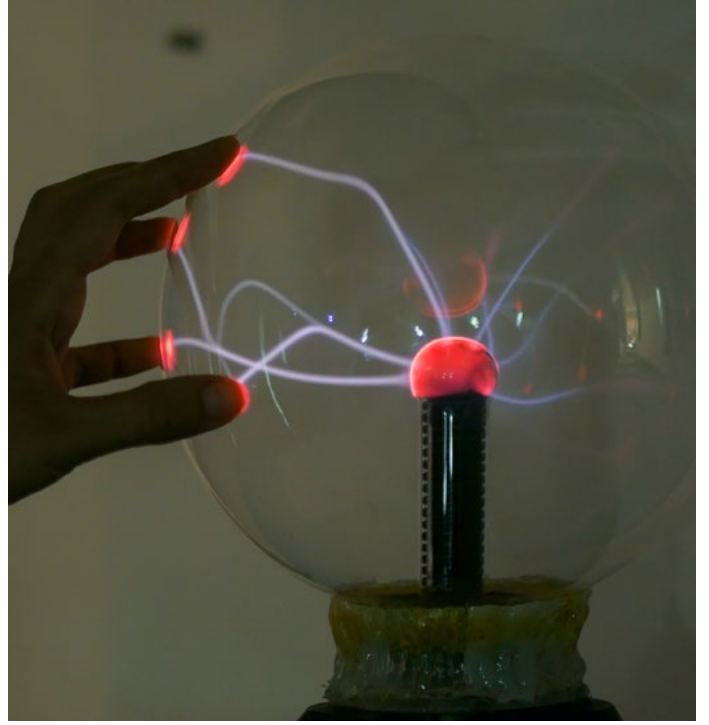


Gündelik Hayatın Gizemli Enerjisi: Piezoelektrik



Piezo sözcüğü Yunancada “basınç uygulamak, sıkıştırmak” anlamına gelir. Basitçe tanımlayacak olursak, bazı malzemeler, üzerlerine mekanik bir stres uygulandığında elektrik yükleri biriktirme eğilimindedir. İki zıt kutbun arasına yerleştirilen yalıtkan bir maddenin üzerine basınç uygulandığında ortaya elektrik enerjisi çıkar. Piezoelektrik etki, bir piezoelektrik malzemeye uygulanan basınçla doğru orantılı düzeyde elektrik üretilmesi olgusunu anlatır¹.

Mucidi Tandık İsimler

Bu olgu ilk olarak 1880 yılında Paul-Jacques Curie ve aynı zamanda meşhur Marie Curie’nin kocası olan küçük kardeşi Pierre tarafından keşfedilmiştir². İkili, kuartz, turmalin ve roşel tuzu gibi kristallere basınç uygulandığında bu malzemelerin yüzeyinde elektrik akımı oluştuğunu fark etti³.

Bundan bir yıl sonra Fransız bilim insanı Gabriel Lippman bu malzemelere basınç uygulandığında elektrik enerjisi üretilmesi gibi, elektrik verildiğinde de mekanik enerji elde edilebileceğini keşfetti. Lippman’ın ters piezo etkisi olarak adlandırdığı bu olgu, aynı yıl Curie kardeşlerin deneyleriyle de ispatlandı. Bu keşif ilk deneysel EKG cihazını ortaya çıkaracak olan Lippmann elektrometresinin icat edilmesini sağladı⁴.

Sonraki dönemde piezoelektrik bir süre laboratuvar sınırlarının dışına çıkamadı. Bu dönemde ağırlıklı olarak piezoelektrik özellikler sergileyen kristaller araştırıldı. Woldemar Voigt’un 1910 yılında yayımlanan *Lehrbuch der Kristallphysik (Kristal Fiziği Ders Kitabı)* kitabında piezoelektrik özellikler sergileyen 20 kristalden söz ediliyordu. Buna göre en yaygın piezoelektrik kristal malzeme kuvarstı. Bazı seramikler, roşel tuzları ve baryum titanat, kurşun zirkonat titanat ve potasyum sodyum niobat gibi katı maddeler de bu etkiyi sergiliyordu⁵.

Savaşın Seyrini Değiştiren Buluş

Piezoelektrik etkinin ilk ciddi uygulaması Birinci Dünya Savaşı sırasında ortaya çıktı. P. Langevin ve meslektaşları 1917 yılında bir ultrasonik denizaltı dedektörü geliştirmeyi başardı⁶. Bu başarı piezoelektriğin potansiyelini ortaya koydu ve gerisi hızla gelmeye başladı. 1925 yılında piezoelektrik kristaller telefon

1 <https://onscale.com/piezoelectricity/what-is-piezoelectricity/>

2 <https://www.biolinscientific.com/blog/what-is-piezoelectricity>

3 <https://onscale.com/piezoelectricity/history-of-piezoelectricity/>

4 <https://www.allthescience.org/what-is-the-piezoelectric-effect.htm>

5 <https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Piezoelectricity>

6 https://mastersonics.com/documents/mmm_basics/general_info/ultrasonics_faq/history_piezo.htm

sistemlerinde kullanılmaya başlandı. Roşel tuzunun piezoelektrik etkiyi artırdığının keşfedilmesiyle birlikte piezoelektrik malzemeler radyolarda ve pikaplarda da kullanılır oldu⁷.

Piezoelektrik Gündelik Hayata Giriyor

Bu alandaki en önemli gelişmelerden biri Arthur Hippel'in Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (Massachusetts Institute of Technology -MIT) de yüksek sıcaklıklarda piezoelektrik özellikler sergileyen farklı malzemeler tespit etmesi oldu. Böylece roşel tuzu kadar duyarlı ve kuvars kadar kararlı yeni piezoelektrik malzemeler geliştirildi⁸. Bu sayede günümüzde piezoelektrik malzemeler her türlü elektronik alette, çakmaklarda, saatlerde, mikroskoplarda, arabalardaki hava yastıklarında, mürekkep püskürtmeli yazıcılarda, ultrasonik aletlerde ve daha birçok alanda kullanılmaya başlandı.

Piezoelektrik ve Savunma Sanayii

Piezoelektrik malzemelerden yararlanan sektörlerin başında savunma geliyor. Birinci Dünya Savaşı sırasında geliştirilen denizaltı dedektörü piezoelektrik malzemelerin askeri alandaki ilk kullanım şekillerinden biriydi. Bu dedektör plakası bir transdüktörden (bir enerji türünden diğerine dönüşen bir cihaz) ve hidrofona adı verilen bir dedektörden yapılmıştı. Dönüştürücü, iki çelik plaka arasına yapıştırılmış ince kuvars kristallerinden üretilmişti⁹.

İkinci Dünya Savaşı'nda da uçaklardan atılan bombaların patlama düzeneklerinde piezoelektrik malzemeler kullanılmıştı. Bomba yere değdiğinde, ucuna yerleştirilen kristal gerilim oluşturuyor ve bombayı patlatıyordu. Hiroşima'ya atılan atom bombasında da piezoelektrik sensörler kullanılmıştı. Bu sistem günümüzde de roketler gibi birçok silahta aktif olarak kullanılıyor¹⁰.

Piezoelektrik sensörler saldırı amaçlı olduğu kadar savunma amaçlı olarak da kullanıldı. Almanlar tarafından geliştirilen zaman ayarlı bombaların ve mayınların çok daha büyük hasar vermesi üzerine, Sovyetler Birliği bu bombaları patlamadan tespit edebilen piezoelektrik sensörler geliştirdi¹¹.

Piezoelektrik malzemelerin suda karaya oranla daha iyi akustik özellikler sergilemesi sonarların ve deniz araçlarının hareketlerini takip eden sonar şamandıralarının da geliştirilmesini sağladı¹².

Günümüzde de piezoelektrik etkinin askeri alanda kullanımına yönelik çalışmalar devam ediyor. Bunların en ilgi çekici olanları mikro robotlar ve yön değiştirebilen mermilerdir.

Askeri amaçla kullanılan, bir böcek ya da kuş büyüklüğündeki, tıpkı bu canlılar gibi "kanat çırparak" hareket edebilen mikro hava araçlarında piezoelektrik aktüatörler kullanılıyor. DARPA tarafından geliştirilen havada yön değiştirebilme kabiliyetine sahip mermilerde de aynı piezoelektrik aktüatörlerden yararlanılıyor¹³.

Piezoelektrik sadece askeri robotlar açısından değil, "sivil" robotlar ve otonom araçlar açısından da umut vad ediyor. Robotların insanların arasında güvenle, çevrelerine zarar vermeden dolaşabilmesi için lidar sistemlerine ihtiyaç duyuluyor. Ancak bu lidarların iri ve hantal olması, çok fazla enerji tüketmesi, en önemlisi de çok pahalı olması bu sistemlerin gelişiminin önünde ciddi bir engel teşkil ediyor.

7 <https://lossenderosstudio.com/article.php?subject=14>

8 https://books.google.com.tr/books?id=9JwQEAAAQBAJ&pg=PA56&lpg=PA56&dq=arthur+hippel+piezo&source=bl&ots=YPaowW2MvR&sig=ACfU3U04_ZtGjXQLjIxcn86HDnuwOvavKA&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwiz17jbuvr4AhXEvvEDHU1UCuMQ6AF6BAgVEAM#v=onepage&q=arthur%20hippel%20piezo&f=false

9 <https://www.ob-ultrasound.net/langevin.html>

10 https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/159727/DP_MUSTAFA_HALIS_OZKAPTAN_2020.pdf?sequence=1

11 <https://prog.world/the-use-of-piezoelectric-stethoscopes-for-the-detection-of-acoustic-events-during-the-great-patriotic-war/>

12 <https://piezo.com/pages/history-of-piezoelectricity>

13 <https://www.americanpiezo.com/blog/top-uses-of-piezoelectricity-in-everyday-applications/>

Stanford Üniversitesi araştırmacıları, herhangi bir CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor; Bütünleyici Metal Oksit Yarı İletken), görüntü sensörüyle entegre edilebilen ve üç boyutlu verileri günümüz lidarlarından çok daha ucuza üretebilen bir sistem geliştirdi. Okan Atalar ve Amin Arbabian tarafından geliştirilen sistemin püf noktası ise enerjisini piezoelektrik etki sayesinde üretmesi. Böylece binlerce dolarlık bir lidarın işlevi birkaç dolarlık sıradan bir CMOS kamera ile görülebilecek.

Üstelik araştırmacılara göre bu teknoloji, güvenlik kameraları ve artırılmış gerçeklik başlıkları açısından da bir devrim vadediyor. Üç boyutlu algılama becerisi sayesinde akıllı telefonların el hareketlerini algılaması da mümkün hâle geliyor¹⁴.

Tıp Devriminde Türk İmzası

Piezoelektrik etkinin yaygın olarak kullanıldığı önemli alanlardan biri de tıp dünyası. Tıbbi ultrason ekipmanlarında piezoelektrik çevirgeçler kullanılıyor. Bu teknolojiadaki gelişmeler gebeliklerin daha sağlıklı bir şekilde takip edilmesine ve minimal invazif cerrahi prosedürlerin kolaylaşmasına olanak sağlamıştır.


Kimi noninvazif prosedürlerde de böbrek taşlarını kırmak ya da kötü huylu dokuları yok etmek amacıyla odaklanmış ultrasonik dalgalardan yararlanılıyor. Harmonik ultrasonik neşterler de cerrahların operasyon sırasında yakmaya gerek kalmadan dokuları kesmesine ve pıhtılaştırmasına olanak tanıyor. Bu sayede dokular daha az zarar görüyor, kan kaybı azalıyor ve iyileşme süresi kısalıyor¹⁵.

Bu alandaki en büyük başarı ise bir Türk'e ait. Çalışmalarını MIT Koch Laboratuvarı'nda sürdüren Türk bilim insanı Canan Dağdeviren, piezoelektrik malzemeleri insan organlarının üzerine yerleştirerek organların hareketini elektrik enerjisine çeviren cihazların mucidi olarak biliniyor.

Dağdeviren 2014 yılında dövme benzeri, polimer tabanlı bir cihazın piezoelektrik üretebileceğini ve bir fareye yerleştirilen kalp piline enerji sağlayabileceğini keşfetti.

Giyilebilir kalp pili; kalbin, akciğerin ve diyaframın hareketi ile elektrik enerjisi üreten, bu enerjiyi depolayan esnek ve ultra ince piezoelektrik entegre bir alet. İnsan vücuduyla uyumlu plastik bir yüzeye tutturulan bu malzeme; saç telinden 100 kat daha ince ve kâğıt gibi katlanıp bükülebilir özellikte. Bu alet, kalp boyutları insana yakın olan koyun, dana ve domuz üzerinde başarıyla test edildi. Canlı metabolizmasıyla uyumunu kanıtlamak amacıyla yapılan kontrol deneyinde, fare kas hücrelerinin alet üzerinde sorunsuz büyüyebildiği görüldü. 20 milyon kere katlanıp büküldüğünde dahi mekanik olarak sağlamlığını koruyabilen alet, 3.8 voltluk pile enerji depolayabiliyor¹⁶.

Geleneksel yöntemlerde bir kalp pilinin 6-7 yılda bir değişmesi gerekiyor. Bu da hastaların 6-7 yılda bir, riskli bir ameliyata girmesini gerektiriyor. Dağdeviren'in çalışması ile hastalar kalplerinin veya diğer organlarının üzerine yapıştırılmış küçük sistemlerle hayatlarına devam edebiliyor. Kalp pili, organların hareket enerjisinden elektrik enerjisi üreterek şarj edilebiliyor.

Alanında bir ilk olan bu keşfin ardından Dağdeviren çalışmalarının kapsamını genişleterek PH sensörleri, koklear implantlar, beyne yerleştirilerek felç riskini takip eden sensörler, doku onarımını hızlandıran kemik aşılama malzemeleri gibi alanlarda da buluşlar gerçekleştirdi. Bunların birçoğu piezoelektrikle çalışıyor¹⁷. 

14 <https://spectrum.ieee.org/solid-state-lidar-2657187384>

15 <https://www.intechopen.com/chapters/77225>

16 <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1317233111>

17 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6731626/>