



*Istituto d'Istruzione Secondaria  
Superiore  
"M.BARTOLO"  
PACHINO (SR)*

**APPUNTI DI TDP  
3° ANNO – I MATERIALI E LE LORO PROPRIETA'**

A cura del Prof S. Giannitto

# Classificazione dei materiali

I materiali usati in Elettronica ed elettrotecnica si dividono in :

**Conduttori** quando presentano una elevata conduttività elettrica (che decresce all'aumentare della temperatura la quale fa aumentare il numero di urti degli elettroni contro gli ioni del reticolo e pertanto ne ostacola il loro movimento).

Trovano impiego nelle piste di collegamento, fili, resistori, armature dei condensatori ,ecc..

**Isolanti** quando presentano una bassa conduttività elettrica ed impediscono il passaggio della corrente. Trovano impiego nei dielettrici dei condensatori



# Classificazione dei materiali

**Semiconduttori** quando presentano una conduttività intermedia fra quella dei conduttori e degli isolanti e che cresce all'aumentare della temperatura. Trovano impiego nella costruzione dei circuiti integrati digitali e analogici.

**Magnetici** quando presentano elevate proprietà magnetiche , ossia sono facilmente magnetizzabili e conservano la magnetizzazione. Trovano impiego nei **trasformatori**, **motori elettrici** , generatori , altoparlanti, relè ecc..

# Proprietà elettriche

Le principali caratteristiche elettriche dei materiali sono:

**Resistività  $\rho$**  = esprime la capacità di un materiale di opporsi al passaggio della corrente quando è sottoposto ad una differenza di potenziale.

La **resistività di volume** rappresenta la resistenza misurata fra due facce opposte di un cubo unitario del materiale. La sua unità di misura è l'**ohm\*m** oppure (**ohm\*mm<sup>2</sup>**)/m .

Il suo valore è **influenzato dalla temperatura** e la relazione che lega la resistività alla resistenza è:  $\rho = R * S / L$

S=area della superficie

L= lunghezza

La **resistività superficiale** rappresenta la resistenza offerta al passaggio della corrente da una superficie del materiale lunga un cm e larga altrettanto.



# Proprietà elettriche

La **costante dielettrica relativa**  $\epsilon_r$  è il rapporto tra la capacità  $C$  di un condensatore avente come dielettrico il materiale in esame e la capacità  $C_0$  dello stesso condensatore che abbia come dielettrico il vuoto(o l'aria)

$$\epsilon_r = C/C_0$$

Il suo valore è sempre  $\geq 1$  e rappresenta ,quindi, la proprietà del materiale ad immagazzinare energia elettrostatica.

# Proprietà elettriche

La **costante dielettrica relativa**  $\epsilon_r$  è il rapporto tra la capacità  $C$  di un condensatore avente come dielettrico il materiale in esame e la capacità  $C_0$  dello stesso condensatore che abbia come dielettrico il vuoto(o l'aria)

$$\epsilon_r = C/C_0$$

Il suo valore è sempre  $\geq 1$  e rappresenta ,quindi, la proprietà del materiale ad immagazzinare energia elettrostatica.



# Proprietà elettriche

I materiali isolanti, quando sono soggetti a tensioni superiori ad un certo valore limite, vengono perforati da una scarica elettrica.

La **rigidità dielettrica** rappresenta il rapporto tra la tensione di scarica e lo spessore del materiale. Si esprime in KV/cm e indica il massimo campo elettrico che può essere sopportato dal materiale senza che si manifesti la scarica. Diminuisce all'aumentare della temperatura.

# Proprietà elettriche

**Angolo di perdita** o **Fattore di dissipazione** è un indice della caratteristica degli isolanti che sottoposti ad un campo elettrico alternato, dissipano energia sotto forma di calore. Indica quindi le perdite per dissipazione.

Più è alto, e maggiore è l'energia dissipata, più è piccolo, e tanto migliore risulta l'isolante.

I valori dell'angolo di perdita dipendono dalla temperatura e dalla frequenza.

**Effetto pelle.** In corrente alternata, la corrente relativa a un generico conduttore non si distribuisce uniformemente nella sezione del conduttore stesso, come avviene in continua, ma tende prevalentemente in superficie.



# Materiali Conduttori

Sono materiali che offrono poca resistenza al passaggio di corrente; sono utilizzati per la costruzione delle parti attive di apparecchiature elettroniche , elettriche ed elettromeccaniche.

**Alluminio** molto diffuso per il suo basso costo e la sua leggerezza. A parità di resistenza il peso di un conduttore di rame è superiore a quello di un conduttore di alluminio, mentre la sezione di un conduttore di rame è più piccola di quella di uno in alluminio. Viene utilizzato come conduttore nelle linee aeree.

**Rame** , tra i metalli non ferrosi , è quello più largamente usato. Dopo l'argento è il migliore conduttore di elettricità. Viene estratto dai suoi minerali (malachite, cuprite e calcopirite) e purificato per via elettrolitica. E' malleabile , duttile e lavorabile con facilità. Viene largamente usato in lega con altri metalli: ottoni, bronzi plastici, costantana, manganina.

# Materiali Conduttori

**Argento**, molto duttile e malleabile, è il migliore conduttore di elettricità. Legato con metalli nobili (oro e palladio), viene usato per l'elevata conducibilità e la resistenza all'ossidazione.

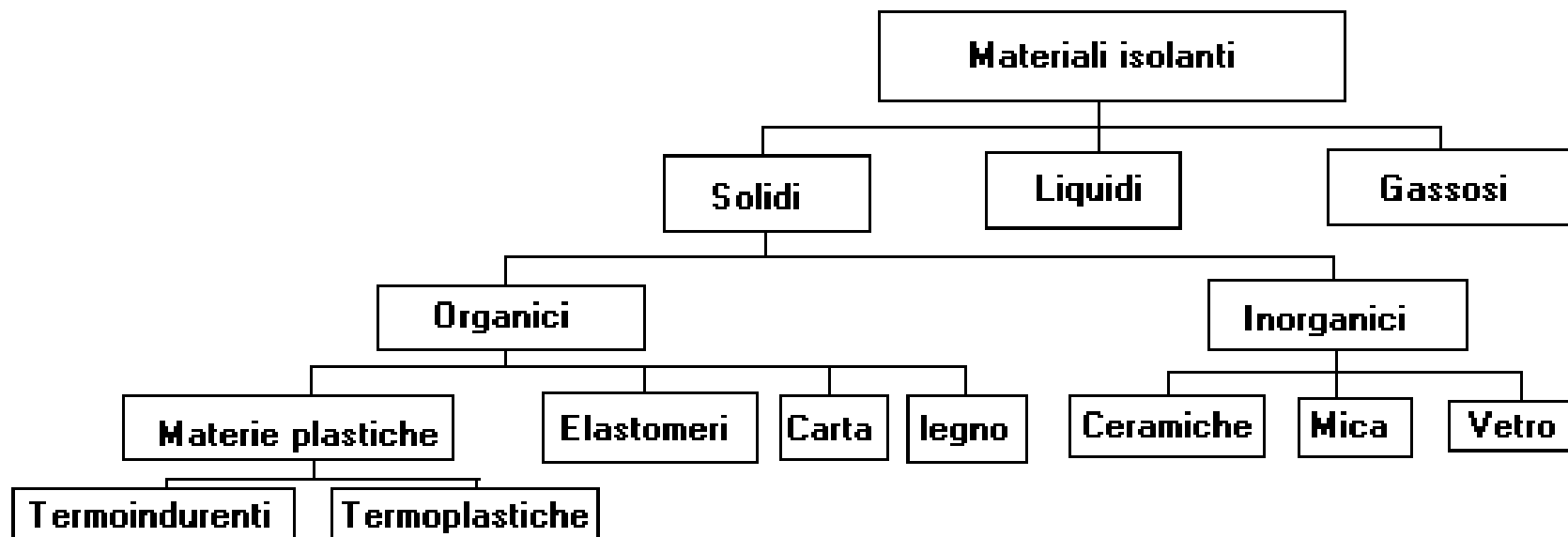
**Oro** ottimo conduttore di elettricità e resistente alla corrosione.

Altri conduttori: **platino, stagno, nichel, tantalio, nichel-cromo**



# Materiali Isolanti

Sono materiali che impediscono il passaggio della corrente elettrica e sono divise in diverse categorie a seconda della loro struttura e delle loro proprietà. Possono trovarsi nello stato gassoso, liquido o solido.



# Materiali Isolanti

Gli **Elastomeri** sono sostanze gommose che possono essere allungate fino ad almeno il doppio della loro lunghezza a riposo e poi tornare nelle loro condizioni iniziali. Sono usate per guarnizioni, elementi ammortizzanti, rivestimenti di cavi, ecc. e si distinguono in **gomme naturali e sintetiche**.

Le materie plastiche, dette anche **resine sintetiche**, si suddividono in :

**1. Resine termoindurenti:** raggiunta la forma definitiva, diventano rigide e non possono essere rifuse o sciolte con solventi:

Tra queste ricordiamo le **resine epossidiche** e quelle al **silicone** usate per l'incapsulamento e il rivestimento di componenti elettronici.

**2. Resine termoplastiche**



# Materiali Isolanti

**Le resine termoplastiche** con l'aumento della temperatura diventano plastiche e quindi lavorabili (per stampaggio); a freddo riassumono poi le caratteristiche meccaniche iniziali, possono cioè essere rifuse più volte e assumere dopo il raffreddamento forme diverse.

Vengono usate per l'isolamento di trasformatori, cavi TV e ad alta frequenza e il rivestimento di alcuni condensatori.

- **Resine acriliche** che presentano elevata rigidità e alta resistività (plexiglas).
- **Cloruro di polivinile (PVC)** usato in forma flessibile per il rivestimento di conduttori, in forma rigida per tubi da incasso
- **Teflon** di ottime prestazioni alle alte temperature e alle alte frequenze (sotto forma di nastri, pezzi stampati, ecc.)
- **Polietilene** usato come isolante per cavi coassiali, come dielettrico nei condensatori e nelle pellicole.
- **Policarbonati** di buone proprietà.

# Materiali Isolanti

La **Carta** viene utilizzata per l'isolamento dei cavi ad alta tensione e come dielettrico nei condensatori. Le sue proprietà dielettriche sono discrete e il suo valore di rigidità dielettrica può essere aumentato impregnandola con oli e miscele.

Il **Vetro** oltre ad essere un buon isolante , è anche impermeabile ed inattaccabile dagli acidi. La sua conducibilità è piuttosto bassa.

La **Mica** , costituita da silicati di alluminio e potassio, presenta buone caratteristiche meccaniche ed elettriche anche con tensioni elevate e alte frequenze. Usata , sotto forma di sottili lamelle , come dielettrico nei condensatori è l'elemento base per la realizzazioni delle **micaniti** e del **micalex**.



# Materiali Isolanti

I **materiali ceramici** sono utilizzati per la costruzione di isolatori, morsetti, supporti di resistenze, come dielettrico nei condensatori ed alcuni esempi sono la porcellana, i composti del titanio e del berillio, la steatite, l'allumina. Le loro caratteristiche sono:

- buona conducibilità termica;
- attitudine a essere ridotte in varie forme;
- elevato punto di fusione
- costante dielettrica medio-alta;
- attitudine a essere rivestiti o metallizzati.

# Materiali Isolanti

Tra gli **isolanti gassosi** ricordiamo l'**azoto** e l'**anidride carbonica** usati, sotto pressione, come isolanti nei cavi elettrici ad alta tensione ed in alcuni tipi di relè.

Gli **isolanti liquidi** sono principalmente **oli**, minerali e sintetici.

Gli oli di tipo fluido sono utilizzati nei trasformatori per dissipare il calore prodotto e negli interruttori di potenza. Gli oli di tipo viscoso sono invece impegnati per impregnare la carta usata come isolante nei cavi elettrici o come dielettrico nei condensatori.

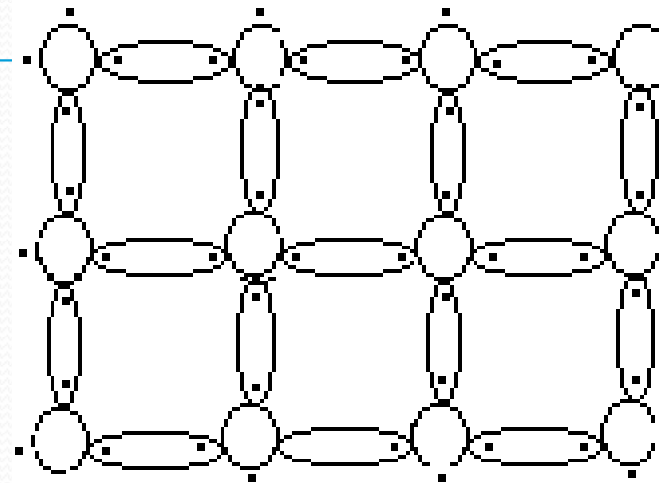


# Semiconduttori

I semiconduttori hanno un comportamento intermedio fra quello dei conduttori e quello degli isolanti.

I principali semiconduttori sono : il **silicio** (Si) , il **germanio** (Ge) e l'**arseniuro di gallio** (GaAs).

Negli atomi di Si e di Ge il livello energetico più esterno contiene quattro elettroni e per raggiungere l'ottetto elettronico, tende ad acquistarne altri quattro.



Ogni atomo di Si o di Ge mette in compartecipazione i suoi quattro elettroni più esterni formando quattro legami covalenti come si può vedere nella struttura cristallina in cui ogni atomo si lega (mediante i quattro legami covalenti) con altri quattro atomi uguali.

# Semiconduttori

*I semiconduttori sono caratterizzati dall'avere una banda proibita relativamente stretta e, già a temperatura ambiente, un certo numero di elettroni salta dalla banda di valenza a quella di conduzione.*

Quando un elettrone si libera passando nella banda di conduzione lascia un posto vuoto definito buco o **lacuna**, che verrà occupato prima o poi da un altro elettrone che passa nelle vicinanze, ripristinando così il legame covalente. Per cui:

- quando un elettrone passa dalla banda di valenza a quella di conduzione si forma una coppia Elettrone-lacuna (**generazione**)
- quando un elettrone libero ricade nella banda di valenza si ha la scomparsa di una coppia (**ricombinazione**).



# Semiconduttori

In un semiconduttore si ha una continua generazione di coppie elettrone libero - lacuna e contemporaneamente la ricombinazione.

Il numero di coppie può :

- aumentare nel tempo (la generazione predomina sulla ricombinazione)
- diminuire nel tempo (la ricombinazione predomina sulla generazione)
- rimanere inalterato nel tempo (ricombinazione e generazione si equilibrano).

*La concentrazione delle coppie elettrone-lacune aumenta con l'aumentare della temperatura in quanto la generazione predomina sulla ricombinazione al crescere della temperatura.*

Ma l'aumento della generazione fa aumentare anche la ricombinazione per cui si arriva ad un nuovo stato di equilibrio caratterizzato però da una maggiore concentrazione di coppie

# Semiconduttori

Analogamente se facciamo diminuire la temperatura il nuovo stato di equilibrio avrà un minore numero di coppie elettrone-lacune.

L'elettrone libero e la lacuna vengono definiti **portatori di carica** e possono muoversi all'interno del materiale trasportando con sé la carica elettrica posseduta. ( $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $q_p = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ).

Se l'elettrone si sposta in un senso andando ad occupare posti vuoti, le lacune si postano in senso opposto.

*La resistività di un semiconduttore è legata alla concentrazione dei portatori di carica, sia elettroni liberi che lacune; in particolare essa diminuisce con l'aumentare di dette concentrazioni ossia con l'aumentare della temperatura a differenza dei conduttori in cui la resistività aumenta.*



# Semiconduttori

Infine, con il termine **drogaggio** intendiamo l'operazione di aumento della concentrazione di elettroni liberi (drogaggio di **tipo n**) o delle lacune (drogaggio di **tipo p**), causando in tal modo una forte diminuzione della resistività del semiconduttore.

Il drogaggio con atomi trivalenti (atomi accettori: alluminio, boro, gallio, indio) provoca un aumento delle lacune e viene denominato drogaggio di tipo p.

Il drogaggio con atomi pentavalenti (atomi donatori: fosforo, antimONIO) provoca un aumento degli elettroni (portatori maggioritari) e viene denominato drogaggio di tipo n.