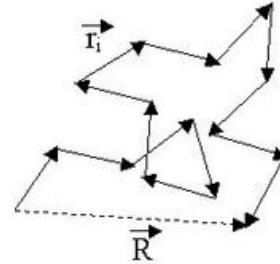


Conformazione polimeri

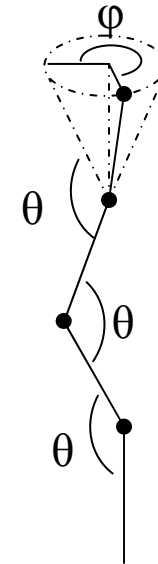
Random coil $\langle r^2 \rangle_{0f\theta}^{1/2} = l n^{1/2}$



“imperturbato”

$$\langle r^2 \rangle_0^{1/2} = l n^{1/2} \left(\frac{1 - \cos \theta}{1 + \cos \theta} \right)^{1/2} \left(\frac{1 + \langle \cos \varphi \rangle}{1 - \langle \cos \varphi \rangle} \right)^{1/2}$$

σ ingombro sterico



Volume segmenti del polimero

$$\langle r^2 \rangle^{1/2} = \alpha \langle r^2 \rangle_0^{1/2}$$

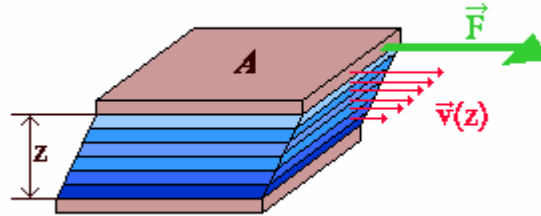
α dipende dal solvente e dalla temperatura

$\alpha=1$ solvente “theta” in cui la contrazione dovuta al solvente (povero”) controbilancia l’effetto del volume dei segmenti della catena

Caratterizzazione Viscosimetrica

Configurazione e peso molecolare
dal comportamento viscoso in solventi diversi

Viscosità (assoluta) η
Costante di proporzionalità tra
sforzo tangenziale τ e
variazione della velocità



$$\tau = \frac{\partial f_x}{\partial A} = \eta \frac{\partial v_x}{\partial z} \quad \text{Liquidi "newtoniani"}$$

$$\text{Capillari } \eta = \rho \cdot k \cdot t$$

Misure in soluzione. Se $\rho_{\text{soluzione}} \sim \rho_{\text{solvente}}$

$$\eta_{rid} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \frac{t - t_0}{t_0}$$



Viscosimetro di Ubbelohde
a liquido sospeso

Viscosità intrinseca $[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \eta_{rid}$

Mark-Houwink $[\eta] = KM^a \rightarrow$ trovo $M_v = \left[\frac{\sum n_i M_i^{a+1}}{\sum n_i M_i} \right]^{1/a}$

gomitolo estesa
 Teoricamente $0.5 < a < 2$
 Sperimentalmente $0.5 < a < 1$

Kirkwood-Riesenman $[\eta] = \Phi \frac{[\langle r^2 \rangle^{1/2}]^3}{M}$ $M_n < M_v < M_w$

PS in cicloesano a 34°C solvente "theta" → ricavo $\langle r^2 \rangle^{1/2}_0$

dal confronto con il valore in toluene (buon solvente) trovo α

Sapendo lunghezza C-C e angolo posso calcolare $\langle r^2 \rangle^{1/2}_{of}$

e quindi anche $\sigma = \langle r^2 \rangle^{1/2}_{of} / \langle r^2 \rangle^{1/2}_0$

Proprietà elettriche e magnetiche

1. (Misura impedenziometrica della costante dielettrica di polimeri)
2. Misura della resistenza di un metallo e di un semiconduttore in funzione della temperatura
3. Misura della Energy Gap di un semiconduttore
4. Misura dell'effetto Hall in semiconduttori
5. Misura del trasporto dei portatori di carica in un semiconduttore
6. Sintesi dell'YBCO e misura della T_c di superconduttività
7. Misura della curva di isteresi magnetica in materiali metallici
8. Misura della suscettività magnetica mediante bilancia di Faraday

1. Misura impedenziometrica della costante dielettrica

analizzatore di risposta in frequenza

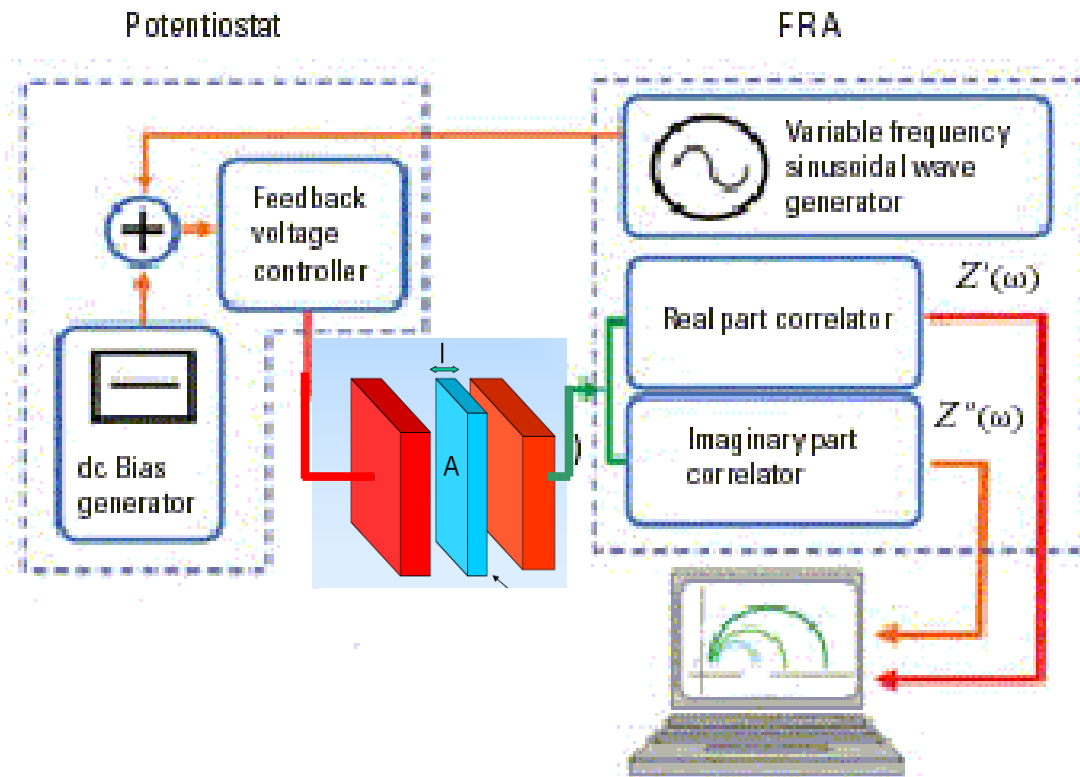


FIGURE 4. Concept of the frequency response analyzer (FRA).

2. Misura della resistenza di un metallo e di un semiconduttore in funzione della temperatura

L'andamento di R con T è critico per la descrizione teorica (come per la capacità termica: violazione della legge di Dulong-Petit a basse temperature \rightarrow equazioni di Debye e Einstein).

Modello classico \rightarrow modello quantistico

R dipende dalla geometria \rightarrow resistività ρ (conducibilità $\sigma = 1/\rho$)

ρ (e σ) dipende da ($\sigma = qn\mu$):

- concentrazione dei portatori di carica n (e loro segno: elettroni/lacune)
- loro mobilità μ

Modello classico $\mu \propto 1/\sqrt{T}$

Modello quantistico $\mu \propto 1/T$

Nei metalli n è costante, nei semiconduttori no

2. Misura della resistenza di un metallo e di un semiconduttore in funzione della temperatura (segue)

- Semiconduttori “puri” $n \propto e^{-E_g/2kT}$
- Semiconduttori “drogati”
 - $n \propto \text{costante}$ in zona “estrinseca” (basse temperature)
 - $n \propto e^{-E_g/2kT}$ in zona “intrinseca” (alta temperature)

Quindi possibilità di determinare E_g

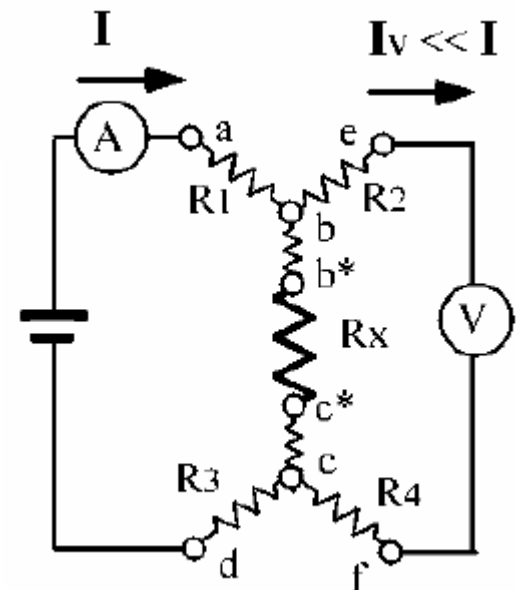
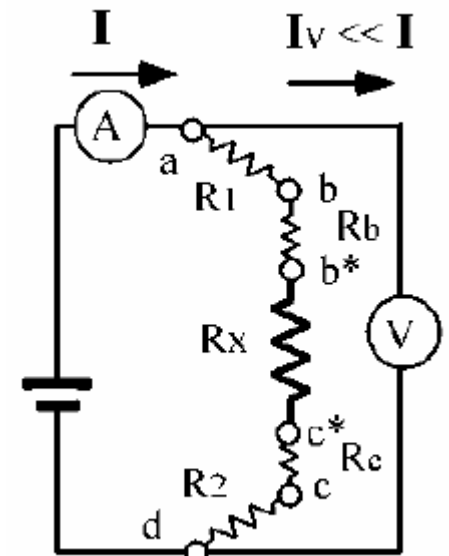
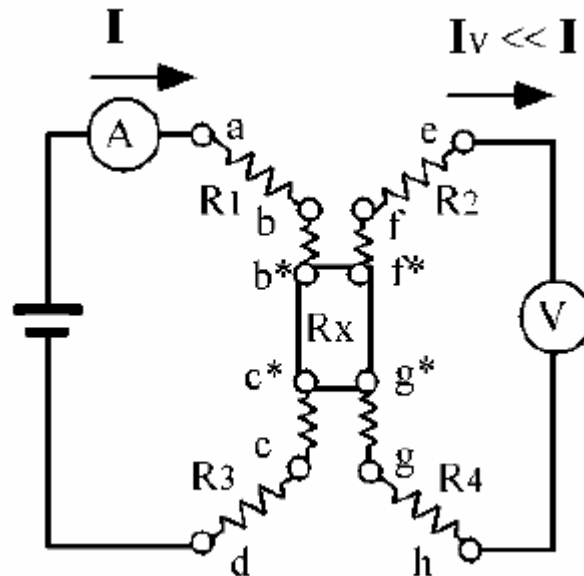
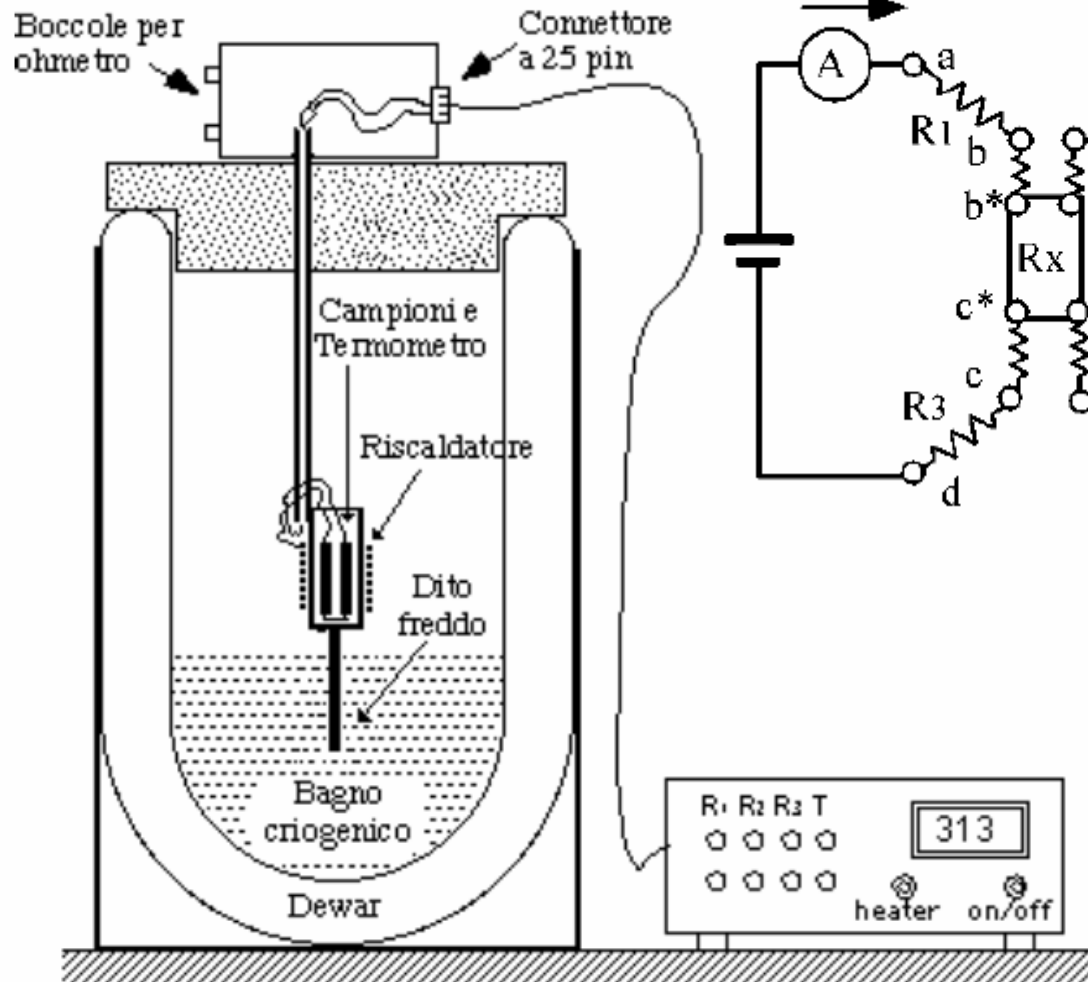
Altri meccanismi di trasporto: “hopping” tra cristalli

Es. resistenze classiche a pasta di carbone (policristalli di grafite)

ρ diminuisce fino a $\sim 200\text{K}$ (hopping) poi tende a risalire

Apparato sperimentale

I costante $\rightarrow V \propto R$



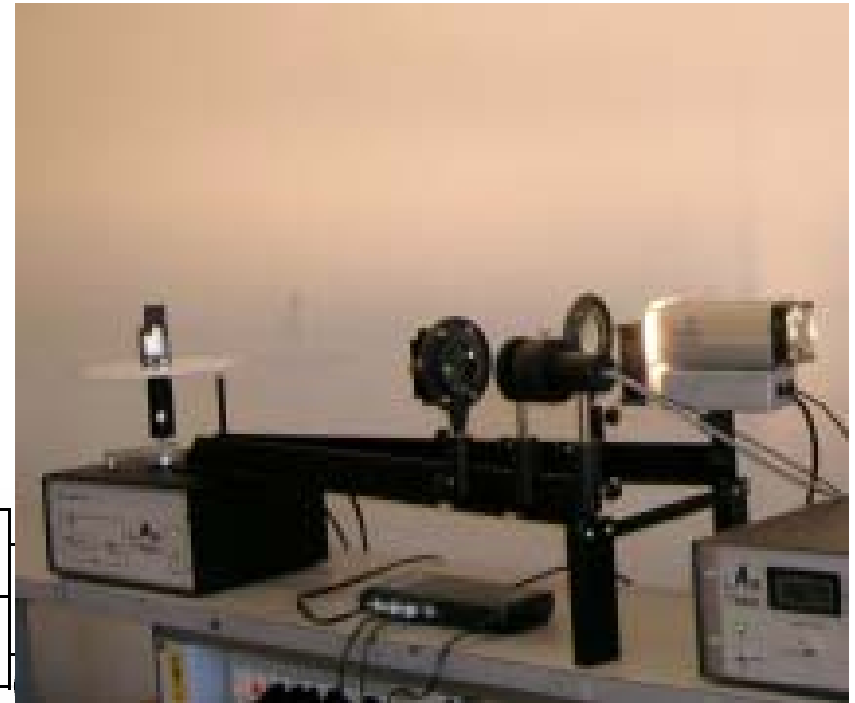
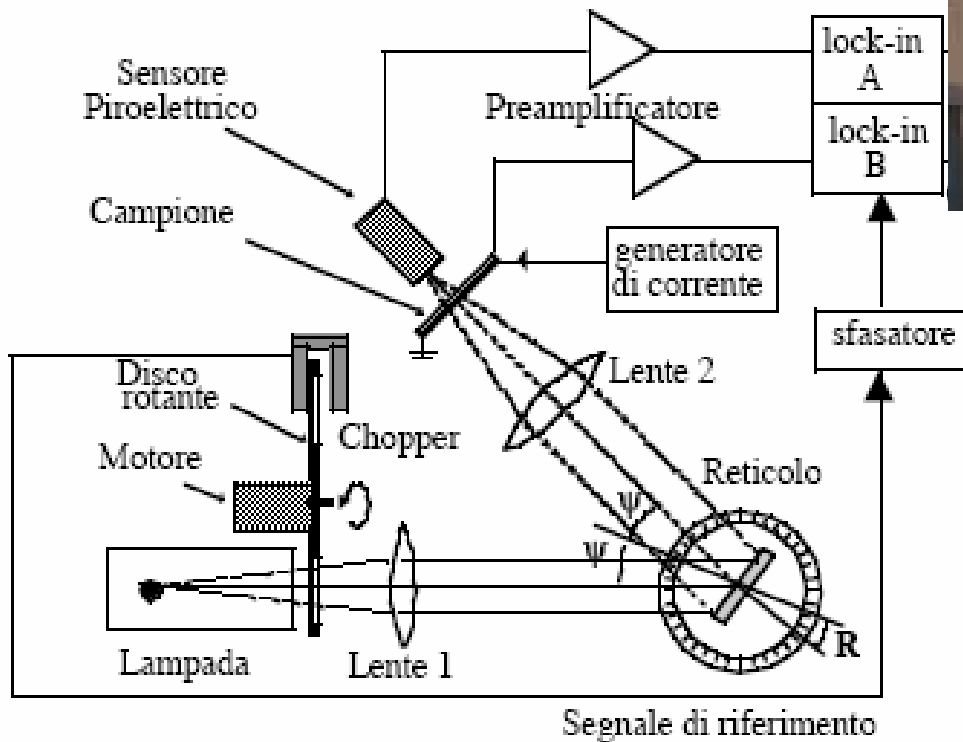
3. Misura della Energy Gap di un semiconduttore

- Effetto fotoelettrico interno = promozione di un elettrone in banda di conduzione grazie all'assorbimento di un fotone con energia maggiore di E_g (formazione coppia elettrone-lacuna)

Illuminiamo il campione con luce con energia variabile e misuriamo due effetti quando la energia della luce supera la soglia dell' E_g

- 1) aumento conducibilità (diminuzione resistenza)
- 2) diminuzione luce trasmessa

Apparato sperimentale

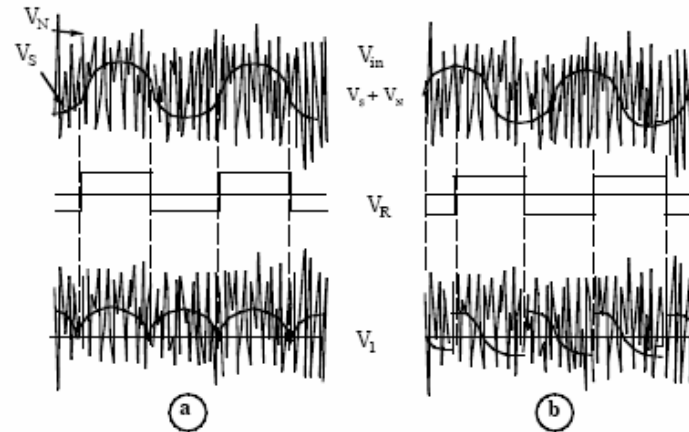
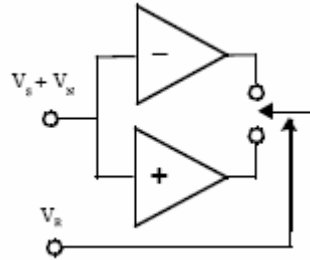


Lock-in (rivelatore a sensibilità di fase)

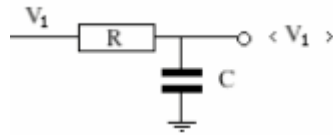
Segnale oscillante (c.a.) sommerso dal rumore



Amplificatore
operazionale
con frequenza
di riferimento



Filtro RC (passa basso)



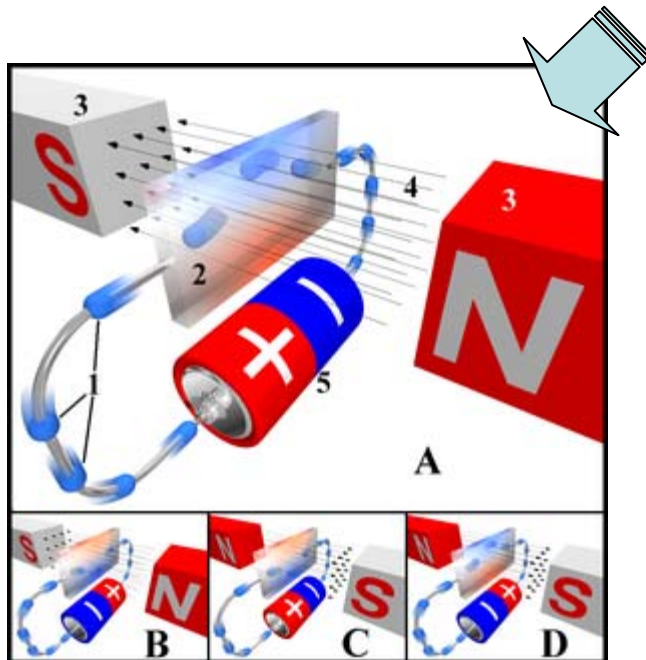
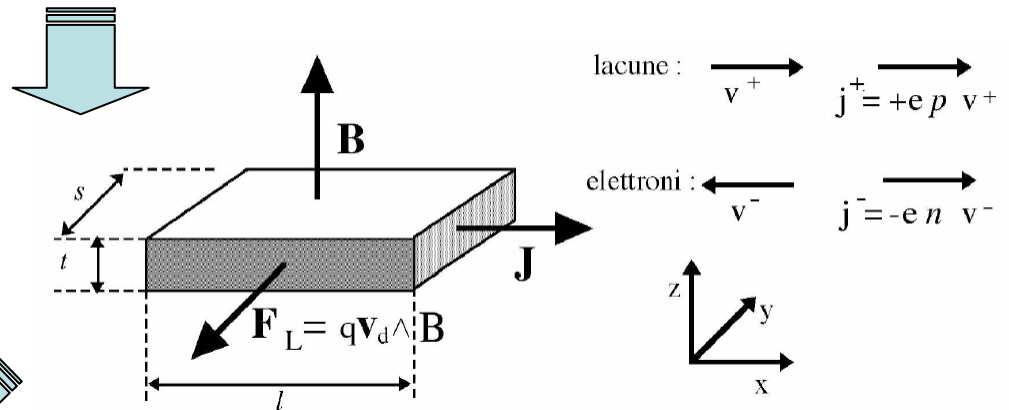
Segnale pulito

4. Misura dell'effetto Hall in semiconduttori

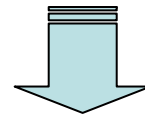
Conduttore o semiconduttore percorso da una corrente elettrica immerso in un campo magnetico con direzione perpendicolare

Forza di Lorentz

$$\vec{F}_L = q \vec{v}_d \times \vec{B}$$



Accumulo di cariche



$$V_H \rightarrow E_H = v_d B$$

4. Misura dell'effetto Hall in semiconduttori (segue)

Portatori

- Metalli: elettroni
- Semiconduttori “puri” (intrinseci)
 - Elettroni e lacune con densità uguale ($n=p$)
- Semiconduttori “drogati”
 - drogati N $n \gg p$
 - drogati P $p \gg n$

Coefficiente di Hall

$$R_H = E_H / (J_x B) = v_d B / (-en v_d) = -1 / (en) \quad [\text{oppure } +1 / (ep)]$$

(fattore $1.18 < r < 2$ per distribuzione statistica velocità)

$R_{H \text{ semicond}} \gg R_{H \text{ metalli}}$ perché i portatori sono molto meno

Allora misurando V_H , I_x , B e lo spessore t del campione possiamo misurare la concentrazione dei portatori liberi:

$$R_H = E_H / (J_x B) = (V_H / s) (B I_x / ts) = V_H t / (B I_x)$$

4. Misura dell'effetto Hall in semiconduttori (segue)

- Se sono presenti sia elettroni che lacune R_H dipende anche dalle rispettive mobilità:

$$R_H = \frac{p\mu_h^2 - n\eta_e^2}{e(p\mu_h + n\mu_e)^2}$$

Un semiconduttore drogato P all'aumentare della temperatura può invertire il suo segno perché gli elettroni in zona intrinseca possono diventare molti di più delle lacune $b = \mu_e / \mu_h > 1$.

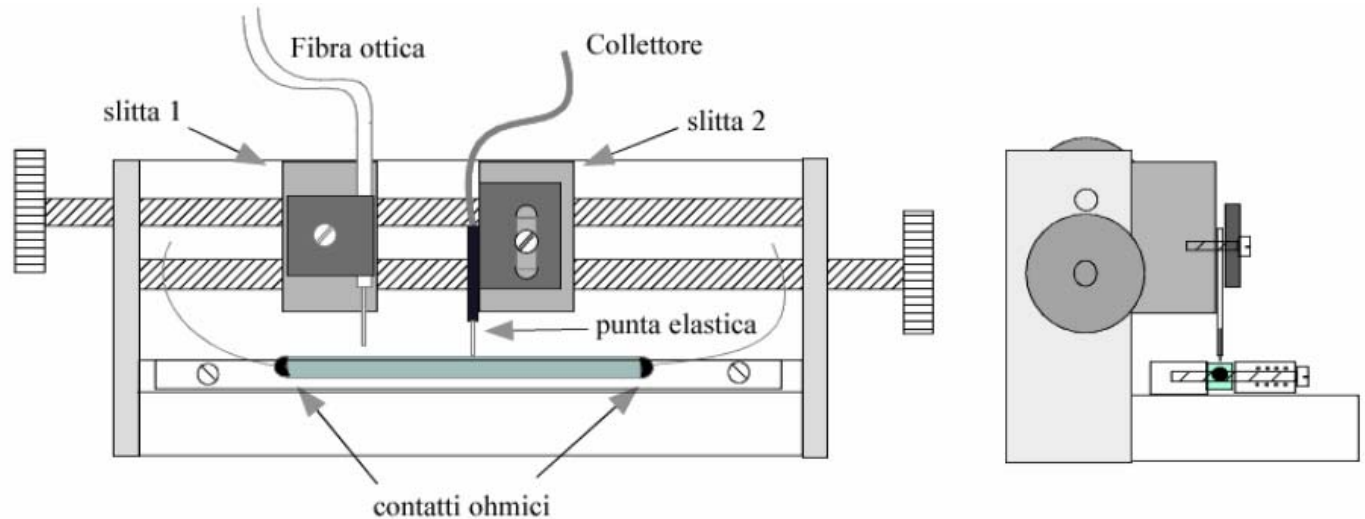
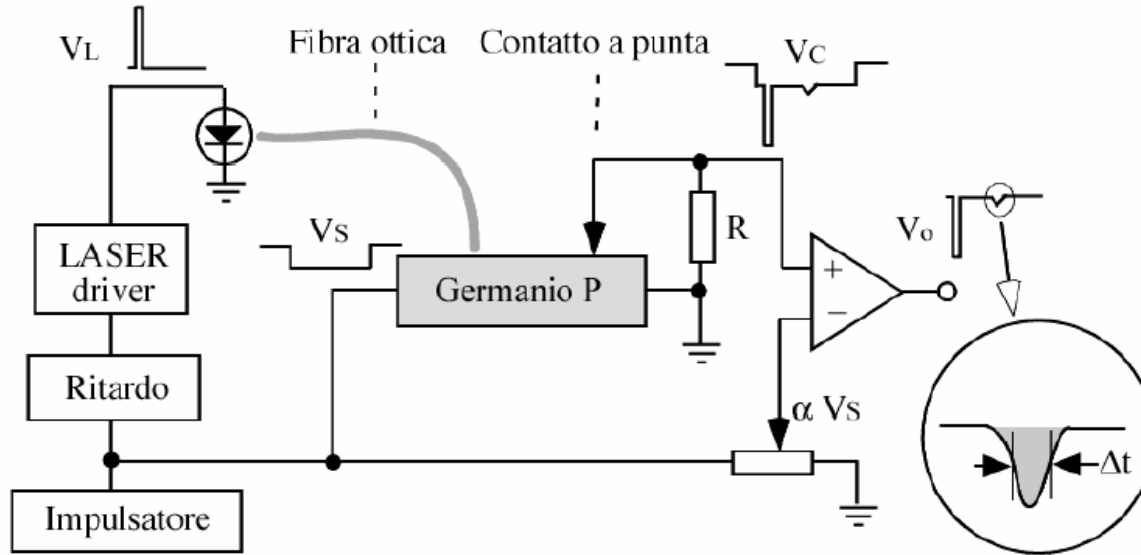
Allora, a T ambiente si possono determinare p e $\mu_h = R_H \sigma$ [$\sigma = I / (RS)$]

Dai valori al punto di inversione ($R_H = 0$) si possono ricavare il rapporto tra le mobilità, b, e il numero di portatori a quella temperatura.

Avendo $R(T)$ possiamo di nuovo trovare E_g

5. Misura del trasporto dei portatori di carica in un semiconduttore

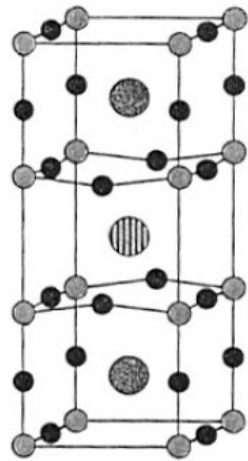
Esperimento di Haynes e Shockley



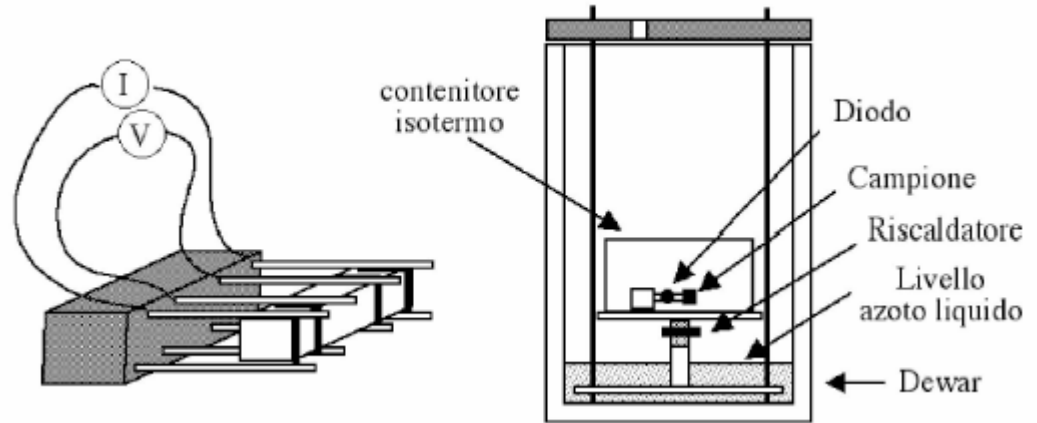
6. Sintesi dell'YBCO e misura della Tc di superconduttività

YBCO = $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ superconduttore ad “alta” temperatura

Macinazione+ricottura ad alta temperatura in flusso di ossigeno

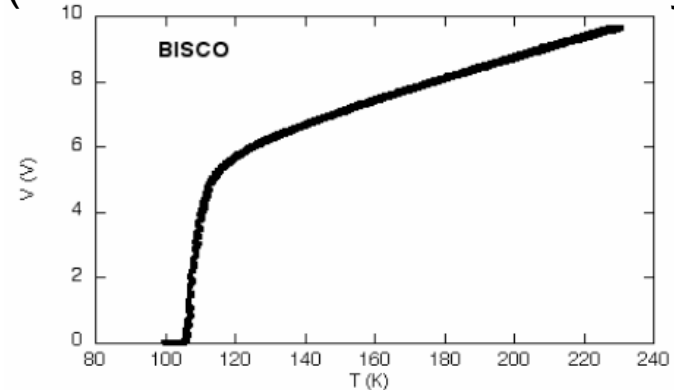


- Key
- Barium
 - Yttrium
 - Copper
 - Oxygen



BISCO ($\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.6}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Sb}_{0.1}\text{Cu}_3\text{O}_y$)

Effetto Meissner - levitazione magnetica



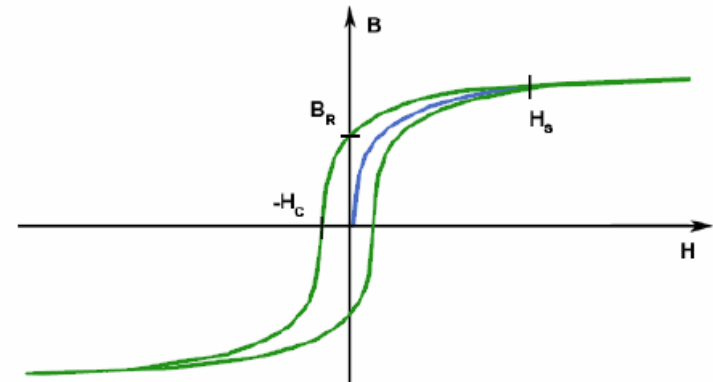
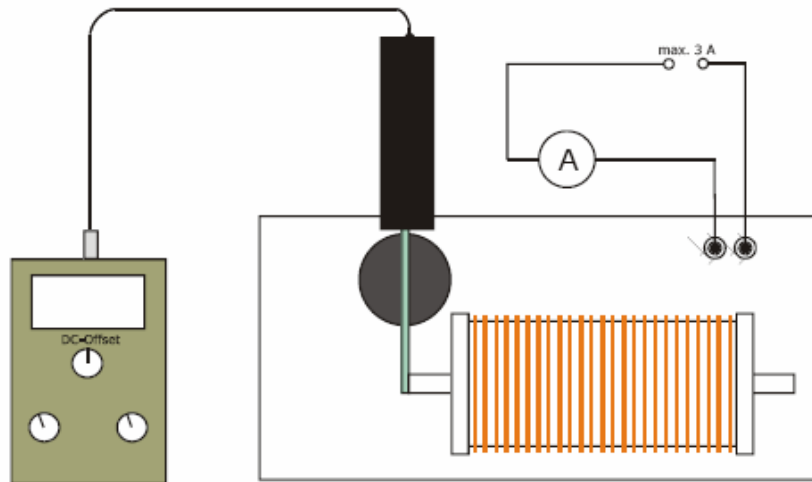
7. Misura della curva di isteresi magnetica in materiali metallici

$$H = nI/s$$

I = corrente

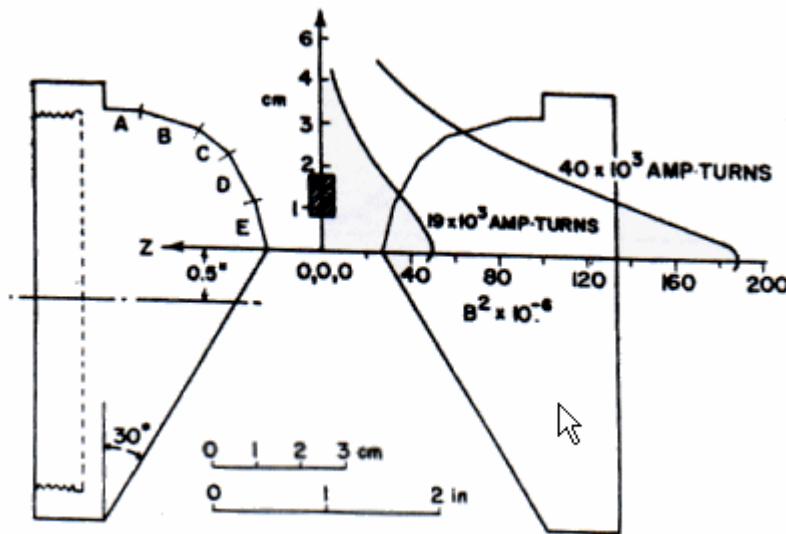
N = numero di spire

S = lunghezza bobina



8. Misura della suscettività magnetica mediante bilancia di Faraday

$$dF = \kappa dv H_x \frac{\partial H_x}{\partial z}$$



Variazioni di peso apparente dovuta alla forza esercitata dal campo magnetico H_x in direzione verticale sull'elemento di volume dv

$$\chi = \kappa / \rho$$

$$\chi = \beta \Delta w/w$$

β calibrazione con sostanza nota