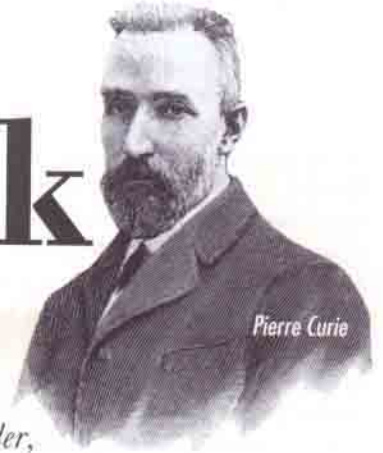


Kristalde Saklı Enerji

Piezoelektrik



Pierre Curie

Hemen hemen her fiziksel kavramda olduğu gibi, karmaşık bir takım yasaları içeren ve yalnızca konunun uzmanlarının kulağına yabancı gelmeyen "piezoelektrik" sözcüğü de, aslında, biz farkında olmadan hayatımıza girmiş durumda. Birçoğumuzun kolundaki "quartz" yazılı saatler, sigara tiryakilerinin kullandığı çakmakların büyük bir kısmı, bir zamanların gözde müzik aletlerinden olan pikaplar ve daha birçok cihaz, 115 yıl önce keşfedilen bu garip fiziksel kavramın ürünü...

PIEZOELEKTRİK sözcüğünün fiziksel ifadesi sanıldığı kadar anlaşılabilir ve karmaşık değil. Latince "bastırmak-press" anlamına gelen "piezo" önekinden türetilen "piezoelektrik" kavramı basitçe, üzerine mekanik bir basınç uygulanan bazı kristal ve seramik malzemelerde bir elektriksel gerilimin oluşması olarak tanımlanabilir. Piezoelektrik etki denen bu olgunun tersi de sözkonusu; "Ters Piezoelektrik Etki" adı verilen bu olayda da, karşılıklı yüzeyleri arasında bir gerilim uygulanan bazı kristal malzemelerde şekil değişikliği meydana gelebiliyor. Yani, piezoelektrik bir kristalin boyutlarını, uyguladığınız elektriksel alan ya da gerilimle orantılı olarak değiştirebilirsiniz. Tabii iş bu kadarla da kalmıyor; kristali belli frekanslarda titreştirmeniz dahi mümkün. Dolayısıyla piezoelektrik etkinin bu özelliklerini kullanarak, çok çeşitli uygulama alanları ortaya çıkıyor.

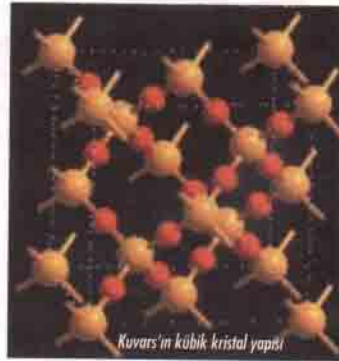
Piezoelektrik etkiyi ilk kez gözleyenler oldukça tanıdık isimler. Bunlardan birisi, eşi Marie ile daha sonra "Radyoaktivite"ye imzasını atacak olan Pierre Curie (1859-1906), diğeri de kardeşi Paul Jacques Curie (1859-1941). 15 Mayıs 1859'da Paris'te doğan Pierre Curie, ilk eğitimini fizikçi olan babasından almış ve lisans eğitimini Sorbonne'da tamamladıktan sonra, yine aynı üniversitede laboratuvar asistanı olarak kalmış. İlk olarak ısı dalgalarının dalgaboyları üzerine çalışan Pierre, daha sonra büyük kardeşi Jacques ile birlikte kristaller üzerinde çalışmaya başlayacak ve iki kardeş bu çalışmalarının en önemli ürününü 1880 yılında alacaklardı.

Curie kardeşler, bazı kristal türlerinin, üzerlerine bir ağırlık konulduğunda ya da eksenleri boyunca sıkıştırıldıklarında, kristalin yüzeyleri arasında bir gerilimin oluştuğu-

nu gözlemlemişlerdi. Piezoelektrik etki adını verdikleri bu olayın keşfini bir yıl sonra da ters piezoelektrik etkinin açıklanması izledi. G. Lippmann tarafından teorik olarak öngörülen ters piezoelektrik etki, Curie kardeşler tarafından deneysel olarak kanıtlandı. Marie Curie, daha sonra, Pierre Curie'nin biyografisini yazarken, bu keşiflerinin şans eseri olmadığını, kristalleşmiş maddelerin simetrisi üzerinde yapılan yoğun bir teorik ve deneysel çalışmanın ürünü olduğunu belirtecektir. Piezoelektriğin matematiksel ve kristalografik teorisi ise, keşiften sonraki birkaç yıl içinde tamamlandı. Curie kardeşlerin, üzerinde çalıştıkları ilk kristal türleri, bugün de hâlâ yaygın olarak kullanılan, kuvars, turmalin ve Rochelle tuzu olmuştur. Bugün daha fazla sayıda kristalin yanısıra birçok seramik malzeme de bu amaç için kullanılıyor.

Piezoelektrik kuvars kristalleri, her ne kadar, Pierre ve Marie Curie'nin radyoaktivite çalışmalarıyla birlikte elektrostatik ölçümlerde kullanılmışsa da, buluşu izleyen 30-40 yıl boyunca uygulamada yararlanmanın yolu bulunamadı. Mühendislik alanında ilk kullanımı ise 1916 yılında Paul Langevin tarafından geliştirilen bir sualtı ultrasonik aygıtıdır. İki çelik plaka arasına piezoelektrik kuvars kristalinin sıkıştırılmasıyla oluşturulan bu cihaz, daha sonra I. Dünya Savaşı'nda denizaltıların yerini belirlemek için kullanılacaktır. Ters piezoelektrik etkiden yararlanılarak yapılan bu aygıt, sonarın atası olarak kabul ediliyor. Ancak piezoelektriğin bu alandaki yaygın kullanımı çok daha sonralara rastlıyor. Wesleyen Üniversitesi'nden Walter G. Cady,

yaptığı deneylerde, bir kristalin mekanik rezonansının, kristalin elektriksel davranışına etkilerini incelerken kuvars kristali yardımıyla frekans kontrolünü gerçekleştirdi. Daha sonraki yıllarda, piezoelektrik kristallerin frekans kontrolü, radyo yayıncılığında ve haberleşmede vazgeçilmez bir öge haline geldi. Piezoelektrik kristallerin, çok kanallı telefon sistemlerinin dalga filtrelerinde kullanımına ise 1925 yılında Bell laboratuvarlarında başlandı. Diğer yandan, 1917-18 yıllarında ultrasonik jeneratörler üzerine yapılan araştırmalarda, Rochelle tuzunda yüksek dielektrik sabiti belirlendi. Daha sonra bu özelliğin, ferromanyetizmanın dielektrik benzeri olan ferroelektrikle ilişkisi farkedildi. Rochelle tuzunun ferroelektrik özelliği, piezoelektrik



Kuvars'ın kübik kristal yapısı

etkiyi artırdığı için bu kristal, mikrofonlarda ve pikaplarda yaygın olarak kullanılmaya başlandı.

Rochelle tuzunun dielektriksel davranışı ve belirli bir sıcaklık altında piezoelektrik özellik göstermesi, araştırmacıları 1940'ların başından itibaren piezoelektrik etkisi yüksek, suda çözünebilir

kristaller bulmaya yöneltti. Bu çalışmanın sonucunda, sonar uygulamalarında kullanılabilen amonyum dihidrojen fosfat elde edildi. Fakat en önemli gelişme hiç beklenmedik bir yönden geldi: 1940 yılında, daha yüksek sıcaklıklarda piezoelektrik özellik gösterebilen baryum titanatın ($BaTiO_3$) dielektrik sabitinin 1000'in üzerinde olduğu bulundu; Arthur Hippel ve MIT'deki çalışma arkadaşları, bu maddenin ferroelektrik özelliğini belirlediler. Daha sonraları da, Polikristalin Baryum titanat seramiğinin, güçlü bir elektrik

alan altında iyi bir piezoelektrik malzeme haline geldiği ortaya çıktı. Böylece, Rochell tuzu kadar duyarlı ve kuvars kadar kimyasal kararlılığa sahip yeni piezoelektrik malzemelerin geliştirilmesinin yolu açılmış oldu. Sonuçta da, seramik hazırlama yöntemleriyle, tek kristallerle elde edilemeyecek büyüklüklerde ve şekillerde malzemeler oluşturulabilir hale geldi.

1950'lerde seramik kurşun metaniobat ve kurşun titanat-zirkonat'ın, en azından 250 °C'de piezoelektrik özellik gösterdiğinin bulunmasıyla, baryum titanat'ın ancak 120 °C'nin altında ferroelektrik ve piezoelektrik özellik göstermesinin getirdiği kısıtlama da aşılmış oldu. 1950'li yılların sonlarından itibaren baryum titanat ve yeni başka seramikler, elektroakustik alanında en çok kullanılan malzemeler haline geldi ve elektriksel devre elemanları gibi yeni yeni uygulama alanları ortaya çıktı. Ancak, frekans kontrolü ve dalga filtrelerinde yaygın olarak hâlâ kuvars kristalleri kullanılıyor.

Piezoelektrik etki, fiziksel nitelikleri tamamen çözümlenmiş bir kavram (Bilim adamları artık, yalnızca bu etkiden yararlanarak yeni uygulama alanlarına yönelik çalışıyorlar). İletken olmayan katı kristal malzeme



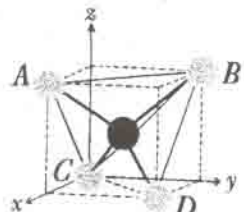
melerde gözlenen bu etki için gerekli koşul, kristalde yapısal simetri merkezinin bulunmamasıdır. Bilinen 32 kristal sınıfından 21 tanesinin simetri merkezi yoktur ve bu 21 kristal sınıfından yalnızca biri dışında hepsi piezoelektrik özellik göstermektedir.

Bilindiği gibi, katı maddeler, yüklü parçacıklardan oluşur ve bir katı madde içindeki negatif ve pozitif yüklü parçacıklar dengededir (yani katı madde elektriksel olarak yüksüzdür). Ancak, mekanik bir yolla malzeme üzerine kuvvet uygulamak, yüzey yüklerinin oluşmasına neden olabilir. Bir kristalde piezoelektrik özelliğin gözlenmesi, bu yüzey yüklerinin oluşmasına bağlıdır. Fakat, simetri özellikleri bu yüklerin oluşması için gerekli koşulları kısıtlamaktadır. Bu nedenle, simetri merkezi olmayan kristaller bu iş için en uygun malzeme sınıfını oluşturmaktadır. Dolayısıyla, piezoelektrik niteliğin anlaşılması için yapılan testler aynı zamanda o kristalin yapısının belirlenmesine de yardımcı olmaktadır. (Yaklaşık 1000 kristal yapısı üzerinde yapılan piezoelektrik özelliklerin araştırılması sonucunda, içinde sülfat, fosfat

ve çeşitli şekerlerin de bulunduğu 100 kadar kristalin verileri kaydedilmiştir.) Herhangi bir kristal sınıfının karakterini oluşturan simetri düzlemleri ve eksenleri, kristalde oluşan elektriksel kutuplanmalardan ve mekanik kuvvetlerden hangilerinin piezoelektrikle ilişkili (bağlantılı) olduğunu belirler. Kristalografik simetri, maddeye hangi etkilerin uygulanabileceğini belirler. Uygulanacak etkinin büyüklüğü de, deneylerden elde edilen verilerle ya da atomik yapıdaki hesaplardan tespit edilmektedir.

Elektriksel olarak yüksüz ve yapısal simetri merkezi bulunmayan bir kristale uygulanan basınç, artı yüklerin merkezi ile eksi yüklerin merkezinin birbirlerinden hafifçe ayrılmasına ve kristalin karşılıklı yüzeylerinde zıt (karşıt) yüklerin ortaya çıkmasına neden olur (kutuplanma). Yüklerin bu şekilde ayrılması bir elektrik alanı yaratır ve kristalin karşılıklı yüzeyleri arasında ölçülebilir bir potansiyel farkı (gerilim) oluşur. Piezoelektrik etkiyi ifade eden bu sürecin tersi de geçerlidir: Ters piezoelektrik adı verilen bu etkide de, karşılıklı yüzeyleri arasında bir elektrik alanı ya da gerilim uygulanan bir kristalde boyutsal bir şekil değişimi oluşmaktadır. Uygulanan alanın yönü değiştirildiğinde ise bu şekil değişimi, doğrultu ve kalınlık yönünde olmaktadır. Eğer uygulanan elektrik alanı alternatif ise incelenen kristal, alanın yön değiştirme frekansında mekanik titreşim üretir. Bu titreşimlerin frekansı, alanın yön değiştirme frekansına eşit olduğunda da rezonans oluşur ve salınımların genliği çok büyür. Örneğin, piezoelektrik bir malzemedeki (kuvars gibi) kesilmiş bir katman, yüksek frekanslı alternatif gerilimi, aynı frekansta bir sesüstü dalgaya çevirebilir; aynı şekilde böyle bir kristal, mekanik titreşimleri (örneğin ses dalgalarını) elektriksel bir sinyale dönüştürebilir.

Piezoelektrik etkinin moleküler modeli, piezoelektrik özellik gösteren en basit kristal yapısına sahip çinkosülfür'ün kübik birim hücresi ile açıklanabilir. Şekilde, pozitif (+) yüklü çinko (Zn) iyonu düzgün bir ABCD tetrahedronu'nun merkezine, negatif (-) yüklü sülfür iyonları da köşelerine yerleştirilmiştir. Eğer bu yapının xy



tetrahedronu'nun merkezine, negatif (-) yüklü sülfür iyonları da köşelerine yerleştirilmiştir. Eğer bu yapının xy



Kuvars kristali

düzlemi boyunca paralel yüzeyleri, karşıt yönlü kuvvetlerle zorlanırsa, AB kenarı uzatılmış, CD kenarı da daha kısalmış olacaktır. Böylece Zn iyonları z eksenini boyunca yer değiştirecek, dolayısıyla elektriksel bir dipol moment'in oluşmasına, yani kutuplanmaya yol açacaktır. Kutuplanma ise, ölçülebilir bir elektrik alanının oluşması demektir.

Piezoelektrik malzemeler, başlıca iki malzeme grubundan oluşur; kuvars ve turmalin gibi doğal olarak piezoelektrik özellik gösteren kristaller ile kutuplanma sonrasında piezoelektrik özellik gösteren ferroelektrik malzemeler. Bu malzemeler içinde en çok kullanılanları, kuvars, turmalin, Rochelle tuzu ve Baryum titanattır. Rochelle tuzu, uygulanan birim kuvvetle orantılı kutuplanma olarak tanımlanan, piezoelektrik sabiti oldukça yüksek bir kristaldir. Ayrıca dielektrik sabiti de herhangi diğer bir katı maddeninkinden 100 kat daha fazladır. Rochelle tuzunun bu iki özelliği de ferroelektrik özelliğinden kaynaklanmaktadır. Ferroelektrik terimi manyetik maddelerdeki ferromanyetizmanın dielektrik benzeridir. Ancak, farklı olarak "manyetik yük" diye bir kavram olmadığı için, ferromanyetizmada, manyetik alanı perdeleyen bir kutuplanma sözkonusu değildir. 1950'lerin sonlarından itibaren katıların dielektrik özellikleri üzerinde yapılan çalışmalar, birçok ferroelektrik maddenin bulunmasını sağladı. Ancak yine de hiçbir Rochelle tuzu kadar piezoelektrik özelliğe sahip değildir. Ferroelektrik karakteristیک özelliği, her kristalin içinde "domain" olarak isimlendirilen kutuplanmaların olduğu bölgenin bulunmasıdır. Bir elektrik alanının etkisiyle bu bölgeler konumlarını değiştirerek dielektrik sabitini artırırlar. Ayrıca





Turmalin

birçok ferroelektrik malzemede, Curie noktası denen belli bir sıcaklığa yaklaşıldığında da dielektrik sabitinde yükselme gözlenir ve bir malzeme ancak bu sıcaklığın altında ferroelektrik özellik gösterir. Rochelle tuzu için Curie sıcaklığı 24 °C'dir ve oda sıcaklığında bu tuzun dielektrik sabiti oldukça yüksektir. Yüksek dielektrik sabiti de, Rochelle tuzu gibi simetri merkezine sahip olmayan malzemelerde görülen piezoelektrik etkiyi artırır.

Ferroelektrik özellik gösteren diğer önemli bir kristal de baryum titanat'tır (BaTiO₃). Baryum titanat, içinde kalsiyum titanat (CaTiO₃) kurşun zirkonat-titanat (PbZrO₃-PbTiO₃) gibi kristallerin de bulunduğu bir kristal grubuna dahildir ve kübik kristal yapısına sahip bu gruptaki kristallerin de simetri merkezi yoktur. 120 °C değerinde yüksek Curie sıcaklığına sahip baryum titanatın bu özelliği, önemli bir piezoelektrik malzeme olmasını sağlıyor. Kurşun titanat-zirkonat ve Sodyum potasyum niobat gibi diğer seramik malzemelerin ise Curie sıcaklığı daha yüksektir. Doğal olarak piezoelektrik özellik gösterebilen kuvars, kimyasal olarak kararlı bir kristaldır. Sıcaklık değişimlerinden etkilenmediği ve düzenli salınımlar ürettiği için en çok kullanılan piezoelektrik malzemelerden birisidir. Kuvarın bu özelliği, frekans ölçümünün, fizikte en hassas ölçülebilen bir büyüklük olmasını sağlamıştır.

Hazırlama ve Ölçme Yöntemleri

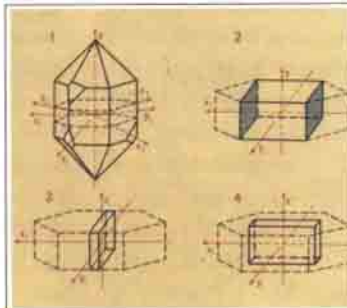
Piezoelektrik malzemeler, malzeme bilimcilerin, yüksek kalitedeki piezoelektrik özellik gösterebilen kristalleri işlemeleriyle elde edilir. Rochelle tuzu ve amonyum dihidrojen gibi suda çözünebilen kristaller, kendi çözeltilerinden elde edilirler. Buna benzer bir kristal elde etme yöntemi kuvarsta da uygulanmaktadır. Ancak çözücü bu kez, içine 400 °C ve 1 atm basınç gibi kritik şartlarda bir alkali metalin eklenmiş olduğu sudur. İstenilen piezoelektrik etkiyi elde etmek için piezoelektrik elementlerin doğadaki kristallerinin, kristal eksenlerine göre belirlenmiş noktalarda ve çok

hassas bir şekilde kesilmesi gerekmektedir. Örneğin, hassas frekans kontrolünde, osilatör (salıncı) olarak kullanılan kuvars kristallerinin kesimindeki hata payı, uzunlukta bir santimetrenin milyarda birini aşmamalıdır.

Piezoelektrik seramikler ise, elektriksel yalıtıcıların elde edilmesine benzer bir şekilde elde edilir. Ancak eklenecek katkı maddelerinin kontrolü hassas bir şekilde yapılmalıdır. Aksi takdirde istenmeyen etkiler ortaya çıkabilir. Bir seramik yakma işleminden sonra, ferroelektrik cisimler, elektrodla bağlanarak bir saat kadar elektrik alan altında polarlama işlemine tabi tutulurlar. Bu işlem Curie sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta gerçekleştirilir.

Kristallerin piezoelektrik etkilerinin ölçümü ise genellikle kristale bir kuvvetin uygulanması veya kaldırılmasıyla oluşan elektrik yükünün ölçülmesiyle belirlenir. Bu yöntem iyi yalıtılan ve yüksek piezoelektrik etkiye sahip malzemelerde geçerlidir. Diğer maddelerde uygulanması için çok daha dikkatli olunması gerekir. Bu nedenle, böyle kristallerde, genliği ve büyüklüğü bilinen bir salınım kuvveti uygulanarak elde edilen alternatif alanın belirlenmesi daha iyi bir yöntemdir.

Diğer yöntemler ters piezoelektrik etkiye dayanır. Örneğin, yüksek bir doğru akım gerilimi uygulandığında kristalde meydana gelen şekil değişikliği ölçülebilir. Piezoelektrik sabitinin en duyarlı ölçümü de, mekanik rezonans frekansında titreşen elektriksel etkilere bağlıdır. Küçük kristallere ya da kristal parçalarına uygulanan elektriksel etkilere elde edilen rezonans titreşimi ile piezoelektrik etki ölçülür.



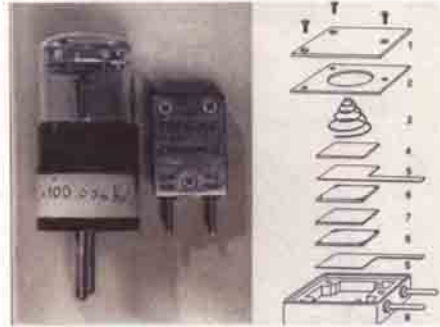
Sekilde, trigonal bir kuvar kristali görülmüyor (1). z ile gösterilen, kristalin optik eksen; (x₁, x₂, x₃) ile gösterilen de "elektriksel eksenler"dir. Elektriksel eksenlerin optik eksen ile arasındaki açı 90°, birbirleriyle aralarındaki açı 120° dir. Elektriksel eksene dik olan ve (y₁, y₂, y₃) ile gösterilen eksenleri ise kristalin "mekanik eksenleri" olarak adlandırılır. Bir piezoelektrik kuvars elemanı, yan yüzeyleri, x eksenlerinden biriyile ona karşılık gelen ve eksene paralel gelecek şekilde ve optik eksen z'yi dik kesen bir plaka içerir (2). Kristalin x ekseninde uygulanan bir basınç, şekilde taralı olarak gösterilen düzlemlerde, eşit büyüklükte fakat z işaretli yüklerin oluşmasına neden olur. Sıkıştırma yerine aynı eksen boyunca bir gerilme uygulanırsa, elektrik yüklerinin işareti değişir. Sıkıştırma yada gerilme işlemi ve eksen boyunca gerçekleştirildiğinde, yine x eksenine dik düzlemler üzerinde zt işaretli yükler oluşur (x eksenlerinin elektriksel eksenler olarak adlandırılmasının nedeni budur). Eğer kuvvet z ekseninde uygulanırsa hiçbir elektrik yükü oluşmaz. Ayrıca, x ekseninde uygulanan bir kuvvet uygulandığında (3) oluşan elektrik yükü miktarıyla, aynı büyüklükte ve eksen boyunca uygulanması (4) sonucu oluşan yük miktarı farklıdır ve bu tür kristaller birbirlerinden farklı özellik gösterirler.

Uygulama Alanları

Günümüzde birçok kristalin piezoelektrik özelliğinden yararlanılmakta ve herbirinin, kendine özgü birtakım özellikleriyle farklı kullanım alanları ortaya çıkmaktadır. Piezoelektrik kristaller, her tür elektronik donanımda, çakmalarda, masa ve kol saatlerinde, akustik ve hassas ölçüm yapabilen mikroskoplarda, yüksek frekansta ses üretimi için ultrasonik aygıtlarda, yarı-iletken ve entegre devre teknolojilerinde, en hassas termometrelerin yapımında (çünkü sıcaklık, frekansa bağlıdır) olduğu kadar, günlük hayatımızda kullandığımız daha birçok aygıtta da kullanılmaktadır. II. Dünya Savaşı'nda uçaktan atılan bombaların patlama düzeneklerinde de piezoelektrik kristaller kullanılmıştır; bomba yere çarpınca, bombanın ucuna yerleştirilmiş kristal bir elektrik gerilimi oluşturuyor, bu da bombanın patlamasını sağlıyordu. Bu tür ateşleme sistemi

içindeki kullanım alanı oldukça gelişen piezoelektrik kristaller, mermi tapalarında ve birçok roketin ateşleme sistemlerinde hâlen yaygın olarak kullanılıyor.

Piezoelektrik cihazlarının birçoğu, sıkıştırma sonucunda oluşan piezoelektrik etkiyi kullanır. Örneğin, "manyetolu çakmak" olarak bildiğimiz çakmaklar aslında, içlerinde piezoelektrik seramiklerin bulunduğu "piezoelektrik çakmak"lardır ve sıkıştırma sonucu bir elektrik kıvılcımı üretirler. Ancak, "manyetolu" terimi, eski çakmaklarda kullanılan bir mekanizmadan kalma bir alışkanlık olarak kullanılmaya devam ediyor. Pikap da bu anlamda en çok piezoelektrik etkinin kullanıldığı cihazlardan birisidir. Bu aletlerdeki piezoelektrik kristaller, pikap iğnesinin algıladığı mekanik enerjiyi elektrik sinyaline çevirirler. Burada, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren, piezoelektrik



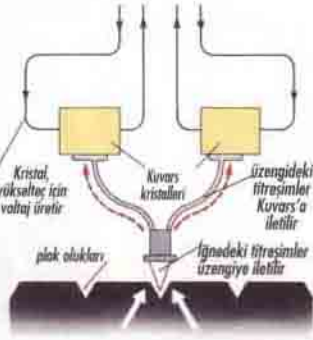
Fotoğrafta, 100 KHz'lik frekans kontrolü bir kuvars rezonatör (solda) ile kısa dalga radyo vericilerinde kullanılan bir osilatör görülmüyor. (Sağda görülen 7 numaralı eleman, osilatördeki piezoelektrik kuvars kristal plakasıdır.

Kuvars kristalinin bulunduğu kutu

LP-S ST 170

Plastik üzenaj

Pikap iğnesi



Bir diğer önemli piezoelektrik kristal olan kuvarların en çok kullanıldığı alan hiç kuşkusuz, elektriksiz frekans kontrolü. Özellikle hassas saatler, hatta çoğumuzun kolunda bulunan saatler, kuvars kristalinin kullanıldığı aletlerdir.

Çok dikkatlice hazırlanmış ve özel kesilmiş kuvars plakalar yardımıyla üretilen frekans kontrollü saatler çok hassas zaman ölçümü yapabilmektedirler. Bir kuvars plaka alternatif bir elektrik alanına maruz bırakılırsa, ters piezoelektrik özellik, plakanın genişleyip daralmasına neden olur. Esnek bir cisimde olduğu gibi plakada da uygulanan alanın doğrultusunda belli bir uzama ve kısalma frekansı olur, eğer uygulanan alan da aynı frekansta ise plakada etkin bir rezonans titreşimi gözlenir. Bu özelliğiyle bir osilatör (salıncı) olarak kullanılabilir. Frekans kontrolü yardımıyla oluşturulan osilatörler de, radyo-TV istasyonlarında, askeri iletişim alanlarında ve uzaktan algılama sistemlerinde yaygın olarak kullanılıyorlar. Örneğin, II. Dünya Savaşı yıllarında yalnızca ABD'de, bu amaç için kullanılan piezoelektrik kuvars kristali elemanın sayısı 50 000 000 kadardı. İstenilen piezoelektrik etkiyi elde etmek için, kuvars kristalleri, boyutları ve doğal kristal eksenlerine göre çok dikkatli bir şekilde kesilmektedir. (Örneğin, 8 MHz'lik bir frekans kontrolü için 0,02 cm kalınlıkta plakalar kesilmelidir). Çeşitli kalınlıklarda ve şekillerdeki bu kristal kesitleriyle 1KHz'den 100 MHz'ye kadar frekanslar üretilebilmektedir.

Özgürce titreşebilen kuvars gibi kristaller, radyo vericilerinin frekans kontrollerinin yanı sıra, telefon iletişimi uygulamalarındaki dalga filtrelerinde, optik iletişim için kullanılan ışık modülatörlerinin deneysel çalışmalarında da kullanılırlar. Bu uygulamalarda yeni tür, lityum tantalat ve lityum niobat gibi malzemeler de kullanılıyor.

Kuvars kristallerinin yanı sıra, baryum titanat ve kurşun titanat-zirkonat gibi piezoelektriklerin de kullanıldığı dalga filtreleri, diğer frekansları elimine ederek, istenen dalga frekansının (örneğin, telefon devrelerinde istenen ses frekans bandı 4 KHz'dir) geçmesine izin verirler.

Piezoelektrik kristaller ayrıca, elektro-optik özelliklerinden faydalanılarak bir ışık modülatörü olarak da kullanılabilirler. Bu etki de kısaca; üzerine voltaj (gerilim) uygulandığında kristallerin optik özelliklerinin değişimi ile oluşturulur. Işık modülasyonu, hemen hemen tüm piezoelektrik kristallerde gözlenebilmekle birlikte en çok kullanılan kristal, potasyum dihidrojen fosfattır. Bu kristalde daha iyi bir ışık modülasyonu elde etmek için, ışık, uygulanan alanla aynı doğrultuda iletilmelidir. Bunun yanı sıra, bakır klorür, çinko sülfür ve lityum tantalat gibi bazı kübik kristaller de, uygulanan alan ile ışık birbirlerine dik doğrultuda olabildiği için bazen daha avantajlı hale gelebilmektedirler.

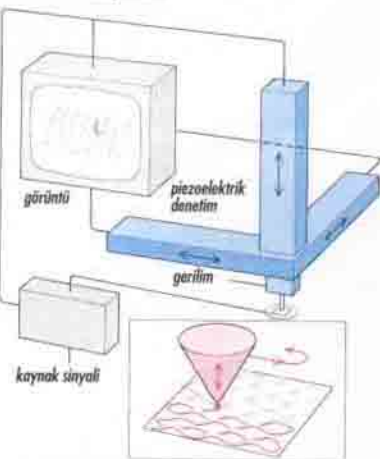
Piezoelektrik malzemelerin uygulama alanları yalnızca bu kadarla sınırlı değil; çok sayıda da özel amaçlı uygulamaları var. 1 cm'lik bir kuvars katmanına uygulanan 4,5 kg'lık bir ağırlıkla, katmanın iki yüzeyi arasında 25 000 Volt'luk bir açık devre gerilimi üretilebilir. Aynı şekilde, bir seramik malzemedir, bundan daha az gerilim değeri, ancak daha çok enerji elde etmek mümkün. Bunların yanı sıra, ters piezoelektrik etki yardımıyla bir seramik malzemede önemli ölçüde şekil değişimi oluşturulabilir. İşte bu özellikler; yakıt brülörü pompası, hırsız alarmı için ultrasonik ses üreteçleri ve ultrasonik cihazlar, otomatik kapı açıcıları ve uzaktan kumanda aygıtları gibi çok sayıda özel amaçlı kullanım için olanak sağlıyor. Ancak uzaktan kumanda ve otomatik kapı gibi alanlarda artık yaygın olarak kızılötesi frekansta ışık kullanılmaktadır. (Piezoelektriklerin kullanılmamasının bir nedeni de ultrasonik seslerin ev köpeklerini rahatsız etmesidir.)

Bu denli çok kullanım alanı olmasına karşın daha fazla sayıda yeni uygulama alanları için, yeni piezoelektrik malzemeler üzerinde yapılan araştırmalar, katıhal fizikinin gittikçe önem kazanan bir alanını oluşturuyor. Ve bu araştırmaların temel hedefi; yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı ve daha küçük boyutlarda devre elemanları ile cihazlar; yani geleceğin teknolojilerini üretmek...

İlhami Buğdaycı

çevirgeç (transducer) isimli bir alettir. Çevirgeçler, aynı şekilde, elektrik enerjisini de mekanik enerjiye çevirebilir ve bu özellikleri sayesinde sonar sistemlerinde kullanılabilirler. 1938-58 yılları arasında ABD'de üretilen pikapların 10'da 9'unda Rochelle tuzu kullanılmıştı. Ancak Rochelle tuzunda oluşan piezoelektrik etkinin sıcaklığa büyük ölçüde bağımlılığı nedeniyle, 1950'lerin sonlarında geliştirilen, sıcaklıktan ve havadaki nem oranından az etkilenen piezoelektrik seramik malzemeler daha önem kazanmışlardır. Fakat günümüzün pikaplarında manyetik kartuşlar, piezoelektrik mekanizmaların yerini almış gibi görünüyor. Üstelik, CD (Compact Disk) teknolojisiyle birlikte artık bu pikaplar da yavaş yavaş raflara kaldırılıyor.

Piezoelektrik çevirgeçlerin diğer bir önemli kullanım alanı ise ses aktarımı ve algılanmasıdır. Piezoelektrik malzemeler suda karaya oranla daha iyi akustik özellikler gösterdiklerinden sualtı ses cihazları için uygundur. Piezoelektrik kristaller ilk başta sualtında askeri amaçlı kullanılmışsa da, 1950'lerden sonra sivilarda ses enerjisi alanında önem kazanmıştır. İlk önemli uygulama alanları da sonarlardır. Bunun yanı sıra denizde ses hızı ölçülerek, deniz suyunun sıcaklık ölçümü gibi ultrasonik uygulamalarda da kullanılıyorlar.



San yılların en önemli buluşlarından: tarama problemlerini mikroskopların biri olan TIM'in de diğerlerinde olduğu gibi en önemli parçaların birini, probun uç boyutunu devinmesini, piezoelektrik seramikler oluşturuyor.



Kaynaklar
Cady, W. G., Piezoelectricity, vol.2, 1964
The New Caxton Encyclopedia, Piezoelectricity, vol. 15, London, 1968

Renault Laguna

A K I L Ç I

Yepyeni bir Renault ve tam bir tasarım harikası...
Yumuşak hareketlerle açılan ve yola doğru akıp
giden bir okyanus dalgası kadar **akıcı bir
tasarım**. Kullananlara gurur verecek, yolcuları
tutkulu bir aşkla kendine bağlayacak kadar
akılcı bir tasarım. Renault Laguna...

Renault Laguna akıcılık ve akılcılık,
hareket ve dinginlik, güç ve zerafet
gibi ilk bakışta çelişkili görünen
kavramları bir araya
getirmeyi başaran çok
özel bir otomobildir.

Renault Laguna
hangi açıdan
bakarsanız bakın
bir bütün olarak
yaşanacak
bir otomobildir.

Renault Laguna'yı
daha yakından
tanımak isteyeceğinizi
biliyoruz. Bunun için
sizi RENAULT-MAİS
Yetkili Satıcılarına bekliyoruz.

Renault Laguna



Renault Laguna ile ilgili ayrıntılı bilgi için **BİLGİ RENAULT-MAİS**'in
(212) 293 26 26 numaralı telefonunu arayın, sırasıyla 1-8 no'lu tuşlara basın.



RENAULT
YAŞANACAK
OTOMOBİLLER