

SIVI KRİSTALLER

H. İlhan REFİOĞLU

Tezat teşkil eden bu başlık okuyucuya şüphesiz tuhaf gelecektir. Sıvı deyince akla, girdiği kabın şeklini alan, akıcı bir şey; kristal deyince de akla, katı bir cisim gelir. Sıvılarda moleküller gelişigüzel olarak dağılmışlardır ve belli bir şekil, düzen göstermezler. Buna mukabil kristallerin moleküler yapılarının büyük bir düzen içinde olduğu görülür. İşte «sıvı kristaller» (liquid crystals) sıvıların ve kristallerin bu birbirine zıt özelliklerinin bir arada görüldüğü organik maddelere verilen isimdir.

Sıvı kristallerin varlığı ilk defa 1888 senesinde, Avusturyalı botanist Friedrich Reinitzer'in kolestiril benzoatın iki ayrı erime noktası olduğunu bulmasıyla ortaya çıktı. 155°'de katı cisim bulanık bir sıvıya dönüşmüş ve bu 179°'de bulanıklığını kaybederek bildiğimiz, berrak bir sıvı halini almıştır. Bu buluşdan hemen sonra Alman fizikçisi O. Lehman'ın bu katıdan sıvıya geçiş safhasında görülen bulanık sıvı üzerinde yaptığı çalışmalar, kristale benzer bir moleküler yapı özelliği gösterdiğini ortaya koymuştur. Lehmann sıvısal görünüşüne rağmen kristale benzer yapı şeklinden dolayı buna sıvı kristal adını vermiştir.

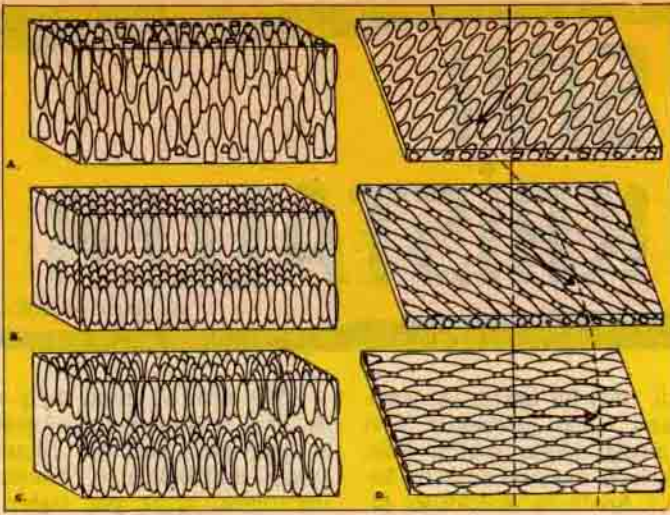
Bundan sonra birçok deneysel araştırmacılar yeni yeni sıvı kristal maddeler bulmuşlar ve sıvı kristaller W. H. Biagg, Louis de Broglie ve Max Born gibi tanınmış teorik fizikçilerin de ilgisini çeken popüler bir saha haline gelmiştir. Bütün bu çalışmaların neticesi olarak sıvı kristallerin birçok optik, elektrik ve manyetik özellikleri bulunmuştur. 1930 larda en kesif noktasına erişen bu araştırmalar, bundan sonra, ölü bir safhaya girmiş ve bu, 1960 lara kadar devam etmiştir. Bunun başlıca sebebi bu sahadaki çalışmaların akademik bir düzeyden öteye gide-memesi ve tatbik sahalarının bulunamasına bağlanabilir.

1960 larda ve bunu takip eden senelerde yarı iletkenler teknolojisinin gelişmesi, yeni yeni katı hal cihazlarının icadı, hesap makinalarının, televizyonların geliştirilmesi alçak güç teşhir sistemlerine (display systems) ihtiyaç yarattı. Sıvı kristallerin elektronik ve optik özelliklerinin alçak güç teşhir sistemlerine elverişli olması bu sahada araştırmaların yeniden başlamasına ve sıvı kristallere yepyeni ufukların açılmasına sebep oldu. Resimde görülen, sıvı kristallerden faydalanarak neticeleri elektronik rakkamlarla gösteren duvar ve kol saatleri piyasaya çıkmış vaziyette. Halen dünyadaki birçok araştırma merkezleri sıvı kristaller üzerinde çalışmalarda bulunmakta. Amerika'daki bazı firmaların yayınladığı raporlara göre kristallerden yararlanarak yapılan lambasız yassı televizyon cihazları başarıyla çalışmakta. Bütün bu araştırmalar ve alınan başarılı neticeler gösteriyor ki daha uzun seneler sıvı kristaller elektronik endüstrisinde önemli bir yer tutacak ve yeni, enteresan tatbik sahalarının doğmasına sebep olacak.

Çeşitleri ve Yapıları :

Sıvı kristaller moleküller yapılarına göre «simetrik» (smectic), «nematik» (nematic) ve «kolestirik» (cholesteric) olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

Simetrik sıvı kristaller moleküller yapıları itibarıyla büyük bir düzen gösterirler. Puro şeklinde olan molekülleri, birbirine paralel olmak üzere üst üste sıralanmış, muntazam tabakalar meydana getirirler. Her tabakadan bu moleküller, muntazam bir asker taburunu hatırlatacak şekilde, uzun eksenleri birbirlerine paralel olmak üzere dizilmişlerdir (Bak. Şekil 1B). Bazı simetriklerde ise moleküller, içinde bulundukları tabakalarda



Şekil 1.

bu kadar düzenli olarak gözükmezler. (Bak. Şekil 10) Tabakalar halindeki moleküller yapılarından dolayı simetrik sıvı kristaller ancak bu tabakalara paralel yönde akabilirler. Simektikler enteresan özellikleri ile istikbal vaad etmelerine rağmen bugüne kadar önemli tatbik sahaları bulamamışlardır.

Nematikler simetrikler kadar düzenli bir moleküller yapıya sahip değildirler. Şekil 1 A da görüldüğü gibi molekülleri uzun eksenleri birbirlerine paralel olacak şekilde dağılmışlarsa da tabakalara ayrılmamışlardır. Bu yüzden simetriklerle nazaran daha akıcıdır.

Kolestirikler ise en kompleks moleküller yapıya sahiptirler. Bunlarda da moleküller simetriklerdeki gibi tabakalar meydana getirirler. Fakat bu tabakalar simetriklerle nazaran çok daha incedir. Moleküllerin uzun eksenleri birbirlerine ve içinde bulundukları tabakalara paraleldir. Her tabakada moleküllerin uzun eksenleri bir evvelki tabakaya nazaran aşağı yukarı 15 dakikalık bir sapma gösterir. Bu sapmalar birbirlerine ilâve olarak Şekil 1 D de görüldüğü gibi bir helixon meydana getirirler.

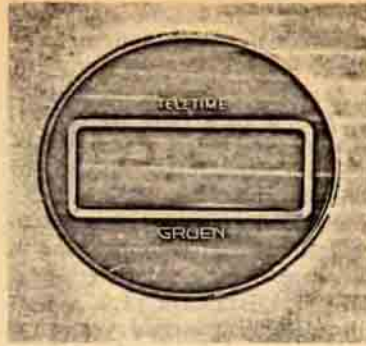
Kolestiriklerin Özellikleri ve Uygulamaları :

Kolestirik sıvı kristallerin optik özellikleri bahsettiğimiz kompleks moleküller yapılarının bir neticesidir. Bizim

üzerinde duracağımız, en önemli özelliği olan, çeşitli dış etkenlerle renginin değişime uğraması özelliğidir.

Kolestirik sıvı kristallerin bu kompleks moleküler yapısını bir arada tutan kuvvetler ki, bu kuvvetler komşu moleküllerin birbirini çekiminden doğar, oldukça zayıftır. Kolestirik sıvı kristallerin ısılarının yükselmesinden doğacak bir enerji artışı bu kuvveti etkiler ve moleküler yapının ufak da olsa bazı değişimlere uğramasına sebep olur. Kolestirik sıvı kristallerin optik özellikleri moleküler yapılarına kuvvetle bağlı olduğu için moleküler yapıda meydana gelen bu ufak değişiklikler kolestiriklerin optik özelliklerinde de bazı değişikliklere, örneğin renk değişikliklerine sebep olur.

Her kolestirik sıvı kristalin artan ısıya bağlı olarak uğradığı renk değişimi başka başkadır. Bazıları artan ısıyla sırayla kırmızı, sarı, yeşil, mavi, mor olmak üzere belli başlı renkleri alırken bazıları ise sadece mahdud bir iki rengi alırlar. Ayrıca bu renk değişimine uğradıkları ısılar da bir kolestirik sıvı kristalden diğerine değişir. Bazıları 40°C civarında renk değişimine uğrarken bazıları bu özelliği, belki de, ancak 100°C civarında gösterirler. Kolestiriklerin ısıya olan hassasiyetleri de değişik değişiktir. Renk değişimini görebilmek için 1°C den az ısı artışlarının yettiği kolestirikler olduğu gibi 50° - 60°C lik ısı artışlarının gerektiği kolestirikler de vardır.



Sıvı Kristallerden faydalanılarak yapılan çeşitli teşhir sistemleri: A. Elektronik Kol saatleri, B. Elektronik duvar saatleri, B. Elektronik hesap makinaları.

Bugüne kadar yapılan çalışmaların neticesi olarak değişik hassasiyette, değişik derecelerde renk değişimi gösteren kolestirik sıvı kristaller bulunmuştur. Ayrıca çeşitli kolestirikler karıştırılarak istenen ısı derəcelerinde tepki gösterecek ve istenen hassasiyete sahip kolestirik sıvı kristaller yapılabilir.

Kolestirik sıvı kristallerin bu özelliklerinden çeşitli sahalarda faydalanılmaktadır. Uçal. sanayiinde uçağın ek yerlerinin hatalı olup olmadığını anlamak için kolestirik sıvı kristaller kullanılmaktadır. Hata aranan yüzey kolestirik sıvı kristal ile kaplanır. Yüzey bir yönden ısıtılırken öbür yönden de soğutulur. Bir

müddet sonra yüzeydeki hararet dağılımı dengeye ulaşır. Eğer ekler hatasız yapılmışsa bütün yüzeyin aynı hararete olması, dolayısıyla kolestirik sıvı kristalin bir renk, örneğin, kırmızı olması lazımdır. Fakat eğer bir ek hatası varsa bu nokta ısıyı iyi iletemeyeceği cihetle diğer noktalara nazaran daha yüksek bir hararete erişir. Bunun neticesi olarak kolestirik sıvı kristalin ek hatası olan yerlerde rengi değişir. Böylelikle, örneğin, bütün yüzey kırmızı iken ek hatası olan yerler maviye döner. Bu suretle hatalı ekler ortaya çıkarılmış olur.

Kolestirik sıvı kristallerin bu vasıflarından yarı iletkenler endüstrisinde de

faýdalanılmaktadır. Güç transistörlerinin ısı dağılışı kolestirik sıvı kristaller kullanılarak bulunmaktadı. 50°C civarında renk değiştiren kolestirikler güç tranzistörlerinin üstüne tatbik edildiğinde tranzistörlerin yüzünde değişik renkleri ihtiva eden bazı şekillerin meydana geldiği göröölür. Her değişik renk başka bir hararete tekaböl ettiğinden tranzistörün hangi bölgelerinin daha fazla ısındığı bu «Isı haritasından» kolaylıkla tesbit edilir. Böylelikle tranzistörün hangi bölgelerinden daha fazla akımın geçtiği ve hangi kısımların hataya sebep olduğu ortaya çıkar.

Kolestirik sıvı kristallerin renk değiştirmelerine ısı değiştirmelerinin yanı sıra mekanik gerilmeler (stress) de sebep olur. Gerilmenin bir neticesi olarak moleköler yapı ve dolayısıyla kolestirik sıvı kristalin rnei değişir. Ayrıca kolestiriklere karışan yabancı gazlar da bu tip renk değişmelerine sebep olurlar. Örneğin, kırmızı renkte olan bir kolestirik sıvı kristal çevredeki benzin, aseton veya kloroform buharlarının tesiriyle başka bir renk alır. Son zamanlarda hava kirlenmesiyle ilgili sorunlara önem verilmesi ilerde sıvı kristallerin çevredeki zararlı gazların tesbitinde de önemli bir rol oynayabileceği kanısını vermektedir. Fakat bu tip çalışmalar henüz araştırma safhasındadır.

Nematiklerin Özellikleri ve Uygulamaları :

Bugün için elektronikte en çok kullanılan sıvı kristaller nematiklerdir. Nematiklerin optik özelliklerinin bir elektrik veya manyetik alan etkisiyle büyük değişikliklere uğraması bu tip sıvı kristallerin alçak güç teshir sistemlerinde kullanılmalarına sebep olmuştur. Nematiklerin «dinamik dağılım» (dynamic scattering) adı verilen en önemli özelliğini incelelim.

Sekil 2 de göröölüğü gibi aralarında 0.005-0.3 milimetre boşluk bulunan birbirine çok yakın iki cam levha arasına nematik sıvı kristal konur. Arkadaki cam levhanın sıvı kristale bakan yüzeyi alüminyum veya altın gibi iletken ve parlak bir metalle kaplanmıştır. Öndeki camın sıvı kristale bakan yüzeyinin bir kısmı ise iletken ve seffaf bir madde ile, örneğin indium oksidi veya kalav oksidi ile, kaplanmıştır. Bu iki iletken yüzey arasına da bir gerilim kaynağı bağlanır. Gerilim tatbik edilmediği takdirde ışınlar geliş açısına eşit bir açıyla alüminyum ta-

rafından yansıtıldıklarından karşıdan bakan bir insana bütün yüzey karanlık olarak görünür. Fakat muayyen bir gerilim tatbik edildiği zaman nematik sıvı kristalin moleköler yapısı bu elektrik alanının tesiriyle değişir. Bunun neticesi olarak da sıvı kristalin optik özelliği değişir ve ışık dağılımı meydana gelir. Böylelikle şekilde göröölüğü gibi ışığın yansıma açısı değişir ve ışınlar izleyiciye doğru yansıtılmış olur. Eskiden bütün yüzey karanlık gözükkürken şimdi gerilimin tatbik edildiği bu kısım diğer kısımlara nazaran aydınlanmış olur. İşte bazı nematiklerin gösterdiği bu özelliğe «dinamik dağılım» adı verilmiştir.

Birçok sistemlerde arkadaki cam levha parlak bir metalle kaplanmışa da bu şart değildir. Arkadaki iletken öndeki gibi seffaf olabilir. Yalnız bu tip sistemler arkadan aydınlatmayı gerektirdiğinden bir ışık kaynağının sisteme iläve edilmesi icap eder.

Nematiklerin dinamik kırılım özelliğinden faydalanılarak elektronik saatlerde, cep hesap makinelerinde (pocket calculators) olduğu gibi elektronik olarak çeşitli rakkamlar yazılabilir. Bunun için Şekil 3 de göröölüğü gibi aralarında nematik sıvı kristal olan iki cam levha hazırlanır. Arka camdaki parlak iletken topraklanmıştır. Ön camdaki yedi iletken den istenilenlere gerilim tatbik ederek sıfırla dokuz arasında bir rakkam yazılabilir. Örneğin, 3 haric bütün iletkenlere gerilim tatbik edersek 0, 6 ve 7 haric bütün iletkenlere gerilim tatbik edersek 3 yazmış oluruz. Bu şekilde hazırlanmış levhalar yanvana koyularak istenilen hane sayısı elde edilmiş olur. Saatler için sadece 4 hane, yani şekildeki gibi hazırlanmış yanyana 4 levha yeterli iken bazı hesap makineleri 10 tane ve hatta daha fazla hane gerektirmektedir.

Bu prensipten faydalanılarak harfler de kolaylıkla yazılabilir. Resimde nematik sıvı kristallerin dinamik kırılım özelliğinden faydalanılarak yapılan çeşitli teshir sistemleri gösterilmiştir.

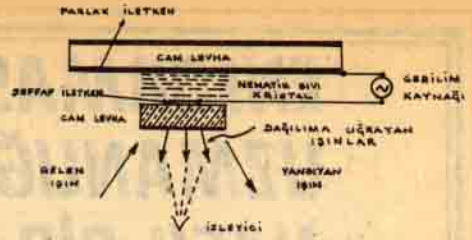
Bugün piyasadaki alçak güç teshir sistemlerinin çoğunda «ışık saçan diyotlar» (light emitting diodes) kullanılmaktadır. Fakat şu anda bile yavgın olarak kullanılan sıvı kristallerin yakın bir gelecekte bütün piyasaya hakim olacakları tahmin edilmektedir. Bunun başlıca sebebi sıvı kristallerin maliyetinin çok ucuz olmasıdır. Ayrıca % 1 civarındaki düşük verimlerinden dolayı ışık saçan diyotlar

sıvı kristallere nazaran çok daha fazla akım gerektirmektedirler. Aşağı yukarı aynı gerilimlerde çalıştıkları cihetle sıvı kristallerin çok daha az güç harcadıkları ortaya çıkar. Bütün bunlara ilâveten ışık saçan diyotların ışıklarının şiddeti hep aynıdır.

Bu yüzden fazla aydınlık yerlerde zıtlık oranları (contrast ratio) düşer ve iyi gözükmezler. Halbuki sıvı kristaller çevredeki ışığı yansıtarak çalıştıklarından zıtlık oranları sabit kalır.

Sıvı kristallerin kullanıldığı sahalar sadece saatler ve ufak hesap makinaları olarak kalmıyacaktır. Yakın bir gelecekte arabanın hızının, motörün devrinin bu tip sistemlerle gösterileceği, kapalı spor salonlarındaki, stadyumlardaki skor levhalarının yerini sıvı kristal kullanan teşhir sistemlerinin alacağı tahmin edilmektedir.

Bütün bu sahaların yanı sıra sıvı kristallerin ilerde en çok televizyon sanayiinde kullanılması beklenmektedir. Daha şimdiden Amerika'daki araştırma merkezlerinden biri sıvı kristallerden faydalanarak muvaffakiyetle çalışan yassı bir

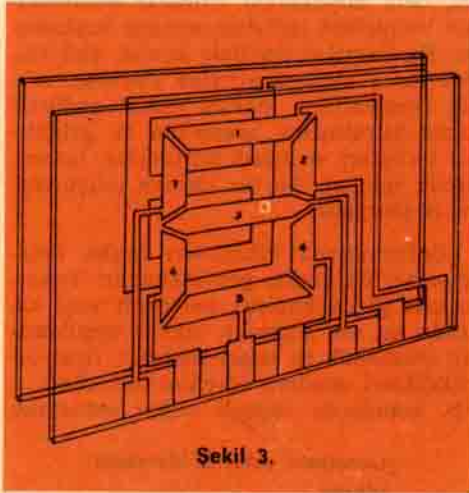


Şekil 2.

televizyon cihazı yapmıştır. Yukarda bahsettiğimiz dinamik dağılım prensibini kullanan bu sistemde tarama bugünkü televizyonlarda kullanılan elektron huzmesi yerine elektronik olarak darbe devreleriyle yapılmakta. İşte tarama sistemindeki bu değişiklik eski sistemlerdeki elektron huzmeli taramanın gerektirdiği lambadan televizyonu kurtararak 4-5 santim kalınlığında yassı televizyonun gerçekleşmesini sağlıyor.

Bu tip televizyonun çalışması basitçe şu şekilde oluyor: Darbeler sırayla ekrandaki her noktada anahtar vazifesi gören «ince tabaka tranzistörleri» (thin film transistors) doyuma sürerek resim (video) sinyalinin o noktadaki nematik sıvı kristale tatbikini sağlıyor. Bu resim sinyalinin tatbikiyle nematik sıvı kristalin moleküler yapısı değişiyor ve bahsettiğimiz dinamik dağılım hadisesi meydana geliyor. Böylelikle resim sinyalinin genliğine orantılı olarak o nokta aydınlanmış oluyor. Bu şekilde ekrandaki bütün noktalar taranarak resim gösterilmiş oluyor.

Tümleşik devre teknolojisi kullanılarak yapılan bu televizyon cihazının gerektirdiği tarama devreleri halen bu tip cihazın piyasaya sürülebilecek bir fiata mal edilmesine mani oluyor. Fakat elektronik endüstrisinin bu baş döndürücü gelişmesi gözönüne alınırsa bu tip cihazları evimizin duvarında göreceğimiz günlerin pek de uzak olmadığı ortaya çıkar.



Şekil 3.

Bilgisizlik bir çeşit çevre kirliliğidir.

FRANK FREEMAN

Yaşamın yarısı şans; öteki yarısı da bilimdir. Önemli olan da budur. Zira bilim olmadan insan şansından nasıl yararlanacağını bilemez.

CARL ZUICKMAYER