

# ÉRZÉKELŐK

Dr. Pődör Bálint

Óbudai Egyetem KVK Mikroelektronikai és Technológia Intézet

## 11. ELŐADÁS: MÁGNESES ÉRZÉKELŐK I



2010/2011 tanév 2. félév 1 1

## 11. ELŐADÁS:

1. Mágneses tér mérése, mágneses térerősség (H) és mágneses indukció (B), mértékegységek.
2. Fizikai működési elvek. Hall-effektus, Hall-érzékelő, mágneses ellenállásváltozás magnetorezisztor.
3. Mágneses érzékelők alapanyagai (félvezetők, szilícium (Si), gallium-arszenid (GaAs), indium-antimonid (InSb)).
4. Hall-, magnetorezisztor-, GMR-érzékelők, gyakorlati típusok és mérőáramkörök. Mágneses térre érzékeny tranzisztorok, MAGFET, bipoláris magnetotranzisztor.
5. Alkalmazási példák. Lineáris elmozdulás és pozíció, távolság, szögelfordulás és szöghelyzet. Beavatkozás nélküli áramérzékelés és mérés..

2 2

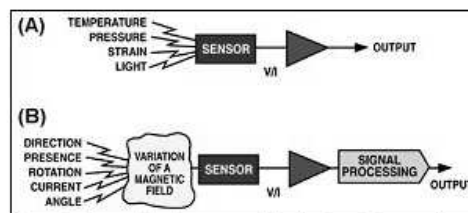
## MÁGNESES ÉRZÉKELŐK

Mágneses érzékelő: funkciója szerint kétféle típusú lehet.

1. Közvetlenül érzékelhet egy mágneses teret (direkt alkalmazás), pl. mint egy magnetométerben a Föld mágneses terét, vagy egy adattároló készülékben az adathordozó (mágneses lemez, szalag, kártya, stb.) lokális mágneszettségét.
2. A mágneses tér mint közvetítő eszköz szolgál nem-mágneses jelek érzékelésre (indirekt alkalmazás) mint pl. lineáris- vagy szöghelyzet, elmozdulás és sebesség érzékelés permanens mágnesekkel kontaktusmentes módon, vagy áramérzékelés a mágneses tere révén, stb.

3 3

## MÁGNESES ÉRZÉKELŐK



Conventional sensors detect a physical property directly (A) Magnetic sensors detect changes in magnetic fields and from derive the information on physical properties (B)

4 4

## DIREKT ALKALMAZÁSOK

- Információ kiolvasása mágneses adathordozóról (mágneses lemez, szalag vagy buborékmemória)
- Mágneses mintázat felismerése bankjegyeken vagy bankkártyákon
- Magnetometria: mágneses készülékek vezérlése mint pl. klasszikus vagy szupravezetős elektromágnesek, részecskegyorsítók mágnesei, továbbá a vektoriális mágneses terek meghatározása két- vagy három komponens detektálásával
- Mágneses levitáció (MAGLEV) vezérlése és szabályozása
- Föld mágneses terének mérése, elektronikus iránytű
- Geomágneses távérzékelés geológiai és vulkanikus felmérésekhez

5 5

## DIREKT ALKALMAZÁSOK

- Mesterséges holdak helyzet szabályozása
- Repülőgépek, hajók, tengeralattjárók, rakéták és lövedékek pozicionálása a geomágneses térre kifejett perturbáló hatásuk révén, valamint a globális navigációs rendszer kifejlesztésére
- Biomagnetometria: diagnosztikus adatok gyűjtése a kardiomágnesesség, miómagnesesség és a neuromágnesesség révén a célból, hogy a szív, az izmok, az idegek és az agy működését feltérképezzék (emberek és állatok)

6 6

## INDIREKT ALKALMAZÁSOK

- Távolság/elmozdulás (lineáris, szög), sebesség és rezgés mérés
- Helyzetérzékelés
- Forgás és forgásirány érzékelés (tachometria)
- Kollektor nélküli DC motorok
- Billentyűzet és közelség (proximity) kapcsolók
- Mikrofonok
- Lineáris és forgó potenciométerek, forgó tengely szög helyzet indikálás, gépkocsi gyújtásvezérlés
- Gépkocsi ASB (anti-skid breaking)
- Roncsolásmentes mágneses anyagvizsgálat, fémdetektálás

7

7

## INDIREKT ALKALMAZÁSOK

- Villamos áram- és teljesítménymérés (kWh számlálók) a vezeték megszakítása nélkül
- Analóg szorzás
- Galvanikus elválasztás
- Járműérzékelés (ferromágneses test elhaladása)
- Mechanikai, kémiai, stb. jellemzők mérése, permanens mágneseket tartalmazó mágneses modulációs rendszerekben

8

8

## MÁGNESSÉG: ALAPFOGALMAK DIÓHÉJBAN

Mágneses térerősség:  $\mathbf{H}$  (A/m)  
 Mágneses indukció (fluxussűrűség):  $\mathbf{B}$  (Vs/m<sup>2</sup> = Tesla)  
 Mágneses permeabilitás:  $\mu$  (Vs/Am)

Vákuumban  $\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H}$

Anyag jelenlétében  $\mathbf{B} = \mu_0 (\mathbf{H} + \mathbf{M})$

$\mathbf{M}$ : térfogategységre eső mágneses dipólusmomentum (Am<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> = A/m) azaz mágnesezettség  $\mathbf{M} = \chi_m \mathbf{H}$

$\chi_m$ : mágneses szuszceptibilitás

$$\mathbf{B} = \mu_0 (1 + \chi_m) \mathbf{H} = \mu_0 \mu_r \mathbf{H}$$

azaz  $\mu_r = 1 + \chi_m$

9

## MÁGNES DIPÓLUS

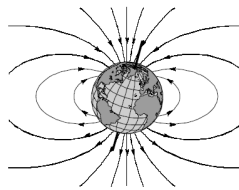
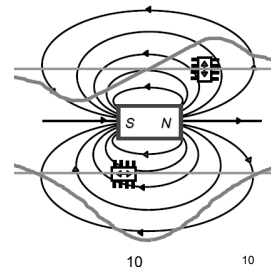


Figure 30. Earth's Magnetic Field Dipole Model



10

10

## MÉRTÉKEGYSÉGEK

Mágneses egységek mindig gondot okoztak és okoznak ma is ...

A cgs (Gauss) rendszer sokáig volt használatban. Ebben  $\mu_0 = 1$  és így  $\mathbf{H}$  és  $\mathbf{B}$  numerikusan azonosak vákuumban (és gyakorlatilag levegőben), és egységeiket (Oersted a téré, Gauss a fluxussűrűségé) gyakran össze-vissza felcserélik. Ez nagy kavardást okozott és okoz néha ma is...

Ma: SI rendszer, definíció szerint  $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7}$  Vs/Am

11

11

10 - Adobe Reader  
 Dokumentum Eszközök Abak Sugo  
 1 / 1 133% Keresés

where  $\mu_r$  is a positive number.  $\mu_r$  equals 1 in vacuum or air and can reach values above 1000 for soft magnetic materials.

| Unit System            | Magnetic Induction $B$            | Magnetic Field $H$                           |
|------------------------|-----------------------------------|--|
| SI <sup>1)</sup> units | Tesla: 1 T = 1 Vs/Am <sup>2</sup> | A/m  |
| Older units            | Gauss: 1 G = 10 <sup>-4</sup> T   | Oersted: 1 Oe = 10 <sup>3</sup> /4 $\pi$ A/m |

**Conversion Table for Common Magnetic Units**

|        | mT (Tesla) | G (Gauss) | kA/m      | Oe (Oersted) |
|--------|------------|-----------|-----------|--------------|
| 1 mT   | = 1.0000   | = 10.000  | = 0.7960* | = 10.000*    |
| 1 G    | = 0.1000   | = 1.0000  | = 0.0796* | = 1.0000*    |
| 1 kA/m | = 1.2560*  | = 12.560* | = 1.0000  | = 12.560     |
| 1 Oe   | = 0.1000*  | = 1.0000* | = 0.0796  | = 1.0000     |

\* in free air

## MÁGNESES TEREK NAGYSÁGA

Jelenség, mágneses tér forrása Mágneses indukció (Tesla)

|   |                          |    |
|---|--------------------------|----|
| Biológiai /élő rendszerek                 | Pico- és nanotesla       |    |
| Geomágneses tér                           | (30-60)x10 <sup>-6</sup> |    |
| Mágneses adatrögzítők                     | 0,001                    |    |
| Vezető felszínén (r = 1-2 mm, 10 A)       | 0,001-0,002              |    |
| Permanens mágnes (kapcsolók)              | 0,005-0,1                |    |
| Permanens mágnes, ferrit                  | 0,3 (max)                |    |
| Permanens mágnes, Alnico, SmCo,           | 0,4-0,8 (max)            |    |
| Vasmagos transzformátor                   | 0,9-1                    |    |
| Vas telítési mágnesszettség               | 2,1                      |    |
| Szupravezető tekercs (T = 2-4 K)          | 10-20                    |    |
| MRI                                       | 3-4                      |    |
| Rezisztív mágnes                          | 28-30                    |    |
| (50 mm dia szabad tér, 22-25 MW táplálás) |                          |    |
| "Lassú" impulzus (~msec)                  | 30-60                    |    |
| "Gyors" impulzus (~µsec)                  | 50-100                   |    |
| "One-shot"                                | 100-200                  | 13 |
| Fluxus kompresszió                        | > több száz              | 13 |

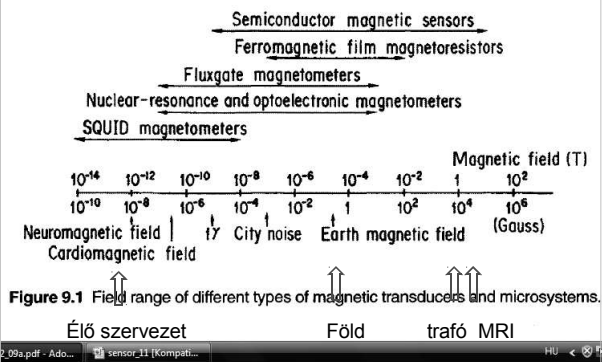
## ANYAG ÉS MÁGNESES TÉR

| Csoport       | Anyag                           | Szuszeptibilitás  | Permeabilitás        |
|---------------|---------------------------------|---|----------------------|
| diamágneses   | Cu, Ag, Au, Bi<br>szupravezetők | kicsi és negatív<br>-10 <sup>-5</sup><br>-1             | kb. 1<br>0           |
| paramágneses  | Al, Pt                          | kicsi és pozitív<br>10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-5</sup> | kb. 1                |
| ferromágneses | Fe, Co, Ni,<br>ritka földfémek  | nagy és pozitív<br>50 - 10 <sup>4</sup>                 | 50 - 10 <sup>4</sup> |
| ferrimágneses | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>  | nagy és pozitív   | nagy és pozitív      |

14

14

The range of operation of various magnetic sensors and microsystems is systematized in Fig. 9.1. The applications selected above clearly show the wide variety of fields met by magnetic (micro) sensors—from the



## MÁGNESTÉR ÉRZÉKELŐK CSOPOTOSÍTÁSA

Lehetséges és szokásos csoportosítás, illetve elnevezések

Vektor (komponens)  
Skalár (abszolút érték) érzéklők

Kis terék (B < 1 mT)      magnetométer  
Nagyterék (B > 1 mT)      gaussméter

16

16

## MÁGNESES ÉRZÉKELŐK CSOPORTOSÍTÁSA

### MÁGNESTÉR SZENZOROK

MAGNETOMÉTEREK  
B < 1 mT

GAUSSMÉTEREK  
B > 1mT

VEKTOR

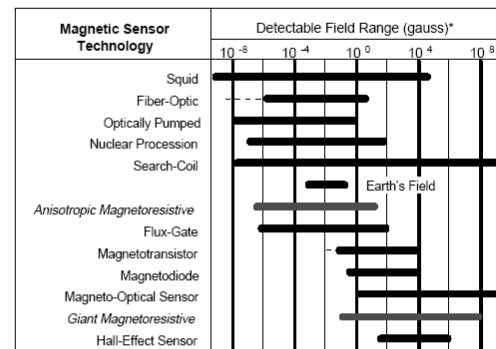
SKALÁR

Mérőtekercs  
Fluxgate szenzor  
SQUID  
Magnetorezisztív  
szenzor  
Száloptikai  
szenzor

Proton  
precesszió  
Optikai  
pumpálás

Hall effektus  
Magnetorezisztív  
Magnetodióda  
Magnetotranzisztor

17



\* Note: 1gauss = 10<sup>-4</sup>Tesla = 10<sup>-5</sup>gamma

SQ  
The  
duc  
ope  
wor  
me  
net  
of  
ran  
me  
ma  
The  
field  
lium  
niq  
HS

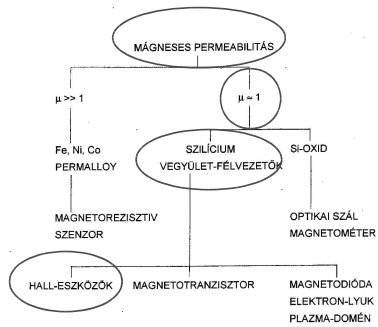
## MÉRÉSI TECHNIKÁK ÖSSZEHASONÍTÁSA

| Eszköz            | B tartomány (mT)        | Feloldás (nT) |
|-------------------|-------------------------|---------------|
| Tekercs           | $10^{-10}$ - $10^6$     | változó       |
| Fluxgate          | $10^{-4}$ -0,5          | 0,1           |
| SQUID             | $10^{-9}$ -0,1          | $10^{-4}$     |
| Hall effektus     | $0,1$ - $3 \times 10^4$ | 100           |
| MR                | $10^{-3}$ -5            | 10            |
| Proton precesszió | 0,02-0,1                | 0,05          |
| Optikai pumpálás  | 0,01-0,1                | 0,005         |

19

19

## MÁGNESES SZENZOR SZERKEZETEK



20

20

## MÁGNESES SZENZOR SZERKEZETEK

A  $B = \mu_r \mu_0 H$  összefüggés alapján a szenzor válasza nagy relatív permeabilitás esetén megnő. Ennek alapján a szenzorok két nagy csoportra oszthatók.

Szenzorok, melyekben nagy permeabilitású anyag kerül alkalmazásra (ferro- vagy ferrimágneses anyag,  $\mu_r \gg 1$ ), mely a permeabilitás arányában megnöveli az érzékenységet, pl. NiFe vékonyréteg mágneses ellenállásváltozási szenzor, optikai szálakon elhelyezett (ferromágneses) nikkell bevonat mely magnetostrikciós hatással bír, illetve bármely szenzor, melyben fluxus koncentrátor kerül alkalmazásra.

Kis relatív permeabilitás ( $\mu_r \approx 1$ ) esetén nincs ilyen jellegű erősítés. Pl. az összes, a galvanomágneses jelenségeken alapuló szenzor ebbe az osztályba tartozik. <sup>21</sup>

21

## MÁGNESES TÉR HATÁSAI: ÉRZÉKELÉS

A legfontosabb, az érzékelőkben kihasznált effektusok:

Mozgó töltéshordozók (áram) eltérítése (Lorentz erő)

Hall-effektus (Lorentz erő)

Mágneses ellenállásváltozás (többféle mechanizmus)

Szupravezető állapotra való hatás (szupravezető kvantum interferencia)

22

22

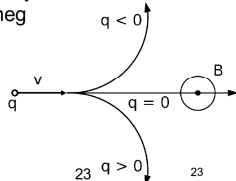
## LORENTZ ERŐ

A legtöbb mágneses szenzor a Lorentz erőt használja ki

$$F = q v \times B$$

mely az anyagban (fém, félvezető vagy szigetelő) mozgó elektronra hat. Bár a  $H$  mágneses térerő az érzékelendő mennyiség, a  $B$  mágneses indukció mely az erőhatást leírja, és ez határozza meg a szenzor választát.

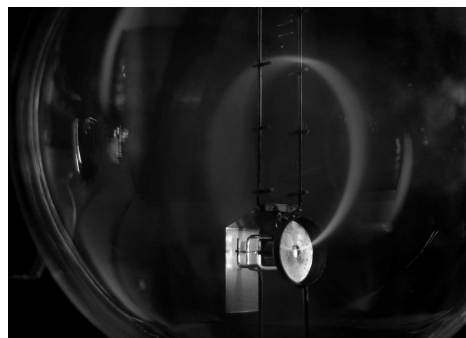
$F$  a töltésre ható erő  
 $q$  a részecske töltése  
 $B$  a mágneses indukció  
 $v$  a részecske sebessége



23

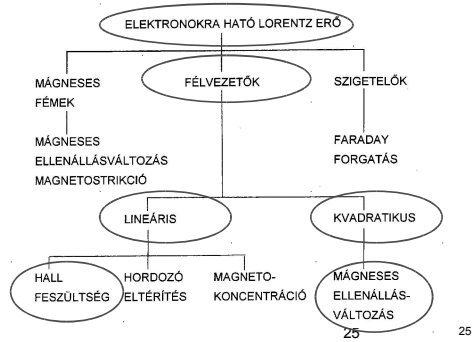
23

## LORENTZ ERŐ



24

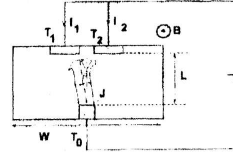
## LORENTZ ERŐ ÉS ÉRZÉKELÉS



## LORENTZ ERŐ:

### A Lorentz-erő felhasználása érzékelőben:

Ha egy trióda elrendezésben az áram szimmetrikusan eloszlik a két katód között, akkor mágneses térben az áramok különbsége az indukció függvénye lesz.



Kis eltérítési szögek esetén:  $I_1 - I_2 = 2 \cdot j \cdot L \cdot \mu_H \cdot B$

Ahol  $j$  az áramsűrűség,  $L$  az elektródák távolsága,  $B$  az indukció,  $\mu_H$  a Hall-mozgékonyosság

## GALVANOMÁGNESES EFFEKTUSOK

A mágneses érzékelő működése gyakran valamely galvanomágneses effektuson (Hall jelenség, mágneses ellenállás-változás) alapul.

A mágneses térerősség  $H$  dimenziója  $A/m$ , a vele összefüggő mágneses indukció ( $B$ , fluxus-sűrűség) dimenziója pedig  $Vs/m^2$  (Tesla). Mivel a töltéshordozó-mozgékonyosság ( $\mu$ ) dimenziója ennek éppen reciproka, azaz  $m^2/Vs$ , ezért a  $\mu B$  szorzat dimenzió nélküli szám, és ez jellemzi a galvanomágneses hatások erősségét és egyben a szenzorok relatív érzékenységét.

Általában nagy töltéshordozó-mozgékonyosság és alacsony töltéshordozó-koncentrációk esetén erősek a galvanomágneses hatások, ez az oka, hogy az ilyen szenzorok anyaga félvezető és nem fém.

27

27

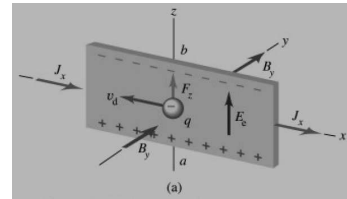
## A HALL EFFEKTUS

Ha egy vezetőkben vagy félvezetőkben áram folyik, és azt mágneses térbe helyezük, akkor a vezetőkben mozgó elektronokra ható Lorentz-erő miatt a vezető két oldalán potenciálkülönbség lép fel, ez a Hall-feszültség.

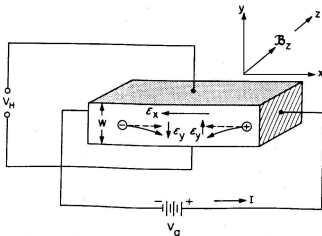
A jelenség jól keskeny mintákban lép fel, ahol a töltéshordozók a hossziránnyal párhuzamosan mozognak az ez irányban kapcsolt feszültség hatására. A vékony minta síkjára merőleges mágneses térben keresztirányú elektromos erőter is kialakul, ami kompenzálja a mágneses mezőben haladó töltéshordozókra ható Lorentz-erőt. A Hall feszültség:

$$U_H = \frac{R_H I B}{t}$$

$t$  a minta vastagsága,  $R_H$  a Hall-állandó.



## A HALL ELEKTROMOS TÉR



p-típusú mintában a lyukak sebessége  $-x$  irányú, a lyukakra ható  $\mathbf{F} = e \mathbf{v} \times \mathbf{B}$  Lorentz erő iránya  $-y$ , és lefelé téríti el a lyukakat.

A lyukak az alsó lapon felhalmozódva egy  $+y$  irányú elektromos teret hoznak létre. Mivel az  $y$  irányban nem folyik áram, az  $y$  irányú tér (a Hall tér) egyensúlyt tart a Lorentz erő terével,  $E_y = v_x B_z$ . Ekkor  $E_y = V_H/w = V_H/w = R_H j_x B_z$ , és a Hall állandó  $R_H = 1/ep$ .

29

29

## HALL ÁLLANDÓ

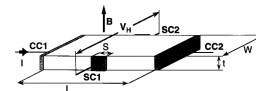
Lorentz erő  $F_L = B e v$

Hall ellenérő  $F_H = e E_H$

Két erő egyensúlya  $e E_H = B e v$

Áramsűrűség  $j = n e v = n e \mu E = \sigma E$

Hall állandó  $E_H/(jB) = 1/(ne) = R_H = (U_H/w)/B/(I/wt) = U_H t/(BI)$



30

30

## ALKALMAZÁS: FÉLVEZETŐK MÉRÉSE

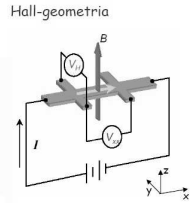
A fizikai modell szerint a vezető-képesség, illetve a fajlagos ellenállás

$$\sigma = \rho^{-1} = e n \mu$$

A Hall állandó

$$R_H = 1/e n$$

A fajlagos ellenállás és a Hall állandó mérésével a félvezetők két alapvető paramétere, a töltéshordozók koncentrációja és mozgékonyága meghatározható. A Hall-mérés alapvető félvezető fizikai és technikai mérés



31

31

## HALL ÉRZÉKLEŐK

Működése a félvezetőben a külső mágneses térben az áramot hordozó mozgó töltéshordozókra ható Lorentz erő alapul. A lemez alakú, hosszú de kis vastagságú eszközben a lemezre merőleges irányú mágneses tér a hosszirányú áramot hordozó elektronokat vagy lyukakat keresztirányba eltéríti, így a domináns töltéshordozók előjelétől illetve a mágneses tér polaritásától függően a lemez két szélén ellentétes előjelű töltések halmozódnak fel, melyek egy keresztirányú feszültséget, az ún. Hall-feszültséget hozzák létre.

32

32

## HALL ÉRZÉKLEŐK

Az eszköz alapegyenlete

$$U_H = K \times I \times B$$

I - az eszközön átfolyó áram [A],

B - az alkalmazott mágneses indukció [Vs/m<sup>2</sup>],

U<sub>H</sub> - a Hall-feszültség [V],

K - érzékenységi állandó [m<sup>2</sup>/As], mely magában foglalja a geometriai, és a félvezető anyagi paramétereket.

Az eszköz kimenőjele a mágneses tér függvényében lineáris.

33

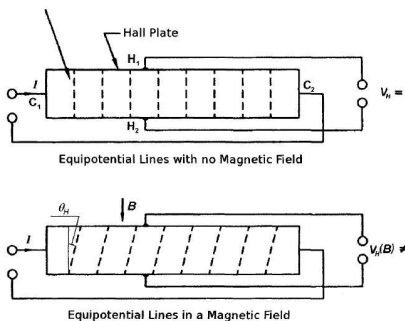
33

## HALL ÉRZÉKLEŐK

A Hall-generátor félvezető alapanyaga általában szilícium (Si), gallium-arszenid (GaAs) vagy indium-antimonid (InSb). A működési elvből következően a Hall-generátornál is célszerű nagy elektronmozgékonyosságú alapanyagot választani. Ezt a feltételt kielégíti a GaAs (az elektronmozgékonyossága kb. ötszöröse mint a szilíciumé) de még inkább az InSb. Ugyanakkor a Si technológiája kiforrottabb, könnyen integrálható az eszköz.

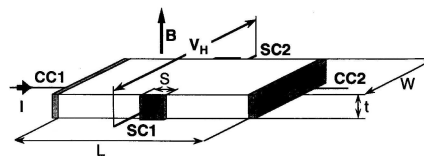
34

34



35

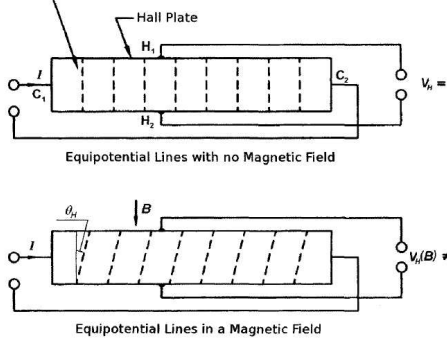
## IDEÁLIS ÉS REÁLIS HALL SZONDA ANALÍZISE



36

36

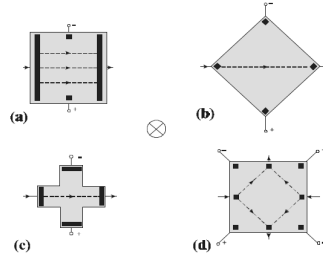
## HALL ÉRZÉKELŐ: POTENCIÁLELOSZLÁS



37

## HALL ÉRZÉKELŐ

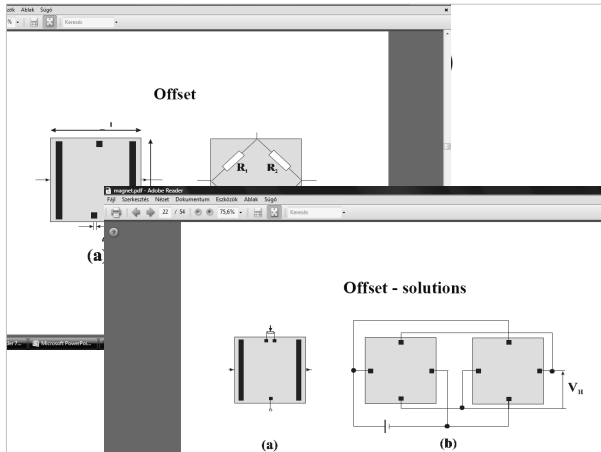
### Hall plate configuration



Hall érzékelő geometriája és kontaktus konfigurációja

38

38



## ANYAGOK

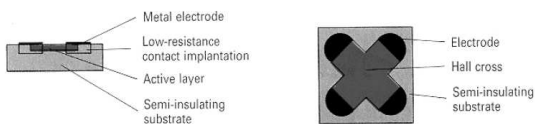
| Material | $R_H$ in $\text{cm}^2/\text{As}$ | $\mu_e$ in $\text{cm}^2/\text{Vs}$ | $E_g$ in eV |
|----------|----------------------------------|------------------------------------|-------------|
| Metals   | $10^{-4}$                        | 10                                 | -           |
| Ge       | $10^{+3}$                        | 3900                               | 0.75        |
| Si       | $10^{+6}$                        | 1500                               | 1.16        |
| InSb     | 380                              | 77000                              | 0.23        |
| GaAs     | $10^{+4}$                        | 8000                               | 1.52        |

40

40

## GaAs HALL SZENZOR

KSY14 – the Ultra-flat, Versatile Hall Sensor

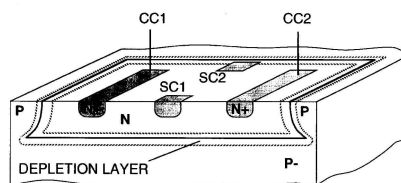


Ionimplantációval létrehozott kb.  $0,3 \mu\text{m}$  vastag n-típusú GaAs réteg félszigetelő GaAs hordozón (technológia: GaAs MESFET). Üzemi tartomány  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  ...  $+175 \text{ }^\circ\text{C}$  (nagy tiltott sáv!).

41

41

## HALL ELEM Si TECHNOLÓGIÁBAN



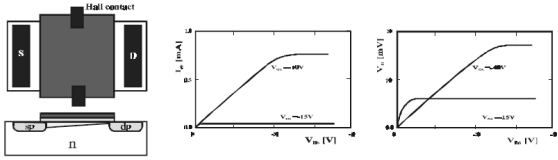
Hall érzékelő cella megvalósítása Si bipoláris technológiában. Az aktív zóna az n-típusú epitaxiális réteg, az áramkontaktusok  $n^+$  diffúziós szigetek.

42

42

## HALL ELEM SI TECHNOLÓGIÁBAN

### MOS Hall plate

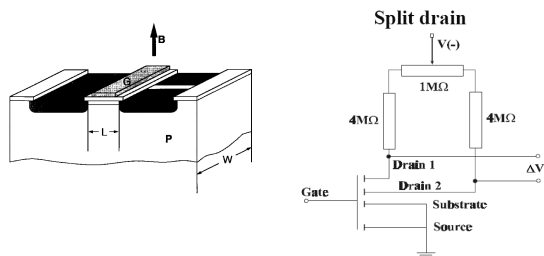


PMOS szerkezet, az inverziós réteg vastagságát, mely az érzékenységet határozza meg, a vezérlő elektróda feszültsége állítja be.

43

43

## MAGFET



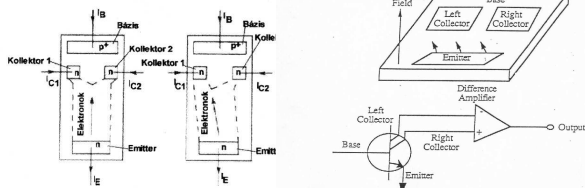
Osztott drain-es laterális MOS magnetotranzisztor (MAGFET) szerkezete és kapcsolási vázlatja.

44

44

és képezi. Bipoláris esetben a Lorentz-erő hatására a többségi hordozók bázis-emitterre injektálódnak, a kisebbségi hordozók pedig a bázisból a kollektorok felé injektálódnak.

Merőleges mágneses térben a kollektoráramok közötti különbség a mágneses tér függvénye



Kettős kollektorú bipoláris magnetotranzisztor elvi vázlatja. A Lorentz-erő hatására a többségi hordozók bázis-emitterre injektálódnak, a kisebbségi hordozók pedig a bázisból a kollektorok felé injektálódnak. Ez a többlet effektus a töltésinjekció moduláció.

45

45

## FELVEZETŐ MAGNETOREZISZTOROK

Megfelelően kialakított vezetőkben (széles és vékony, hasábalakú eszköz), keresztirányú mágneses térbe helyezve, a töltéshordozókra (elektronok vagy lyukak) ható Lorentz-erő hatására az áramvonalak elfordulnak, az áramút hossza és így az eszköz ellenállása megnő. Az ellenállásváltozás nagysága az eszköz geometriája, illetve a félvezető alapanyag megválasztásával optimalizálható. Az ellenállás relatív megváltozása

$$\Delta R/R \sim (\mu B)^2$$

( $\mu$  - mozgékonyosság, B - mágneses indukció).

46

46

## FELVEZETŐ MAGNETOREZISZTOROK

A magnetorezisztor alapanyaga ezért nagy elektron-mozgékonyossággal rendelkező félvezető, legtöbbször indium-antimonid (InSb).

Az eszköz ellenállás-mágneses tér jelleggörbéje nagyjából négyzetes, és nem függ a mágneses tér polaritásától. A változás nagysága néhány tized Tesla mágneses indukciónál akár 100 % is lehet.

Alkalmazási területei: különféle érzékelési feladatok (helyzet, szögelfordulás, távolság, stb.) illetve kontaktus nélküli potenciométerek.

47

47

## InSb-NiSb MAGNETOREZISZTOR

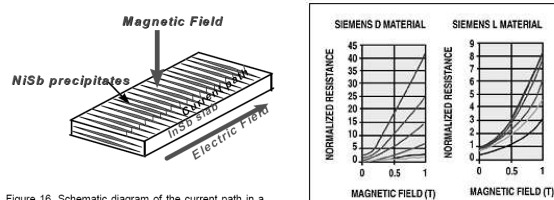


Figure 16. Schematic diagram of the current path in a slab of InSb with NiSb precipitates.

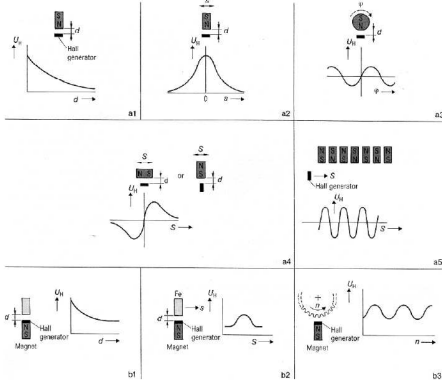
Figure 17. Resistance is plotted against field for an InSb magnetoresistor at temperatures of 20°C, 0°C, 25°C, 60°C, 90°C, and 120°C (top to bottom). Resistance is normalized to the resistance at zero field.

48

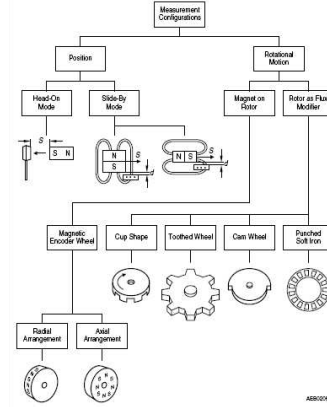
48



## ALKALMAZÁSOK



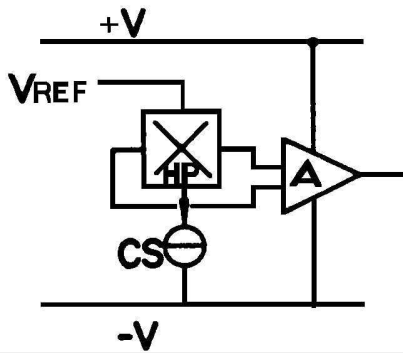
49



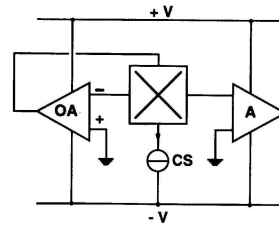
48/02/09

50

## HALL SZONDA MÉRŐKAPCSOLÁS



## HALL SZONDA MÉRŐKAPCSOLÁS



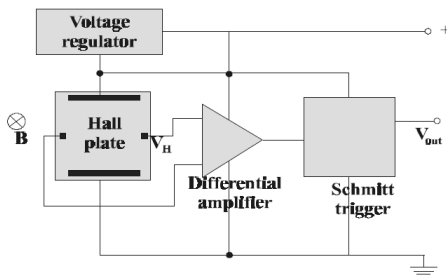
Ajánlott mérőkapsolás. Az baloldali OPAMP a virtuális föld révén gyakorlatilag nulla potenciálon tartja az egyik kimenetet, így a teljes Hall feszültség megjelenik a másik kontaktuson.

52

52

## IGEN/NEM ÉRZÉKELÉS

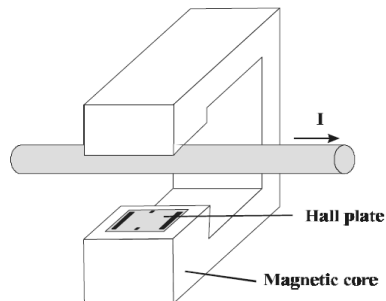
### Read-out



53

53

## ÁRAMÉRZÉKELÉS/MÉRÉS

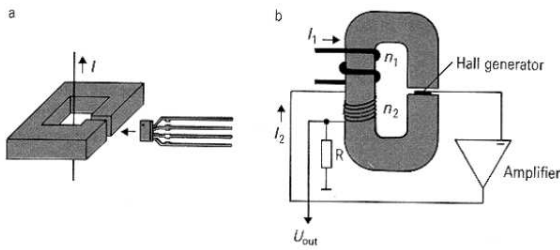


Áramérzékelés a vezető megszakítása nélkül

54

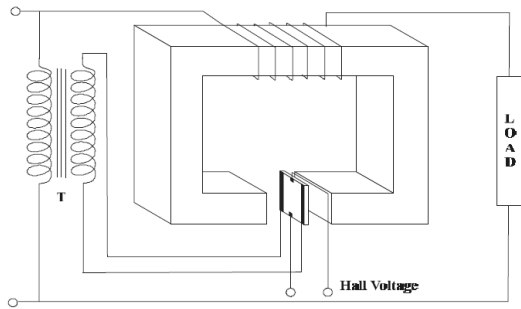
54

like detection of ignition time and rpm. The out signal from the KSY14 is independent of the spe so it is especially reliable for use in rpm sensc



Árammérés közvetlenül a mágneses tér mérésével illetve kompenzációs módszerrel (ekkor a Hall szonda a magnetic field around the conductor, b using I2 to compensate field produced by I1, where the Hall sensor functioning as a detector)

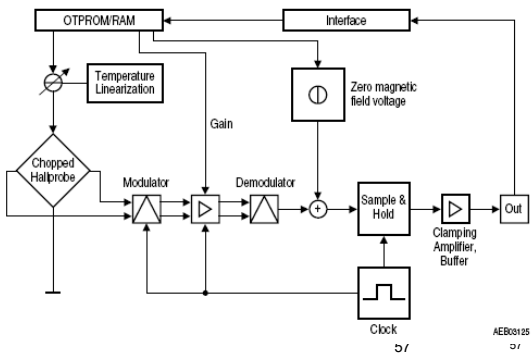
## AC TELJESÍTMÉNYMÉRÉS



56

56

## PROGRAMOZHATÓ HALL IC



AEB0125  
57

## PROGRAMOZHATÓ HALL IC

The linear Hall IC TLE 4990 has been designed specifically to meet the demands of highly accurate rotation and position detection, as well as for current measurement applications. The sensor provides a ratiometric analog output voltage which is ideally suited for A/D conversion with the supply voltages as a reference. The IC is produced in BiCMOS technology with high voltage capability and also providing reverse polarity protection.

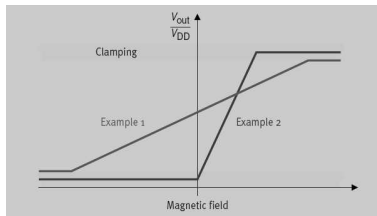
The temperature compensation of the sensitivity is programmable to provide excellent accuracy. Stability is achieved by the dynamic offset cancellation technique to eliminate any spurious mechanical or temperature effects.

The transfer function of the linear Hall IC TLE 4990 can be adopted randomly to the application needs in terms of offset (quiescent) voltage, sensitivity and clamping.

58

58

## PROGRAMOZHATÓ HALL IC



Programmable according to application needs, e.g.:

1. Bipolar, 50% offset, low sensitivity, clamping
2. Unipolar, no offset, high sensitivity, no clamping

59

59

VÉGE

60

60