

b — İkinci anda : Osilatör çalıştığı müddetçe (ki bu müddet arızanın i/ole edilip empedans rölesinin kendi kendini başlangıç durumuna getirmesi (*resetting) ve Zj kontaktlarının açılması ile niba>ct bulur) (I) No.lu devre kesiti tarafına sinyal gönderecek ve bu kesici\i operas\ondan alıkoyacaktır. Yukarıda da işaret etmiş olduğumuz gibi ancak (3) No lu kesici tarafında bir ırıia vukuunda (I) No.lu kesici T., zammı sonra T₂ kontaktların kapatarak bu arı/ayı izole edecektir.

4 — Arı/J D noktasındadır : C noklası için anlatı'an hâdiseler a\ncn cereyan eder. Yalnız D noktası (I) \o.lu kesici empedans röleleri için III.

bölge olduğundan, bu amaçla i/ole etmesi icap eden (3) No.'u kesici veya bu kesici rölelerinde bir arıza vukuu İmlinde fakat T₂ zamanı sonunda (I) No.lu kesici olarak takvive vazifesi yapılacaktır. Burada muhtelif yerlerdeki rölelerin birbirlerine nazaran /aman koordinasyonlarının ne kadar mühim olduğuna bilhassa nazarı dikkati çekmek fa> dalı olacaktır. Fakat bu mevzu her duruma göre ayrı bir özellik taşıdığından burada daha fa/la i/ah edilmeyecektir. Gerek zaman koordinasyonu ve gerek muhtelif tip empedans röleleri özelliklerine göre seçilen bölge empedansları o rölelerin u/un /aman kullanılmasında elde edilen iletme tecrübelerine çok yakından bağlı bulunmaktadır.

Kristal Elemanlar ve Transistorlar Teorisi

I

Derleyen :
Şükrü Nail KURMA
Y. Müh.

Kristal elemanların elektronik sahasındaki önemi ve yeri yarım asırdan biraz fa/la bir zamandanberi ilgiyi çekmekteyse de, endüstrideki önemini ancak son zamanlarda kazanmaya başlamıştır. Bugün endüstride elektron tüplerinin kullanıldığı birçok yerlerde, transistorlar bazı bakımlardan tercihe şayan tutulmakta ve tüplerin yerine kullanılmaktadır. Transistorlar tüplere; küçük olmaları, ısıtma güçlerinin az olması, çalışmaları esnasında gürültü ve ışıklar meydana gelmemesi, u/un ömürleri, mekanik dayanıklılıklar ve basit yapıları gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir.

Bir transistorun yaklaşık olarak bir kibrit çöpü babından bira/hihükçe o'ması ve bunlarla gerçekleştirilebilecek cihazlarda kullanılacak elemanlar, nnda mümkün olduğu kadar küçük yapılabilmeleri ve aynı zamanda mekanik dayanışıklarından ötürü: sağırlar için ısıtma cihazları gibi küçük, taşınması kolay cihazlar imalinde kullanıldığından başka; puşpul amplifikatörler, geniş band amplifikatörleri, akım ölçü aletleri, impuls sayıcıları, osilatörler, ses generatörleri, odeon alıcılar ve süperheterodin alıcılar imalinde kullanılmaları mümkün olmaktadır.

Transistor iki kelimeden bileşik olup «trans» kelimesi sistemin taşıyıcı özelliğinden ileri gelmektedir, «istor» ise rezistor varisto - kelimelerinde olduğu gibi sadece bir ektir. Transistorlar prensibi /. *Bardeen, W.II, Braüain* \eW. *Shockley* tarafından bulunmuştur. Bunlara kadar; üst yüzey tabakaya nüfuz edecek kadar kuvvetli elektriksel alanlar yar-

duruyla ince «yırı-iletken» tabakalarının direncinin ölçülmesine çalışılmaktaydı. *Bardeen* ve *Braüain* varı . iletkerin üst yüzüne oturtulan sıvı - uç kontak bir devrenin, yine böyle bir ikinci devre yardımıyla, değişen akım - gerilim bağıntısını buldular. Her iki uç hemen birbirleri yanında bulunuyorlarsa, bir devreye verilen işaret, diğerinde kuvvetlenmiş olarak teessüs etmektedir. Bu suretle evvelendenbence kullamlagclmekte olan kristal dedektör, bir ikincisiyle beraber amplifikatör olarak kombine edilmiş oldu ve böylece sonraları A - *transistoru* olarak isimlendirilen çift dedektör bulundu. Müteakip ilerlemeler hızla gelmiştir.

Şimdi bu mecmuada yayınlıyacağımı/. bir seri makale ile kristal elemanlar ve transistorlar teorisini/crinde ba/ı bilgiler vermeye çalışacağız.

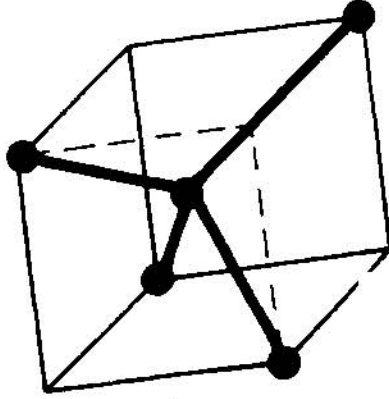
Kristal elemanlar teorisinde ve tekniğinde en /iyade ilgi çekici eleman olması bakımından; önce pncrcanyum atomu ve kristalinden bahsetmek, her halde faydalı olacaktır.

I, 1 — GERMANYUM ATOMU : 4 değerli elemanlar (G, Si, Ge, Zn Pb) grubunun ortasında yer almakta ve karbondan metallere doğru bir geçiş teşkil etmektedir. Bu grubun her iki yanında 3 değerli elemanlar (B⁺, Al, In, Th) grubu ile 5 değerli elemanlar (N, Ph, Ar, An, Wi) grubu yer almaktadır. 3 değerli elemanlar germanyumla birlikte bulunabilirler ve bu elemanın elektriksel özelliğini, nörtürlüğünü değiştirip, (+) yaparlar. Bu sebeple saf olmayan germanyum doğrultum tesirinden tanınabi-

lir ve bu haldeki sivri uçlu germanyum kristali elektronlar için iyi bir dönüş yolu olur. Benzer şekilde 5 değerli elemanlar da germanyumla birlikte bulunurlar ve bu elemanı (—) yaparlar. Bu haldeki germanyumdan yapılan kristal uçlar, elektron akımı için iyi bir çıkış ucu teşkil ederler.

Görülüyor ki; germanyum yalnız başına olduğu zaman hiç de enteresan olmayıp, ancak bu komşu atomlarla birlikte bulunduğu takdirde bir değer kazanabilir. Meselâ 107_{sa}f atom içine sadece 1 yabancı atom zerkedilerek amplifikasyon tesiri elde edilebilir.

1, 2 _ GERMANYUM KRİSTALİ : Metal görünüşlü olup, kristal yüzeyi gri parlaktır. 75 °C de ve 12000 kg/cm² lik basınç etkisiyle cam cinsinden bir duruma dönüşür ve birkaç gün sonra bu germanyum - camı parçalanarak en küçük kristal parçası haline geçer.



ŞEKİL 1

Kristal dokunun münferit atom kafesi (Şekil : 1) deki gibi olup, her atom 4 komşu atomla çevrili, dir ve bu atomlar birbirlerinden eşit uzaklıktadır. Bu durum bir küpe benzetilebilir. 1. atom uzay köşegenlerinin kesim noktasında bulunmakta ve 2 çift atom, aralarında 90° olmak üzere diametrik olarak yerleşmişlerdir.

1, 3 — GERMANYUM ATOMUNUN KUVVET ALA/Nİ: Uzay yapısı kâğıt düzlemi üzerine irca edilir ve basitleştirilirse (Şekil : 2 - a daki durum elde edilir Atomlar küçük dairelerle, valans elektronları d_a (—) işareti ile gösterilmişlerdir. Kuvvet alanı bağlantıları da bandlada gösterilmektedir. Bu durumda tam saf germanyum kristali bir yan .iletken değil, bilâkis bir yalıtkandır. Dielektrik sabitesi 16 dır.

Bu kristale bir elektriksel alan soldan sağa doğru tatbik edildiği takdirde kuvvet alanı (Şekil : 2-b) deki gibi değişir. Atom çekirdekleri bir yana, elektronlar diğer yana çekilirler. Dış kuvvet etkisi kaldırıldıkta kuvvet alanı tekrar nötür haline döner. Kuvvet alanı elâstikidir ve şekil değişmesi dij kuvvetin büyüklüğüne tabidir.

1, 4 — n - Ge ve p - Ge : Saf olmayan kristalin kuvvet alanı (Şekil : 3) de görülmektedir.

Yabancı atom (Şekil : 1) de resmedilen kristal dokunun boş bir köşesine değil, bir germanyum atomunun yerine girer. Bu yabancı atom arşen veya antimon olabilir ve 5 değerlidir. Yani bir fazla (+) çekirdekle 1 fazla elektron ihtiva etmektedir. Bu atom 4 germanyum komşusuna 4 elektronu ile bağlı olup 5. elektronu kristal doku içinde serbestçe do. taşmaktadır, yani iletim elektronudur. Buna göre yabancı atom 1 elektron kaybetmektedir. Diğer taraftan 1 fazla (-f) çekirdek, nötür kafesdeki 4 komşusunu itecek surette bir kuvvet hasil eder. Bu durum, bir dielektrik polarizasyonu doğurur.

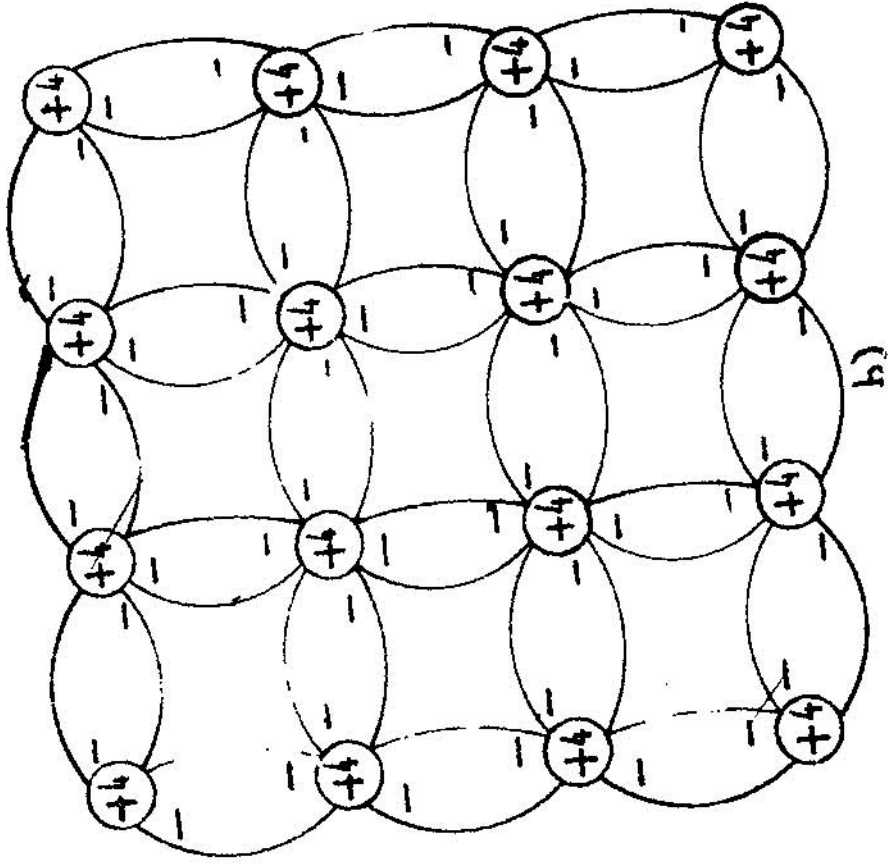
Saf nötür germanyuma 1 fazla elektron veren yabancı elemanlara «cerçici» adı verilir. Bu verici elemanlar mutlaka (5) değerli olmalıdırlar ve bilhassa arşen ile antimon kullanılmaktadır. Bu şekilde hasil olan 'negatif germanyum» kısaca n-Ge olarak isimlendirilir.

Bu meyanda; «pozitif germanyum», yani kısaca p-Ge de tanımlanabilir. Bunu elde etmek için bir »alıcı», yani aliminyum, indiyum veya galyum gibi 3 değerli bir eleman kullanmak gerektir. Yabancı atom, 1 germanyum atomunun yerini alır ve 4 komşu germanyum atomundan ancak 3 ü ile birleşebilir. 4 üncü bağlantı kristal doku içinden 1 elektronun çıkması ile temin edilebilir. Yabancı atom çekirdeği (+) değer eksik ihtiva ettiğinden eşdeğer nötür yapı hasil olmamaktadır. Bu durumda da verici için çizilmiş olan (Şekil : 3) dekine benzer bir polarizasyon durumu elde edilmektedir. Yalnız, komşu atomlarla bağlama elektronları evvelki durumda basılmış durumdayken, burada çekilmiş vaziyettedirler. Bu ilâve elektron kafes içinde bir DELİK teşkil eder ve bunun hakkında da, serbest elektronlar için söylenenlerin hepsi caridir, sadece işaret değişmektedir. Yani bir DELİK AŞEMİLİ hasil olur ve hu, hit (-f) akımdır.

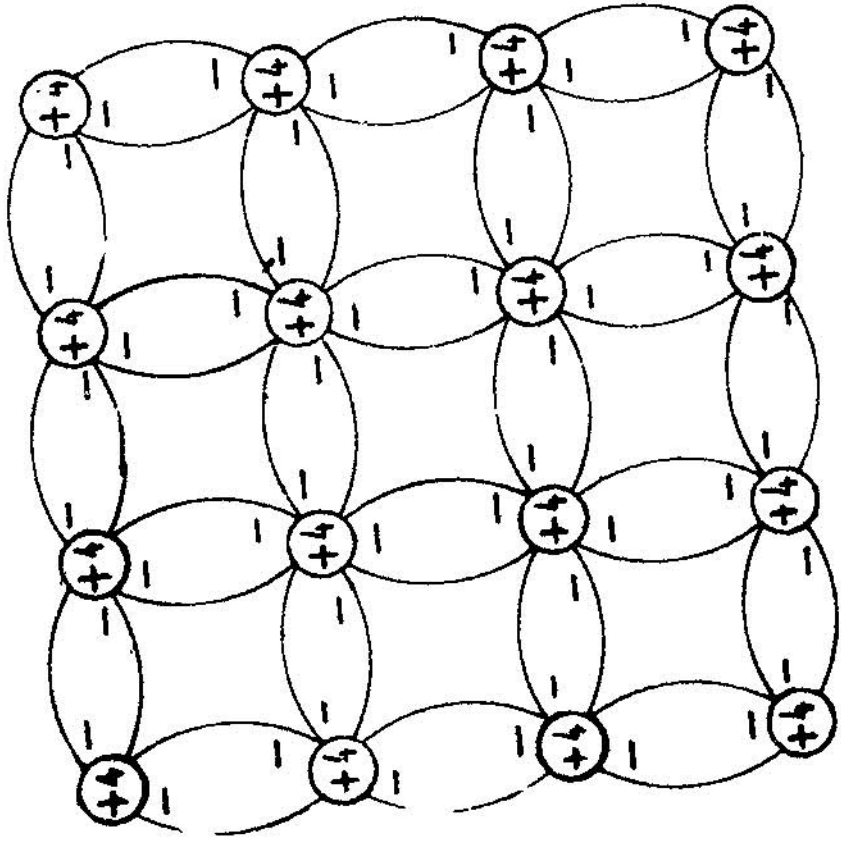
n-Ge ve p-Ge kristal diodlar ve transistorlar için ilk maddeyi teşkil ederler. Bir elemenda bir veya birkaç n-bölgesi olduğu gibi, bir veya birkaç da p-bölgesi mevcuttur Bu bölgeler birbirleriyle doğrudan doğruya temastadırlar.

Bir germanyum parçasına, hem 5 değerli, hem de 3 değerli eleman zerketmefe mümkündür. Her ikisinden de aynı miktarda zerkedilirse; germanyumun elektriksel özeliği değişmez. Tabiatte yabancı maddelerden tamamen arı germanyum bulunamadı, şından, saf germanyum istihsalinde nötralizasyon metodu kullanılmaktadır.

1, 5 — KRİSTAL DOKU İÇİNDE SERBEST ELEKTRON : Serbest elektron kristal doku içinde, belirli olmayan doğrultularda düzgün bir hızla, kafes atomlarına çarpıp yansıyarak hareket eder. Bu

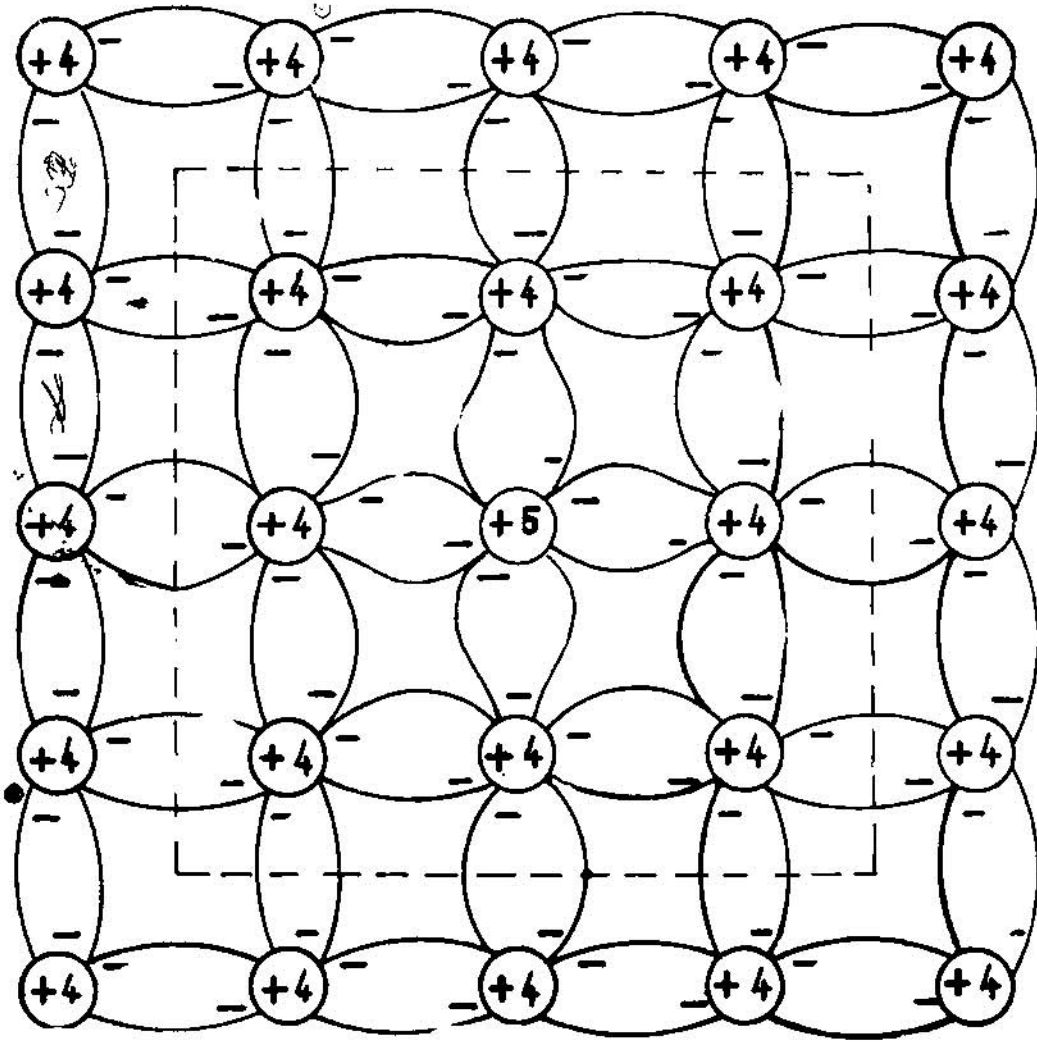


b)



a)

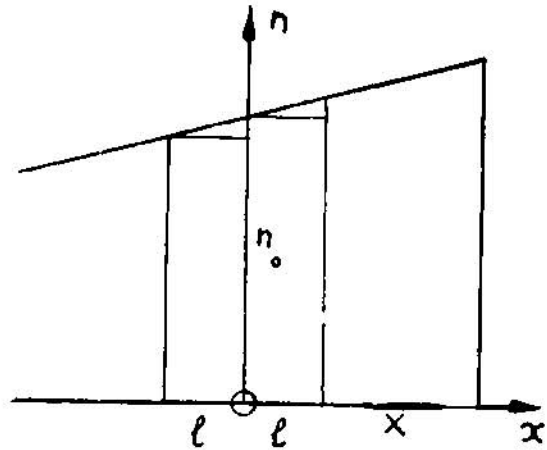
ŞEKİL : 2



ŞEKİL 3

çarpışma esnasında, elektronun kütlesinden yaklaşık olarak 1000 defa daha fazla kütlesi olan ve komşu atomlarla çok büyük kuvvetlerle bağlı bulunan bu kafes atomu yerine kaybeder ve kısa bir müddet sonra tekrar sükûnet durumuna döner. Buna mukabil elektron, başlangıç hızıyla ve doğrusal olarak aynı şekilde kafes atomlarına çarpıp, yansıyarak hareketine devam etmektedir (Şekil : 4).

Bu olaya ait hesaplamalara yarayan tek hareket noktası, iki çarpışma arasındaki «ortalama serbest yol» dur. Bu ortalama serbest yol, bir gazın molekül veya atomlarının hareketi için takip olunan çözümlü yolundan bulunur ve oda sıcaklığında $l=10^{-5}$ cm. olarak hesaplanır. Buna göre; böyle bir serbest parçacığın enerjisi, sıcaklığın fonksiyonu olarak $E=kT$ ile ifade edilir. Bu ifadede ($k = 1,38.10^{-23}$) Boltzman sabiti, (T) mutlak sıcaklıktır. Ayrıca bu enerji, kütle ve hız yardımıyla da $E = \frac{1}{2}mv^2$ ola-



ŞEKİL : 6

rak ifade edilebilir. Bu suretle oda sıcaklığında -300 °K için- ($E = 6 \cdot 10^{-2}$ watt. sn.) ve ($m = 8,86 \cdot 10^{-28}$ gr.) değerler gözönünde tutularak $V = 3,6 \cdot 10^3$ cm/sn olarak bulunur. Ortalama serbest yol ($1 - 10^{-7}$ cm.) olduğuna göre, iki çarpışma arasında geçen zaman $t = \frac{1}{v} = 10^{-10}$ sn. olarak hesaplanır.

Buradan elektriksel gerilime de geçmek mümkündür. Kristal içinde oda sıcaklığındaki gerilim (U) ile ifade edildikte, ($eU = \frac{1}{2} m v^2$) den, elektrik yükü değeri ($e = 1,56 \cdot 10^{-19}$ amp sn) dikkate alınarak; $U = 0,026$ volt bulunabilir.

I, 6 — ELEKTRON GAZI : Bir germanyum kristalinin kristal dokusu içinde bulunan elektronların toplamı *elektron gazı* kavramını hasil eder. Bu kavram üzerinde şöyle bir problem tesis edilebilir:

Bir küme elektron başlangıçta, toplu bir durumda belirli bir noktada olsun ve buradan itibaren her yöne doğru yayılsınlar. Belirli bir zaman sonra nerede olurlar? Veya; başlangıçta, bir sınır düzlemi ilerinde sıralanmış olsurlar. Bunlar buldukları hacmi eşit büyüklükte bölünceye kadar, e kadar zaman geçer? Bu problemleri «difüzyon = yayın itabiti» fikrini doğururlar.

Bir noktadan itibaren her yöne yayılan elektronlar için şöyle bir ifade vardır :

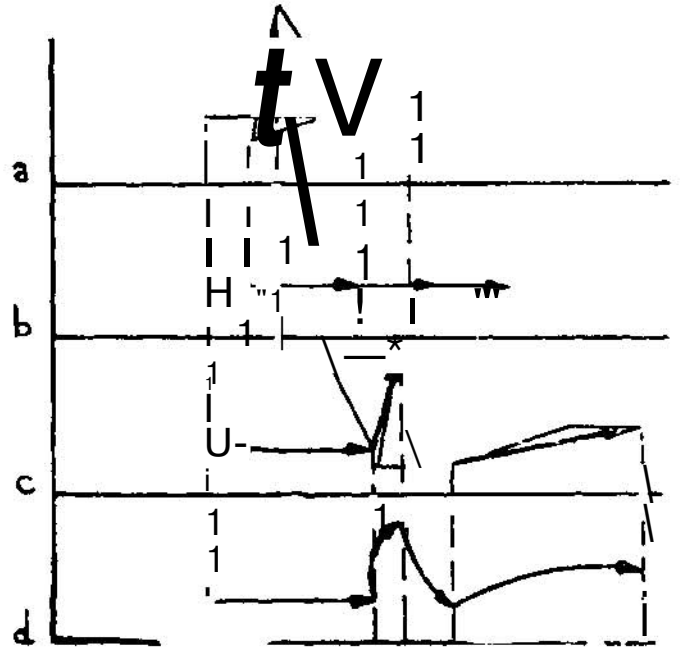
$$n(r,t) = \frac{N}{4} \frac{e^{-r^2 Dt}}{\sqrt{(\pi Dt)^3}}$$

Bu ifadede; (N), ($t = 0$) başlangıç zamanındaki elektron sayısı; (D), (t) belirli zamanı sonra başlangıç noktasından itibaren (r) mesafede 1 cm^3 deki elektron sayısıdır. (D), difüzyon = yayın sabiti olup, ortama ve sıcaklığa tabidir. Bağlıtından elektron yayınlığının, merkezde en yoğun olduğu ve (r) yarı çapı büyüdüğü oranda azaldığı ortaya çıkar

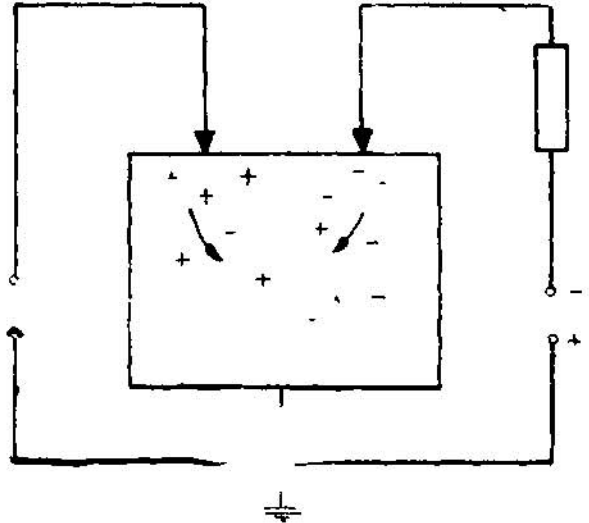
Bütün tek elektronların mesafesi için ortalama bir değer $\bar{r} = \sqrt{6 Dt}$ olarak ifade edilebilir. Ortalama (\bar{r}) yarıçapı (t) zamanının kare köküyle orantılı olarak büyümektedir.

Bu anlatılanlardan diodlar ve transistorlar için şu şekilde faydalanılır. *Kontak ucu, elektronların çıktığı başlangıç yerini kristal, elektronların yayacağı ortamı tenkil eder.* (n_1), (n_2), (n_3) müteakip T-Aman birimlerindeki ortalama mesafedir (r_1 , (r_2), (r_3) olmaktadır. (Şekil : 5). Ancak pratikte, elektron kümesinin dağılırarak, sekilinin oldukça değişeceği ve zamandan bağımsız olacağı açıktır.

I, 7 — DİFÜZYON - YAYIN SABİTİ : (D) harfi ile gösterilegele bu sabiti şu şekilde tanımlayabiliriz : (Şekil : 6) da (x) eksenini, elektron yığını, n_m mevcut olduğu düzleme izafe edelim. Elektron yoğunluğunu ($x = 0$) noktasında (n_0), ($x = X$) noktasında da (n) ile gösterelim, (a) mesafe birimine tekabül eden artma olduğuna göre; bu durumu " $n = n_0 + ax$ " ifadesi ile gösterebiliriz. ($x = 0$) noktasında elektronların dolaşımını dikkate alalım: Bu



ŞEKİL : 7



ŞEKİL 8

noktanın ayırdığı farzolan düzlemin her iki sahadaki sahalarda elektronlar her yöne doğru hareket etmektedirler. ($x = -1$) den ($x = 0$) a kadar olan sahadaki elektronların yarısı sağa, ($x = 0$) dan ($x = +1$) e kadar olan sahadakilerin yarısı da sola hareket eder. Böylece; azalan elektron yoğunluğu doğrultusunda, yani yukardaki durumda sola, hareket eden elektron akımının büyüklüğünü bulabiliriz:

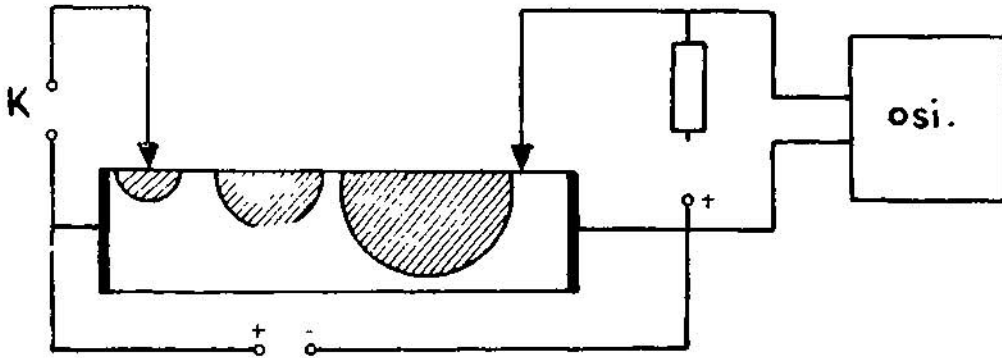
Sağa doğru giden elektronların miktarı, sol tarafın yarısı ile belirlidir. Ve $\frac{1}{2} (n_n - a/2)$ değerindedir. Sola hareket eden küme ise $\frac{1}{2} (n_n + a/2)$

değerindedir. Her ilci değer arasındaki fark, ($x=0$) kesitinde serbest yol boyu için gerekli zaman içinde; bir taraftan, diğer tarafa geçen akımı verir.

$1/2 e (n_0 + a/2) - \frac{1}{2} e (n_0 - a/2) = 1/2 e a$ serbest yol boyu için gerekli zamanı (t) ile gösterirsek, zaman birimi içinde akan miktar, yani *akım şiddeti*

olarak $i = \frac{e a}{2t}$ bulunur. ($\sqrt{v_r} = 1/t$) hız değeri dikkate alındıkta, $i = 1/2 \sqrt{v_r} a/2$ olur.

Bu ifadedeki $D = 1/2 \sqrt{v_r} l^2$ *difüzyon = yayın* sabiti olarak isimlendirilir.



ŞEKİL: 9

1,8 — GERİLİM ALTINDAKİ ELEKTRON: Kristalin bir elektrik alanına konması halinde de elektronların hareketi incelenebilir.

(Şekil: 7 - a) da elektronun hiçbir tesir altında olmaksızın ki yörüngesi, (b) de tamamen bir elektrik alanı tesiri altındaki yörüngesi, (c) de bu iki yörünge'nin geometrik bileşkesi gösterilmiştir. İki mütetapik çarpışma arasındaki bileşik yol her iki yoldaki üçgenlerin bileşimi ile bulunur. Bileşik yol kalın çizgiyle gösterilmiştir. Ancak; elektronun, elektrik alanı içinde bir kuvvet kazanacağı ve bu kuvvet tesiriyle sabit hızla değil de ivedileştirilmiş bir hızla hareket edeceği gözönüne alınarak, bu yörünge de düzeltilmelidir, (d) şekli son yörüngeyi gösterir

1, 9 — ELEKTRONUN HAREKETİYETİ : Alan doğrultusu boyunca elektronun hızı hesaplanabilir. Elektronun bu dış elektriksel kuvvet tesiri altında katettiği yol, kat'i olarak bir düşme yoludur. Ve bu yol $S = \sqrt{2eEt}$ olarak ifade edilir. Bu ifade de (s) iki çarpışma arasındaki yol olmakla beraber, serbest uçuj mesafesi değildir. Fakat alan şiddeti doğrultusunun bir unsurudur, (t), bu iş için gerekli zaman; (b), ivmedir. Diğer taraftan (E) alan şiddetinden hasil olan kuvvet; (e), elektron yükü, (m), elektron kütlesi olduğuna göre $K = e E M = mb$ ile tanımlanabilir. Buna göre; $b = e E/m$ ve $S = eEt^2/2m$ olur. (S/t) yol sonunda erişilen

hızı verir ve ortalama hız ($\sqrt{v_r}$) bunun yansı büyüklüğünde olup $\sqrt{v_r} = eEt/m$ olur. Görülüyor ki; *elektronun (E) alan şiddeti doğrultusundaki hız büyüklüğü; iki çarpışma arasındaki zaman süresi ve alan şiddeti büyüklüğüyle bağımlıdır.* Yani daha seyrek çarpışma temini ile veya alan şiddetini büyültmekle elektrona daha fazla hız kazandırılabilir.

($Mü = et/m$) ifadesi *elektronun hareketiydi* olarak isimlendirilir ($D \sim 1/2 \sqrt{v_r} l^2$) difüzyon = yayın sabiti ile ($Mü = et/m$) elektronun hareketiyeti arasında mutlak bir oran teşkili mümkündür. ($\sqrt{v_r} = 1/t$) olduğu dikkate alınırsa $D/Ro =$

$D/Mü = Ql\sqrt{T}/e$ bulunur. Bu oran bir elektronun ($m \sqrt{v_r} / 2$) enerjisinin (e) de 1 ini gösterir ve yukarda bu değer (0,026 Volt.) olduğuna göre (D) ve (Mü) sabitlerinden birinden diğerini bulmaya yarar. ($D = 1/2 \sqrt{v_r} l^2$) ifadesinden ($l = 10^5$ cm.), ($\sqrt{v_r} = 10^7$ cm/sn) için $D = 50$ cm²/Sn. bulunur. (Mü) hareketiyeti olarak da 50 cm²/Sn $Mü = \frac{50}{0,026 \text{ volt}} = 2000$ cm²/volt. sn bulunur.

Diodlar ve transistörlerde kulandan germanyum ve silisyum için tecrübeyle bulunan değerler bir tablo ile verilmiştir. Bu meyanda *pozitif akımı ha sâ eden* ve literatürde umumiyetle »delik' ismi verilen *pozitif parçacıklar* için de değer bu tabloda gösterilmiştir. Bunlar küçük olmakla beraber reel değerlerdir. Hareketiyet (Mü), (cmV/volt sn); yayın sabiti (D), (cmVsn.) birimindedirler.

Elektronlar		
	Ro	D
Ge	1200±120	30±3
Si	3600±180	93±5
Delikler		
	Ro	D
Ge	250±50	85±12
Si	1700±190	43±2

1, 10 — İKİ YÖNLÜ ELEKTRİK AKIMI : Elektronların hareketi gibi "Delikli adı verilen pozitif parçacıkların da bir hareketi mevcuttur ve bu hareketin tanımı atom modeline istinaden mümkün olmaktadır.

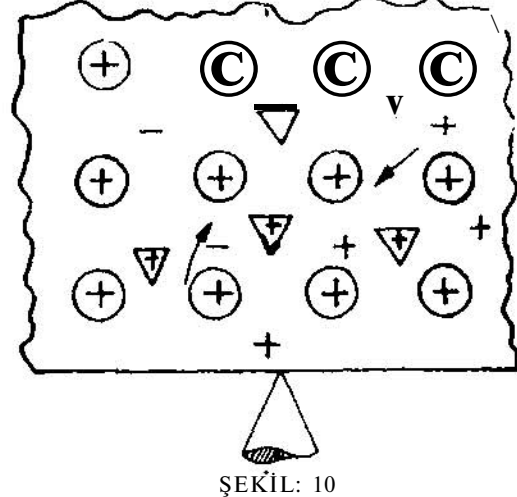
1889 yılında Prof. Rowland tarafından şöyle bir deney yapılmıştır: Bir ebonit levha üzerine eş aralı mesafelere negatif yükler bırakılarak, levhanın her çevresinin yüklerden bir küme ihtiva etmesi sağlanmıştır. Bu levha yüksek bir hızla döndürüldükte, yüklerin hareket etmesi ile bir elektrik akımının doğduğu tesbit edilmiştir. İkinci bir deneyle levhaya negatif yükler yerine pozitif yükler konup, levha yukardakinin aksi yöne döndürüldükte, evvelkinin aynı yönünde bir akım mevcut olduğu görülmüştür. Bu durum «pozitif akımın bir delilidir»

Başka bir deneyle de bu pozitif akımı tahkik mümkündür. Havası boşaltılmış bir kaba, gaz veya buhar halinde bir madde konup, elektrotlar arasında bir gerilim tatbik edildikte; bir bağımsız akım hasıl olur. Maddenin elektronları (+) kutba giderler. Aynı zamanda (-) kutba da bir akım gitmektedir. Bu akımı hasıl eden parçacıklar, ortasından bir kanal açılmış katoda gelirler ve hemen bitişikteki yüksek vakumlu ortama varırlar. Bu parçacıkların hasıl ettiği kanal ışınları yüksek vakumlu ortamda bir elektriksel ve bir magnetik alan tesiriyle saparlar. Elektriksel alan tesirindeki yörüngesi parabolik, magnetik alan tesirindeki dayireseldir. Sapma gerilimi ve magnetik alan şiddetinden hareketle, bu kanal ıgını hasıl eden parçacıkların kütlesi bulunabilir. Bu parçacıklar pozitif yüklü atom veya moleküllerdir. Yapılan deneylerle (-) yüklü en küçük elektriksel eleman-kuantomu'nun kütlesi olarak (1,65.10⁻¹⁹ gr.) bulunmuştur ve bu kütle elektron-suz bir hidrojen atomunun kütlesidir. Elektronun kütlesi (9.10⁻³¹ gr.) olduğuna göre; bu pozitif eleman, elektrondan 1800 defa büyüktür. Elektron büyüklüğüne yaklaşık bir (+) kütle bulmak şimdiye kadar mümkün olmamıştır.

Olay, aynen bir sıvı içindeki iyon dolajımı gibi ise de; aynı zamanda «delik akımı» adı da verilen bu pozitif akım, protonların akımına identik değildir, çok daha anlaşılabilir bir problemdir. Bugün, bir yük v kütleyi haiz olan elektron için de aynı anlaşılabilir durum mevcut olduğuna göre; deneysel olayların ortaya koyduğu delik akımı da bir kabul olmaktan ileri geçmemiştir.

1, 11 — DELİK AKIMININ İSPATI : Serbest elektronlardan (veya deliklerden) bir grup belli bir noktadan itibaren kristal içinde hareket ederken; bu hareket iki sebepten ileri gelebilir. Bu hareket, ya bir ist hareketi tesiriyle veya tatbik edilmiş olan bir elektrik alan tesiriyle hasıl olmaktadır. Isı hareketi neticesinde (D) yayın = difüzyon sabitiyle karakterize edilen difüzyon = yayın, elektriksel alan neticesinde de (Mü) iletkenliğiyle karakterize edilen trijt = akım hasıl olur. Difüzyon = yayında parça-

cıklar her yöne aynı düzgünlükte yayınırlar Trift =; aktı'g'aa ise belli bir yöne doğru (elektrik kutupları doğrultusunda) hareket ederler; elektronlar (-) kutba, delikler (-) kutba giderler.



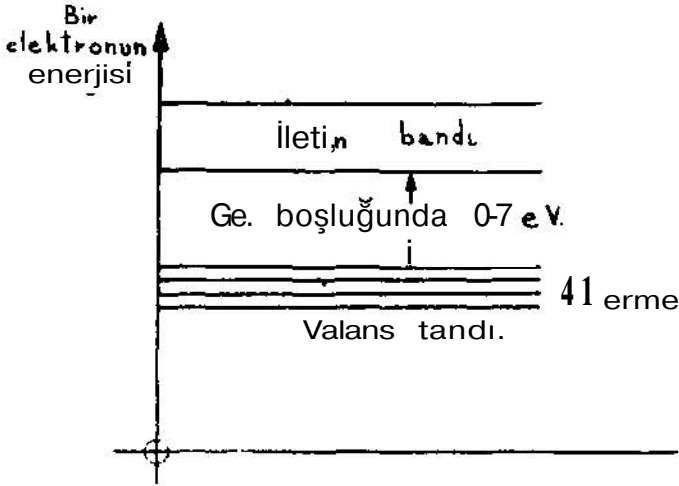
ŞEKİL: 10

Bir kristal üzerine alım veren bir uç kondukt; bu uç yayınının merkezini, yani çıkış noktasını teşkil eder. Yaklaşık olarak (1 cm.) uzunluğunda ve (1 mm²) kesitinde bir germanyum çubuğu üzerine (Şekil : 8) de görüldüğü üzere birkaç (mm.) aralıklı iki kontak ucu yerleştirilsin. Bu uçlardan soldakine (+) gerilim, sağdakine (-) gerilim tatbik edilir. Ayrıca bir ilâve gerilim, yüzey elektrotları vasıtasıyla germanyum çubuğunun iki tarafına verildikte, çubuğun uzunluğu boyunca bir elektrik alanı mevcut olur. Soldaki çıkış noktasına tatbik edilen (+) elektrik yükü; impuls araları, dolaşım hızına bağımlı olarak düşünülerek, kısa aralı impulslar halinde tatbik edilmektedir. Sağ taraftaki akım devresini ayrıca, sol taraftaki akım devresinin impulslarını gösteren bir osiloskop bağlanmıştır. «Müter=z yayıcı» adı verilen sol çıkış noktası, deliklerden bir kümeyi impulslar halinde kristali verirler. İlk zaman aralığından sonra bu kümeler, merkezleri çıkış noktasının biraz altından birer küçük yarım-dayire teşkil ederler. Müteakip zaman aralarından sonra yeni küme-dayireler hasıl olur. Bu delik.kümeleri kristal içimle yayınarak negatif kutba doğru gelirler; ve sağdaki kontak ucuna vardıkta, sağ akım devresinde akan kapalı akım şiddetlenir. Kümenin merkezi kantağın altında iken, bu akım maksimuma erişir, sonra azalır ve impulsun geçmesiyle başlangıç değerine iner. Müteakip iki zaman aralığında ölçü yapılarak, deliklerin yayın sabiti ve hareketiyle ölçülebilir. Bu deney ilk defa 1949 da J.R. Hayne tarafından yapılmış ve teorik hesapları sağlamıştır.

Yukardaki deney düzeni henüz bir transistor değildir. Zira her iki kontak birkaç (mm.) aralıklıdır ve kristalin her iki yanındaki yüzey elektrotlarıyla

atbik edilib deliklerin hareketini temin eden bir yardımcı gerilim mevcuttur.

Fakat şu şekilde bir düzen tertiplenerek transistora oldukça benze)en bir durum elde edilebilir. Delikleri yayan sol kontak, yani "emitter = yayıcı"; sağdakinden, yani «kolektor = toplayıcı» dan ancak (50 mikron) uzaktadır. Yüzey elektrotlarıyla kristale tatbik olunan yardımcı gerilim kaldırılmıştır, hmitter^zyayıcı'da birkaç onda bir voltluk küçük bir gerilim bulunmaktadır ve bu, delikleri kristalin içine verir. Emitter = yayıcı ile »hasis = tahanan» arasında bir yönden, kolektor == toplayıcı ile hasis = tahanan arasında diğer yönden olmak üzere iki elektriksel alan ortaya çıkar. Bunlar keşifirler. Basis = taban, büyükçe ve yüzey şeklinde bir elektrodu haizdir. Bu anlatılan düzen (Şekil : 9) da resmedilmişİT. Burada akım parçacıklarının yoğunluğu çok küçük olup, pek ilgi çekici değildir. İlgii çeken kısım iki nokta-kontak'ın. Burada doğrultma ve kuvvetlendirme (ampUfikasyon) olayları bahis mevzuu olur



ŞEKİL 11

I, 12 — EMİTER = YAYICIDAKİ OLAY : İlk halde delikler hızla toplayıcıya giderler. Böylece otomatikman bir toplayıcı akımı teessüs eder. Burada iki faktör beraberce tesir etmektedirler. Difüzyon = yayın ve drift — akış. Yatışın, delikleri toplayıcı civarına getirmektedir. Her iki nokta civarındaki yoğunluk oldukça fazladır ve iki nokta arasındaki elektriksel alan, tahrik edici alanın çok küçük bir kısmıdır. Bu elektriksel alandan dolayı husule gelen drift = akış'da elektronların yayın sabiti iki misli büyük olduğu cihetle, elektron akımı da deliklerin akımına nispetle iki misli büyük olur. Ancak elektriksel alan küçük olduğu cihetle drift akımı, deliklerin akımı yanında pek fazla bir mâna ifade etmez.

Netice olarak, delikler kendi ısı hareketleri neticesinde toplayıcının elektrik alanına varırlar. Ener-

jilerini, kapalı devresinde akan toplayıcı akımının enerjisine ekleyip, basis = taban'a doğru kuvvetlenmiş bir akımın gitmesine sebep olurlar.

I, 13 — KOLLEKTOR = TOPLAYICIDAKİ OLAY : L. B. Valdeg toplayıcı çevresindeki sahayı mikroteknik araçlarla inceleyerek; kristalin bir kısmının artık «n-Ge» tipinde sayılamıyoağını ve «P-Ge» tipine döndüğünü tesbit etti. Bu parça takriben (2 10⁻² cm.) çap ve (1,7.10⁻³ cm.) derinlikte olup, bir germanyum atomunun diğerinden (10⁻² cm.) mesafede olduğu düşünüldükte; bu p • tabakası içine 10⁷ kristal atomundan ibaret bir kalınlık girer. Toplayıcı çevresindeki yoğunluk bir nJölpcsi hasil eder, bunun dışında yoğun bir p-tabakası bulunur. Bu p-tabakasını da dıştan, başlangıçla mevcut olan n-tip saha çevrelemektedir. Yayıcından >ayman delikler p-tabakasına gelirler ve bundan elektrik potansiyelini yükseltirler. Yanjana bulunan bu iki n-sahası arasındaki potansiyel farkı, toplayıcı enerjisinin artmasına sebep olur ve akım amplifikasyonunu yüksek değere çıkartır.

Böylece kontak transistoru = nokta transistoru, n-p-n tipinden bir yüzey transistoru gibi çalışır. Benzer şekilde çok sayıda değişik polarizasyonlu tabakalar arasındaki olaylar da hesaplanabilir. Burada basıl olan akım amplifikasyonunun değerinin hesaplanmasında delik tutulması olayından faydalanılır.

I, 14 — DELİK TUTULMA YERLERİ : Kristalin yabancı atomlar sebebiyle vaki saf sızlığı yanında, başka safsızlıkları da ihtiva ettiği farzedilir.

ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASINDAN

Odamızın mutad 4 üncü Umumi Heyet toplantısı 11.1.1958 Cumartesi günü saat 15.00'de ve 12.1.1958 Pazar günü saat 10.00'da Ankarada G.M. Kemal Bulvarındaki Elektrik İşleri Etüd İd.uresi'nin Konferans Salonunda yapılacaktır.

Sayın azalarımızın teşrifleri rita olunur.

G ü n d e m :

- 1 — Açılış, Riyaset Divanının seçimi.
- 2 — Tasnif Hey'etinin seçimi.
- 3 — Faaliyet Raporunun okunması ve müzakeresi.
- 4 — Blâncunun ve Murakıplar Raporunun incelenmesi, haklarında karar alınması ve İdare Hey'etinin ibrası.
- 5 — Yem yıl Bütçe ve Kadro teklifinin müzakere ve tasdiki,
- 6 — Odamız talimatnamesindeki tadilat
- 7 — Odalar Birliği Umumi Hey'etine götüreceğimiz mevzular ve müzakeresi.
- 8 — 1957 senesi Faaliyet Programınca hazırlanan raporların müzakeresi.
- 9 — Odamız talimatnamesininin 29 uncu maddesinin (h) ve (i) fıkraları ve 68 inci maddesi mucibince seçimlerin yapılması.
- 10 — Temenniler.