بالأمواج فوق الصوتية السطحية surface acoustic waves التي يرمز لها اختصاراً بـ SAW كما استخدمت البلورات الكهر ضغطية لقياس الظواهر الميكانيكية العابرة transient السرعة

استجابتها التي تقارب الميكرو ثانية، أي ١٠ ثانية. ومن بين هذه الظواهر دراسة حوادث احتراق وقود الصواريخ والصدم و التسارعات

والاهتزازات الميكانيكية السريعة. إن الدراسة الرياضية للمفعول الكهر ضغطي معقدة، وخلصتها أنه إذا تألفت مكثفة من مادة كهر ضغطية ثابت نفوذيتها ϵ بحيث يكون السطح المشترك بين لبوسيتها S وإذا طبق عليها جهد كهربائي (فإن الشحنة التي تتوضع عليها Q ، تعطى بدلالة أبعاد المكثفة والقوة F المطبقة عليها بالعلاقة:

حيث KQ معامل الشحنة الكهرضغطية ويقدر بالكولون / نيوتن وقيمته بالنسبة للكوارتز ١٠-١٢ كولون / نيوتن، e و الشحنة العنصرية. [5]



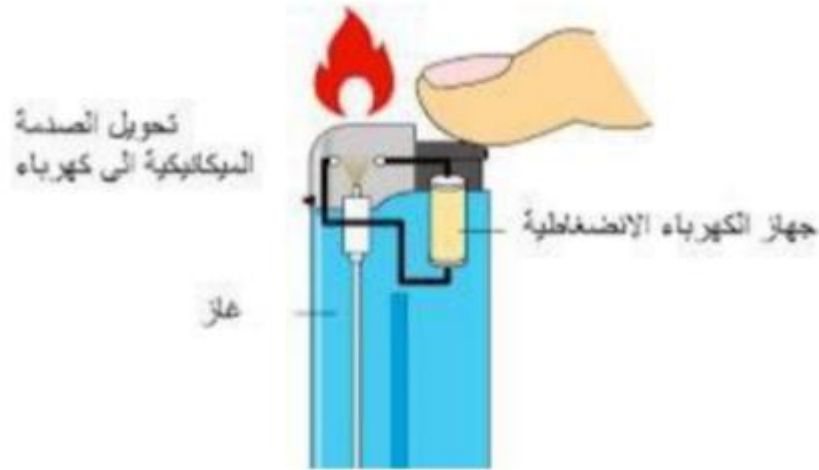
شكل (3_1) توضح أحد فوائد الكهرباء الانضغاطي

2- تطبيقات كهربائية الأنضغاطية

يوجد تطبيقات العلمية لظاهرة كهربائية الأنضغاطية وهي :

1. ولاعات السجائر

يتم الضغط على زر يقوم بالضغط على البلورة وتولد فرق جهد عالي يجعل الولاة تولد شرارة وتشتعل النار في خارج الخزان . الشكل (2_3) يوضح توليد الشرارة الكهربائية في الولاة.



شكل (2_3) توليد الشرارة الكهربائية في الولاة

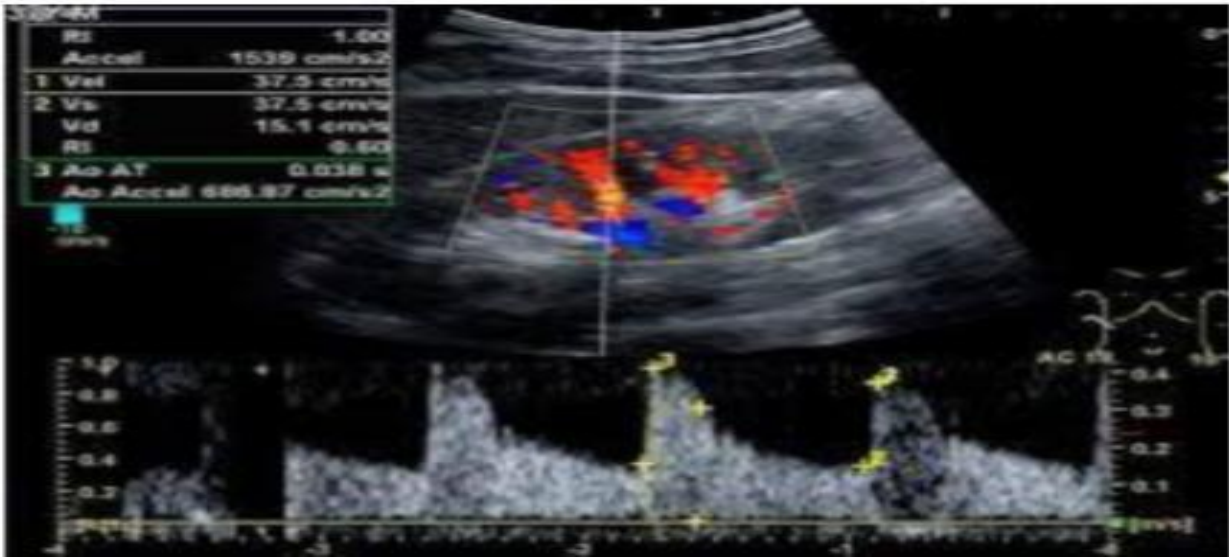
2. الامواج فوق الصوتية

لتوليد هذه الأمواج يتم تغذية البلورات بطاقة كهربائية لغرض تحويل هذه الطاقة الى نبذات ميكانيكية سريعة جدا لدرجة أنها تتمكن من توليد الأمواج فوق الصوتية التي لا يمكن سماعها من قبل الإنسان والتي تستخدم في الفحوصات الطبية وفي البحث عن الأشياء

فكرة عمل الأمواج فوق الصوتية (Ultra sound) وتطبيقاتها أحد أهم التطبيقات على الكهرباء الانضغاطية حيث بدأت أول الابحاث في الموجات الصوتية منذ عام ١٨٢٢ عندما سعى عالم الفيزياء (دانييل كولادين) السويسري الأصل لحساب سرعة الصوت عن طريق جرسه الماني في مياه بحيرة (جنيفا). والتي ادت لوضع نظرية الصوت في عام ١٨٧٧ بجهود العالم (لورد ريليه) والتي شرحت الأساسيات الفيزيائية للموجات الصوت وانتقاله وارتداده وتوالت الأبحاث تباعاً حتى كان تصميم أول نظام رادار صوتي والمعروف باسم (Sonar) في الولايات المتحدة عام ١٩١٤ لأغراض الملاحة البحرية ولتحديد أماكن المارينز الألماني في الحرب العالمية الأولى. ولم توظف الموجات فوق الصوتية لخدمة الأغراض الطبية حتى بداية الأربعينات على يد دكتور الأعصاب النمساوي كارل تيودو) والذي يعتبر أول طبيب استخدم الموجات فوق الصوتية في التشخيص الطبي وقد واجه في ذلك صعوبات بسبب امتصاص عظام الجمجمة لمعظم طاقة الموجات فوق الصوتية الا لتراساوند الا لتراساوند هي تكنولوجيا تستخدم الأمواج فوق الصوتية في التصوير الطبي وتستخدم أمواج صوتية ذات ترددات أكبر ٢٠ كيلو هرتز أي أكبر من الترددات التي تسمعها اذن الانسان وتعتمد فكرة عمل تلك الاجهزة الطبية على الأمواج فوق صوتية التي تسقط على الجسم وتنعكس عنه مثل ما يقوم الخفاش الذي يطير في الليل مستعينا بالأمواج فوق صوتية التي يحدثها لتسقط على الاجسام امامه وتنعكس عنها ويسمعها فيحدد مساره دون الحاجة الى حاسة الابصار ليستدل على الطريق ولذلك يستطيع الطيران في الليل. كما تستخدم الحيتان في البحر الامواج فوق الصوتية وتستخدمها الغواصات البحرية كجهاز رادار يعمل في أعماق المحيطات لكشف الغواصات المعادية. وتعتمد فكرة استخدام الامواج فوق الصوتية.

ويعتبر هذا المعدن مثالي لعمل هذا الإصدار العفوي وتعتمد فكرة عمل المجس على ظاهرة الكهرباء الانضغاطية piezoelectric effect . وتتم عند تطبيق تيار كهربائي على بلورة الكوارتز فإن البلورة يتغير شكلها بسرعة في صورة اهتزازات

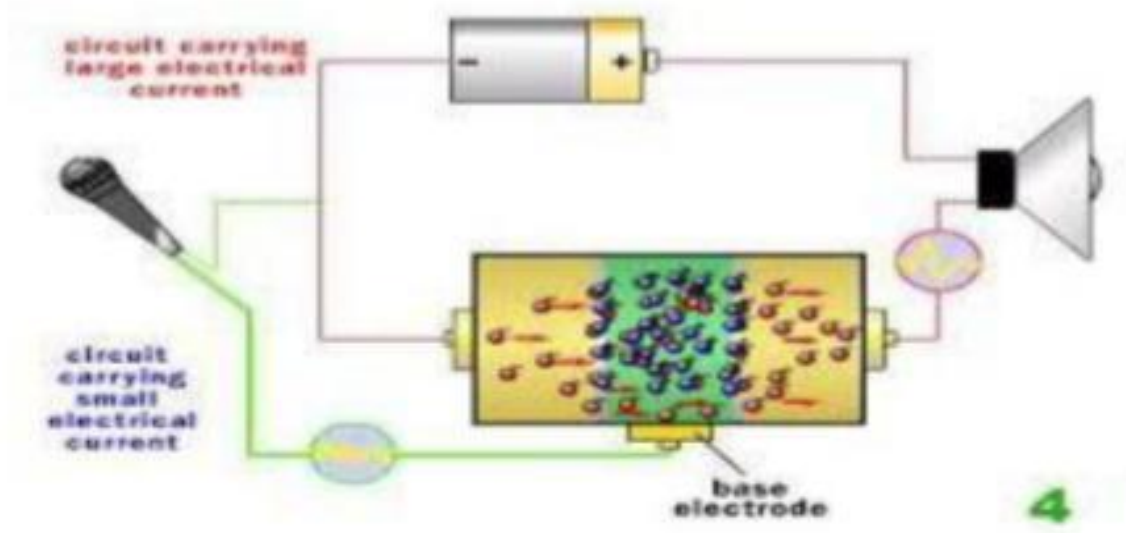
سريعة جداً تصدر أمواج صوتية. والعكس يحدث عندما تصطدم أمواج صوتية تؤدي البلورة للاهتزاز فإن تيار كهربى يتولد عنها، وبهذا يمكن استخدام نفس بلورة الكوارتز لإصدار الامواج فوق الصوتية واستقبالها، مع تزويد المجس بمادة تمتص الصوت حتى لا يحدث تشويش بين الصوت الصادر والصوت المنعكس [5] وشكل (3_3) يوضح الامواج فوق الصوتية.



شكل (3_3) لتوليد الامواج فوق الصوتية

3. مكبرات الصوت.

حيث يتم استعمال بلورات خاصة وعند وصول موجة الصوت الى السماعه يتم اهتزاز البلورة وعند اهتزازها تتولد كهرباء أنضغاطية ونتيجة لهذه الكهرباء تتحول الموجات الصوتية الى إشارات يفهمها الجهاز ويتم تخزينها كمعلومات يوضح شكل (3-4)



شكل (3_4) توليد الكهرباء في سماعة الصوت

4_ ساعات الكوارتز

في هذا النوع من الساعات شكل (3_5) يتم عكس العملية حيث أن بطارية الساعة تعطي البلورات طاقة كهربائية تجعلها تتذبذب آلاف المرات في الثانية الواحدة وتخفيض هذه الذبذبات يتم عن طريق دوائر كهربائية داخل الساعة الى ذبذبه في الثانية الواحدة وبهذه الطريقة يتم معرفة الوقت ومروره بغاية الدقه.



شكل(3_5) ظاهرة البيزو كهربائية في ساعة الكوارتز

5_ أرضيات مولدة للطاقة

بما أن الجهد الميكانيكي الذي يسبب تغير في شكل مواد معينة ينتج الكهرباء الانضغاطية، تعد الأرضيات المولدة للطاقة من أهم تطبيقات هذه الكهرباء والتي تستخدم خطوات المارين كمصدر للحمل الميكانيكي اللازم. كلما زاد ضغط الخطوة، كلما زادت الطاقة الوضعية داخل المادة وبالتالي تزيد كمية الكهرباء الناتجة. فمثلاً

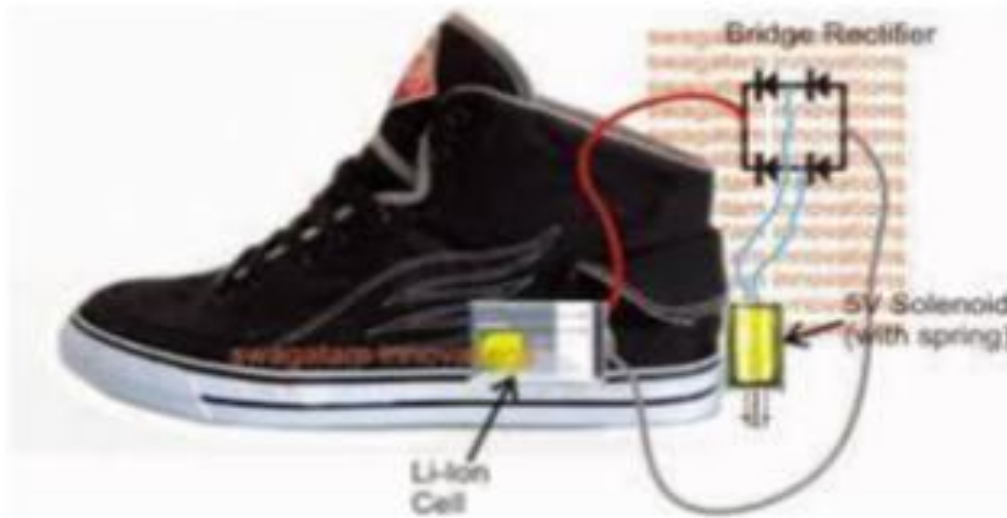
إذا كان وزن أحد المشاة 80 كيلوجرام، تكون القوة الناتجة من خطواته حوالي 800 نيوتن وبالتالي تولد الخطوات ما يقارب 5 واط / الخطوة. ومثال عليه أرضيات الرقص المضيئة: يتم هنا استخدام الضغط المسلط من قبل الأقدام على الأرضية لغرض إضاءة الصمامات الموجودة على الأرضية نفسه شكل (3_6) – **وعيوب** هذه ارضيه هي كفاءة الأرضيات البيزو الكترونية لم تصل إلى 100%. – التكلفة العالية لهذه الأرضيات بالرغم من عدم إفصاح الشركات عن السعر المحدد لمنتجاتها علنيا



شكل (3_6) ارضيات لمادة بيزوكهربائية

6_أحذية مضيئة

الأشياء التي تم استغلالها باستخدام تقنية الكهرباء الضغطية أي المعتمدة على الضغط أو الإجهاد وضع مواد داخل نعال الأحذية والكعوب، حيث يمكن للمرء من خلال خاصية الضغط بقدمه على الأرض أن يولد تياراً كهربائياً لإضاءة الحذاء وبالتالي استخدامه مصباحاً يضيء له الطريق أثناء الليل بدلاً من استخدام المصباح المتحرك الذي يشحن عن طريق البطاريات العادية شكل (7_3) يوضح لحذاء مضيئة [10] وتمكن باحثون ضمن إطار إنتاج الطاقة، في معهد جورجيا للتكنولوجيا بولاية أتلانتا الأمريكية من صنع أسلاك ثانوية من أكسيد الزنك يبلغ قطرها 40 جزءاً من المليار من المتر وثبتت هذه الأسلاك على مادة الكيفلر، وهي ألياف شديدة المقاومة للحرارة، ومن خلال هذه التركيبة



شكل (7_3) يوضح لحذاء مضيئة

يمكن للمرء أن يولد الطاقة الكهربائية من قميصه عن طريق حركة جسمه وآلية الضغط الكهربائي بين الجسد والقميص . والعيب الوحيد لهذه الآلية أنها لا تدوم

لأكثر من 50 ساعة بمعنى أن استخدام القميص نفسه لا يتجاوز الخمسين ساعة وغير قابل للغسل كما أن سعره باهظ جداً. [11]

وتمكن باحثون آخرون من حشو المادة المصنوع منها بعض القمصان (البوليميرات) برقع تبلغ مساحتها 12 سم وذلك للحصول على الطاقة من حرارة الجسم نفسه وتحويلها إلى كهرباء ولأن الجسم ينتج 10 ميكرواط لكل سنتيمتر مربع .

وقد يفيد في هذا المجال أيضاً المرقص، نفى نادي واق روتردام، يمكن القول إن الجو مكهرب بالفعل بالمعنى البدائي للكلمة، فعندما يبدأ ساهر و الليل بالرقص والقفز فوق المرقص، فإن هذا الأخير يهبط نحو سنتيمتر واحد الأمر الذي يؤدي إلى تشغيل مولد كهرومغناطيسي .

ويقول صاحب الفكرة إن كل راقص يولد قدرة كهربائية تبلغ ما بين 10 – 20 واط وهو ما من شأنه أن يسهم في شحن مصابيح أو (LED) الموجودة في أرضية المرقص

عيوب هذه احذيه هيه عدم توفير الراحة لمرتدي هذه الأحذية.تخزين الطاقة الناتجة بشكل فعال لاستخدامها لاحقاً لشحن الأجهزة.

3_3 الإنسان مولد للطاقة في الحركة والسكون

مع كل خطوة يخطوها الإنسان على الأرض، ينتج 70 واط من الكهرباء وعندما يكون في وضعية السكون، فإن جسمه يبذل نحو 100 واط من الحرارة . اليوم تحاول بعض المختبرات تجميع الطاقة المنبعثة من الإنسان في وضعي الحركة والسكون، علماً بأن هناك العديد من العقبات التي تقف حائلاً أمام هذه المحاولة، لكن التقدم أو التطورات في هذا المجال تبدو واعدة جداً . والعلماء اليوم تجاوزوا مرحلة الدينامو والمصباح اللذين يشحنان خلال بضع ثوان، باليد، فهم لم يعودوا يبحثون عن جمع الطاقة الصادرة عن حركة مقصودة فحسب، بل عن العفوية أيضاً [12]

وبما أن الإنسان يبذل أثناء نشاطه 10 أضعاف ما يبذره من الطاقة الحرارية أثناء راحتها فإن هذه الطاقة المبددة هي محط أنظار الباحثين الذين يعملون على الاستفادة منها في عالم الجيوش فالجندي يحمل معه في عتاده الحربي بطارية وزنها 10 كيلو غرامات لتغذية عدد من الأجهزة الإلكترونية، أما بالنسبة إلى العامة فيمكنهم إعادة شحن أجهزة هواتفهم وأجهزة الاستماع إلى الموسيقى تحتاج إلى 4 واط تقريباً والأجهزة الطبية جهاز تنظيم ضربات القلب، والأجهزة

السمعية لكن شريطة جمع وتحويل هذه الطاقة إلى الأجهزة المراد شحنها أو تزويدها بالكهرباء .. وبالطبع هنا وفي هذه المرحلة تبدأ العقبات، ويقول برنارد مولتون الباحث في المركز الوطني الفرنسي للأبحاث العلمية، إن القدرات المجموعة من الطاقة ضعيفة كما أن معدل التحويل ليس عالياً ويروح بين 20 – 40% على الأكثر.

والأمر الآخر، حسب رأي مولتون، يتمثل في المردود الاقتصادي لأجهزة جمع الطاقة بمعنى أنه يجب ألا تزيد تكلفتها على ما يمكن أن توفره عند شرائها من دون هذه العملية. ومن هنا يرى مولتون أنه يجب منذ البداية تصنيع أجهزة قليلة الاستهلاك للطاقة. ومن طرائق تحويل الطاقة ما يعرف بطريقة تجميع الاهتزازات ويستند هذا النظام إلى القدرة التي تتميز بها بعض البلورات في تحويل ضغط ما إلى تيار كهربائي . وهذه الميزة تستخدم عادة في ساعات الكوارتز . وعندما نضغط على مادة في الحذاء مثلاً تسمى اختصاراً (PZT) أي رصاص – زير كونيوم – تيتانات أو بعض البوليميرات، فإن فرقاً في الجهد الكهربائي يتولد بينالوجهين وبالتالي فإن تياراً ينشأ ويغذي مباشرة مصابيح من النوع (LED) أو إنه يخزن في هذه البطارية .

وتجميع الحرارة إحدى طرائق تحويل الطاقة، ويطلق على هذه الطريقة تأثير (Scebeck) نسبة إلى الفيزيائي الألماني توماس جوهان سيبيك (1821م) الذي لاحظ خلال إحدى التجارب أن ابرة البوصلة تنحرف عندما توضع بين موصلين من طبيعة مختلفة وذات وصلات طرفية متباينة درجات الحرارة. وأطلق على هذه الظاهرة تأثير سيبيك وهي مهمة في الدوائر الكهروحرارية وفي الناحية التطبيقية

توضع أشباه موصلات مصنوعة من مواد مختلفة (شوائب) إحداها سالبة والأخرى موجبة بين صفيحتين من السيراميك تستخدمان عازلاً. وفي حالة وجود اختلاف في درجات داخل الحذاء مثلاً، حيث توجد مسافة بين القدم والأرض، فإن فرقاً في الجهد الكهربائي [11]

يظهر وبالتالي فإن التيار المتولد جراء ذلك يتم تخزينه داخل مجمع للطاقة ويمكن أن توضع في الركبة آلة لتحويل الحركة الخطية أي حركة الركبة أو الأقدام على الرصيف إلى حركة دورانية من خلال سلسلة من التروس . وفي هذه الآلة يحول المولد الطاقة الميكانيكية هذه إلى طاقة كهربائية وتستند هذه العملية إلى موصل داخل مجال مغناطيسي المغناطيس يؤدي بالتالي إلى نشوء تيار كهربائي، وفي مثالنا يقوم الروتور (الدوار) المركب من مغناطيسات بالدوران في مركز الستاتور (الساكن المكون بدوره من عدة بوبينات (ملفات) ذات أسلاك موصلة . ويقوم جهاز محول) بتحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر كي يتم تخزينه في مجمع [12]

3-4 الاستنتاج

1. الظاهر الكهربائية الانضغاطية ظاهره مهمة جدا
2. يعتبر الكوارتز والمواد السيراميكية من أهم مواد ظاهره كهربائية الانضغاطية
3. إمكانية تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية باستخدام مواد بيزو كهربائية.
4. يمكن تطبيق التجربة عمليا في الأماكن العامة (الشوارع، الأرصفة وحتى المنازل من أجل تحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهرباء.
5. . تكلفة التحويل تكون مقبولة مقارنة بمجالات تحويل الطاقة الأخرى.

المصادر (المراجع)

1. Moheimani, S. O. R., & Fleming, A. J. (2006). Piezoelectric Transducers for Vibration Control and Damping Piezoelectric Shunt Damping..
2. Curies, P., & Curie, J. (1880). Development of polar electricity in hemihedral crystals with inclined faces.
3. Maeder, M. D., Damjanovic, D., & Setter, N. (2004). Lead free piezoelectric materials. Journal of Electroceramics, 13(1-3), 385-392
4. Kwok, K. W., Lai, H., Chan, W., & Choy, C. L. (1997). Evaluation of the material parameters of piezoelectric materials by various methods
5. جميل رشيد منصوره تحت اشراف رشيد سيو الكهربائيه الأنضغاطية بين حاضر والمستقبل
6. Jaffe, B.; Cook, W. R.; Jaffe, H. (1971). Piezoelectric Ceramics. New York:(1
7. Damjanovic, Dragan (1998). "Ferroelectric, dielectric and piezoelectric properties of ferroelectric thin films and ceramics". Reports on Progress in Physics. 61 (9): 1267–1324
8. Machine Design. Penton Media, Inc. 2008-02-04. Retrieved 2008-11-04
9. ^ Robert Repas (2008-02-07). "Sensor Sense: Piezoelectric Force Sensors". Machinedesign.com. Archived from the original on 2010-04-13. Retrieved 2012-05-04.

10. Frontoni, E., Mancini, A., Zingaretti, P., & Gatto, A. (2013). Energy Harvesting for smart shoes: A real life application. In Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference (Vol. 4)
11. Jo, S.-E., Kim, M.-S., Kim, M.-K., Kim, H.-L., & Kim, Y.-J. (n.d.).
12. Turab, N. M., Owida, H. A., Al-Nabulsi, J. I., & Abu-Alhaija, M. (2022).