

## - Yarıiletkenlerin Manyetik Özellikleri

Düğadaki tüm Manyetik alanların kaynağı (Mıknatıslarda dahil) hareket halindeki yüklerdir, yani Akımdır.

Bir atomda elektronların iki tür hareketi vardır. Bunlar

i.) Elektronların çekirdek etrafındaki yörüngelerdeki hareketi (Yörünge hareketi)

ii.) Elektronların kendi eksenleri etrafındaki (Spin) hareketi (Elektronların hareketi Dünyanın Güneş etrafındaki hareketine benzetilebilir)

Elektronların bu hareketlerinin herbiri bir akıma karşılık gelir ve bu hareketlerinden kaynaklanan bir Manyetik moment vardır.

Manyetik Moment ( $\mu$ ) :

$$\vec{\mu} = I \vec{A}$$

olarak tanımlanır.

Yörünge hareketinden kaynaklanan manyetik moment  $\mu_o$  yörünge orbital momentumu ( $\vec{L}$ ) ile Spin hareketinden kaynaklanan manyetik moment  $\mu_s$  ise spin orbital momentumu ( $\vec{S}$ ) ile orantılıdır.

$$\text{Yörünge } \mu_o \propto \vec{L}$$

$$\text{Spin } \mu_s \propto \vec{S}$$

## • Yörünge Açısal Momentum ve Manyetik Momenti

Açısal momentum  $\vec{L}$ ,

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m\vec{v} = m\vec{v}r$$

$$\vec{\mu}_0 = I\vec{A}$$

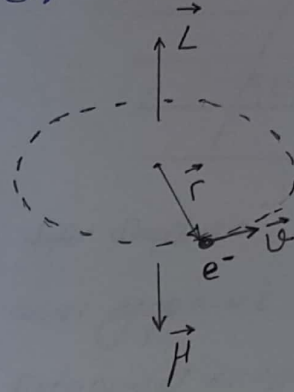
$$I = \frac{q}{t} = \frac{e}{t}$$

$$t = T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$I = \frac{e}{\frac{2\pi r}{v}} = \frac{ev}{2\pi r}$$

$$\mu_0 = IA = \frac{ev}{2\pi r} (\pi r^2) = \frac{evr}{2} \frac{m}{m} = \frac{mvr}{2m}$$

$$\vec{\mu}_0 = \left(-\frac{e}{2m}\right) \vec{L}$$



Buradaki  $(-)$  işareti  $\vec{\mu}_0$  ile  $\vec{L}$  nin zıt yönde olduğunu gösterir.

## • Spin Açısal Momentum ve Manyetik Momenti

Spin açısal momentumu ( $\vec{S}$ );

$$\vec{S} = \pm \frac{\hbar}{2} \text{ ile tanımlanır.}$$

Spin manyetik moment  $\vec{\mu}_s$ ;

$$\vec{\mu}_s = \left(-\frac{e}{m}\right) \vec{S}$$

Not:

Spin açısal momentumu tamamen kuantum mekaniksel dir.

Dolayısıyla yörünge açısal momentumunun çıkarılındaki gibi klasik model KULLANILAMAZ.

Bir atomun toplam ahsal momentumu değisiyle toplam manyetik momentini yörünge ve spin bileşenlerinin toplamından oluşur.

1,5

$$\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$$

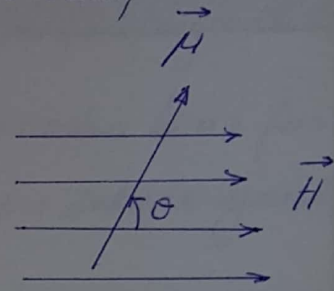
Şimdi, toplam manyetik momentini  $\vec{\mu}$  olan bir atom bir dış manyetik alan içine konursa ne olacağına bakalım;

Bu dipole bir tork etker; Etkiyen tork

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

$$\tau = \mu H \sin \theta$$

ile verilir.



$\theta = \frac{\pi}{2}$  için dipolün pot. enerjisi sıfır seğılirse

Etkiyen torkun dipolü dış alanla  $\theta$  açısı yapacak konuma döndürmesi için yaptığı iş dipolde potansiyel enerji olarak depolanır. Yani Dipolün potansiyel enerjisi  $U_m$ ,

$$U_m = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\theta} \tau d\theta = \mu H \int_{\frac{\pi}{2}}^{\theta} \sin \theta d\theta$$

$$= -\mu H \cos \theta$$

$\mu$ ,  $H$  ile aynı yönde iken  $U_m$  minimum zıt yönde iken maksimumdur.

Elektronun sadece yörünge hareketini gözönüne alarak olursak; Bir atomun mon. olandaki pot. enerjisi

$$U_m = \frac{e}{2m} L H \cos \theta$$

olacaktır. Ahsal Momentumun izin verilen deęerleri

$$L = \sqrt{l(l+1)} \hbar$$

ile verilir.

Manyetik kuantum sayısı  $m_l$  olan bir atomun bir  $H$  dış manyetik alanı içerisinde manyetik enerjisi

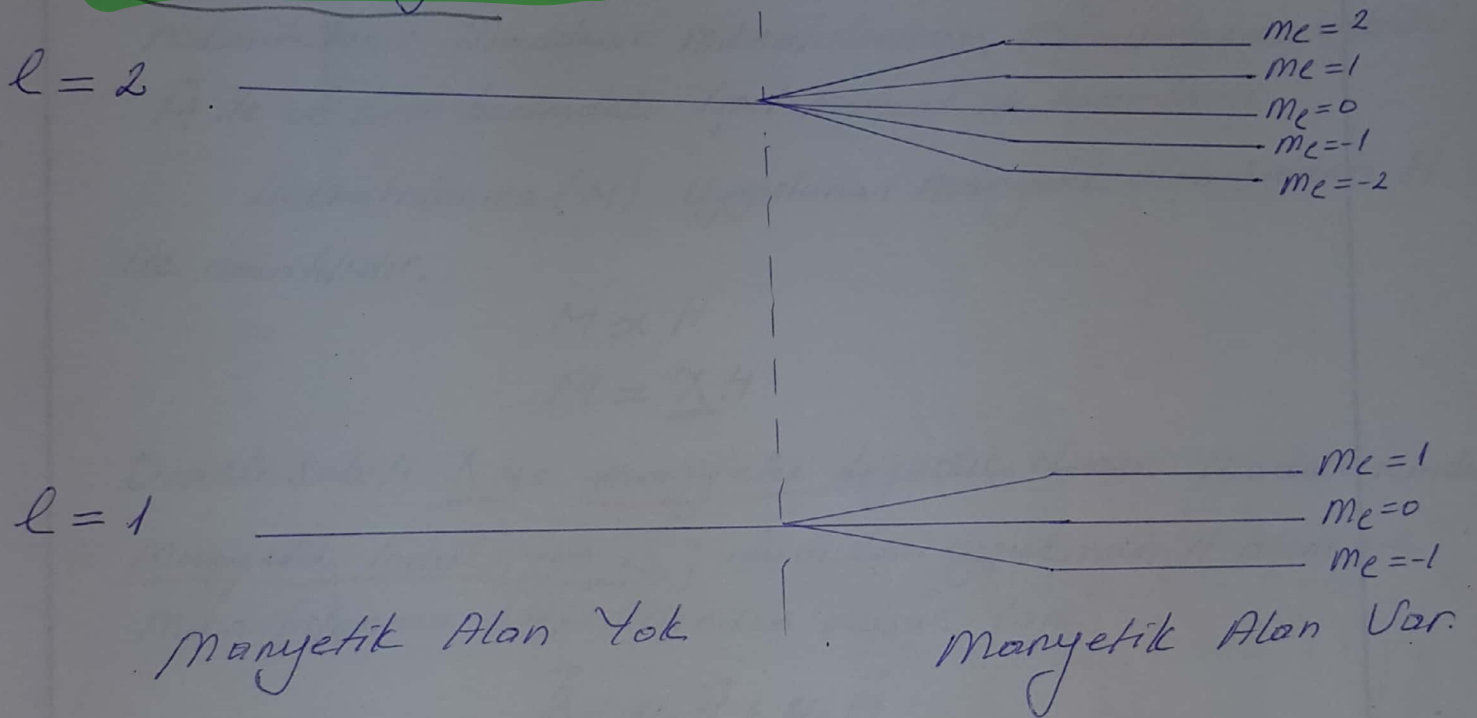
$$U_m = m_l \left( \frac{e \hbar}{2m} \right) H$$

olarak bulunur.



Burada  $m_l$  nin alabileceği değerler  $-l$  ile  $+l$  arasındaki tamsayı değerlerdir.

Buna göre ; atom man. alan içine yerleştirildiğinde enerji seviyeleri Man. alanın yokluğundaki enerjisinden biraz fazla veya azdır. Enerji Seviyelerinin Man. Alanda bu şekilde yarılması, Zeeman olayı denir.



~~Bir Atomun toplam orbital momentumu dolayısıyla toplam manyetik momenti yörünge ve spin bileşenlerinin toplamından oluşur.~~

$$\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$$

★

### • Manyetik Duygunluk

Bir madde bir dış manyetik alan içine konduğunda madde mıknatıslanır. Maddenin mıknatıslanması, mıknatıslanma vektörü  $\vec{M}$  ile ve birim hacimdeki dipol moment ile tanımlanır.

Mıknatıslanma ( $M$ ) uygulanan manyetik alan şiddeti  $H$  ile orantılıdır.

$$M \propto H$$

$$M = \chi H$$

Orantı sabiti  $\chi$  ye manyetik duyarlık denir. Madde içindeki manyetik indüksiyon  $B$ ; dışarıdan uygulanan  $H$  alanı ve mıknatıslanma bileşenlerinden oluşur. Yani

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M}$$

$$= \mu_0 H + \mu_0 \chi H$$

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi) \vec{H}$$

Görüldüğü gibi  $\vec{B}$  vektörü uygulanan many. alanla ( $\vec{H}$ ) orantılıdır.

Orantı sabiti

$$\mu = \mu_0 (1 + \chi)$$

ye Ortamın manyetik duyarlılığı denir. Göçü zaman relatif duyarlılık kullanılır. Relatif duyarlılık  $\mu_r$

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \text{ olarak tanımlanır.}$$

## - Malzemelerin Sınıflandırılması

i.)  $\chi > 0$  ve  $M$  dış alana ( $H'$ 'ye) paraleldir. Bu tür malzemelere Paramanyetik malzemeler denir.

ii.)  $\chi < 0$  ve  $M$  dış alana anti paraleldir. Bu tür malzemelere Diamanyetik malzeme denir.

iii.) Ferromanyetik Malzemeler  $\chi \gg \chi_{\text{hür}}^{(10^5 \text{ cm}^{-3})}$   
 bu tür malzemeler belirli bir sıcaklığın altında kendiliğinden mıknatıslanırlar.

## 1 - Diamanyetik maddeler: (çiniş, bitum)

(4)

Diamanyetik maddelerde her bir atomun manyetik momentinin yönü diğer atomların manyetik momentlerinin yönünder bapımsıdır. Bu nedenle dış manyetik alan oladığında oluşan net manyetik moment sıfırdır.

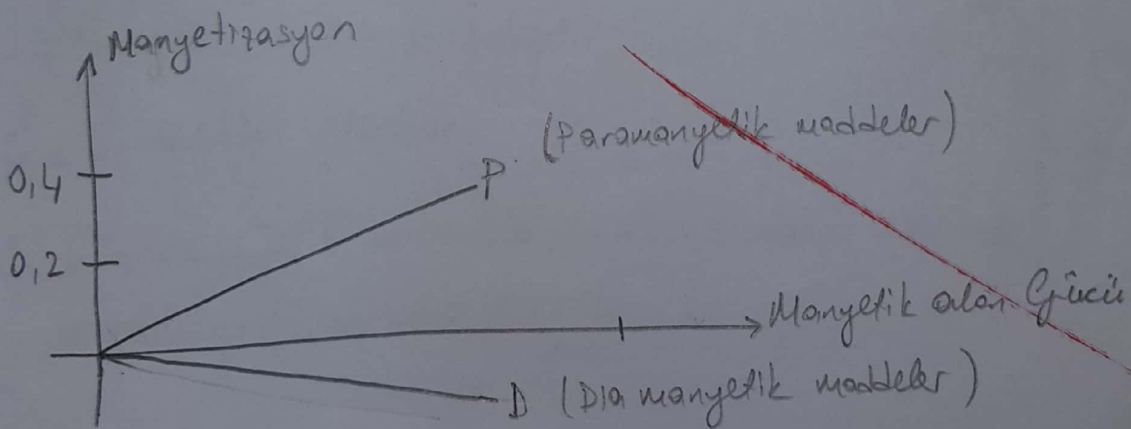
Diamanyetik maddelere dışarıdan bir manyetik alan uygulandığında e<sup>-</sup>lar fazladan bir manyetik kuvvet etkisinde  $\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$  kalırlar. Ek kuvvet nedeniyle e<sup>-</sup>ların üzerine etkileyen herbezel kuvvet değışir. Sonuçta e<sup>-</sup>ların manyetik momentleri birbirlerini yok etmekte, dış manyetik alana zıt yönde bir dipol moment oluşturlar.

## 2 - Paramanyetik maddeler: (ozon, platin, krom, sıvı oksijen, manganez)

Paramanyetik maddelerin de spin ve ağısal momentlerinden kaynaklanan manyetik momentleri büyük oranda birbirlerini yok eder.

Paramanyetik maddelere bir dış alan uygulandığında, manyetik momentleri bu alana bir miktar yönlenirler. Bu yönlenme paramanyetiklik derecesine göre değışiklik gösterir.

Dış manyetik alan ortadan kaldırdığında, manyetiklikleri yok olur.



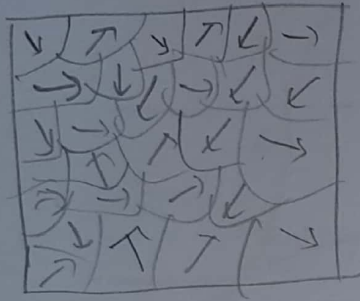


### 3 - Ferromanyetik Maddeler:

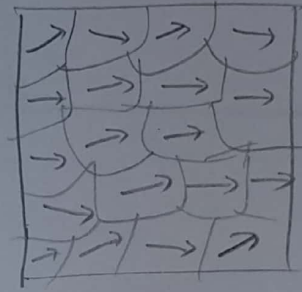
5

Ferromanyetik maddeler, sürekli manyetik momente sahip olan maddelerdir. (Demir, kobalt, nikel). Bu tür maddeler **zayıf bir dış manyetik alanda bile paralel yönelirler** ve dış manyetik alan ortadan kalksa bile **miknatıslığını sürdürebilirler**. Yine ferromanyetikalik derecesi değişik maddeler mevcuttur.

Tüm ferromanyetik maddeler domain denen mikroskopik bölgelerden oluşur. **Başlangıçta farklı yönde olan dipol momentler dış manyetik alan etkisi ile yaklaşık paralel yönelirler.**



$$\vec{B} = 0$$

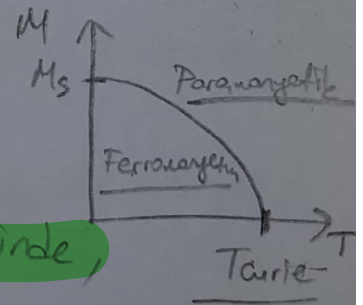


$$\vec{B}$$

Domainlerin hacimleri yaklaşık  $10^{-12} - 10^{-8} \text{ m}^3$  olup, her bir domain  $10^{17} - 10^{21}$  civarında atom içerir.

### Ferromanyetik Maddelerini:

- 1 - **Bölül manyetik geçirgenlikleri ( $\mu$ ) 1 den çok büyüktür.**
- 2 - **Bölül manyetik geçirgenlikleri, malzemenin cinsine, üzerine uygulanan manyetik alan şiddetine göre değişir.**
- 3 - **Manyetik histerisize sahiptir.**
- 4 - **Sıcaklıklar etkilenir.**
- 5 - **Ferromanyetik maddeler Curie sıcaklığı üzerinde, paramanyetik duruma geçerler.**

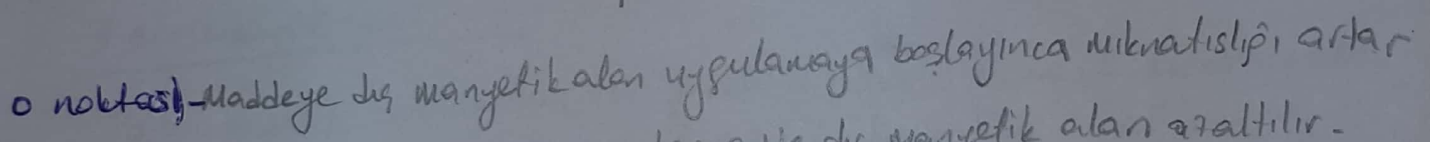




⑥

Mr: Dış manyetik koda, kelleğinde  
kalın manyetik sayar.

He: Magnetisasyon kalkması için uygulanacak ters manyetik alan.



a noktası - miknatıslanma dayanma ulaşır. ve dış manyetik alan arttırılır.

b nobbet - Dis magnetik alan tımanen ortades kalktđı durumdadır.

meltemerin miknobüslüğü yok olma. (Mr).

çökeltisi - Ters yönde dış manyetik alan uygulandığında damarların yönü değişmeye başlar.

değişmeye başlar

Enolizasyonu - Yönlendirme tanecikları ve doymuş üreğilir -

e noletesi - Dis manyetik alan ortadan kaldırıldığında yine kalıcı bir manyetizelik görülür.

f. neliyesi - yine baslangicla yonde die alan uygulanarak denetlerin yondegi tirilmesi saflanir.

a noktası - Yönlendirme ve miknatislanarak yine a noktasında doymaya ulaşır ve eği tamamlanır.



Farklı yöntemler kullanılarak manyetik Hafızolana yapmak mümkündür.

Isı etkisi ile hafızolana:

Oda sıcaklığında sert manyetik özellik gösteren, ısıtıldığında yumuşak mükemmel döneren malzemelere uygulanır.

Veri saklama yeterliği, manyetik alan etkisi altındaki, küçük bir alanın laserle ısıtılarak bilgi saklanması ve sonra oda sıcaklığına soğutulularak bilginin kalıcı hale gelmesi ile sağlanır.

Saklanan bilgiyi okuma için yine laserlerle Kerr manyeto-optik etki kullanılarak yapılır.

Bu şekilde Bir manyetik Sistem:

Kerr manyeto-optik Etkisi:

Manyetik bir maddeye ışık düşürüldüğünde ışığın polarizasyonunda belli açılarda dönme gözlenir. Bu açı maddenin manyetizasyonuna göre değişim gösterir. Bu şekilde maddenin manyetik dipol momenti ve şekli ile ilgili tespitler yapılabilir.

