



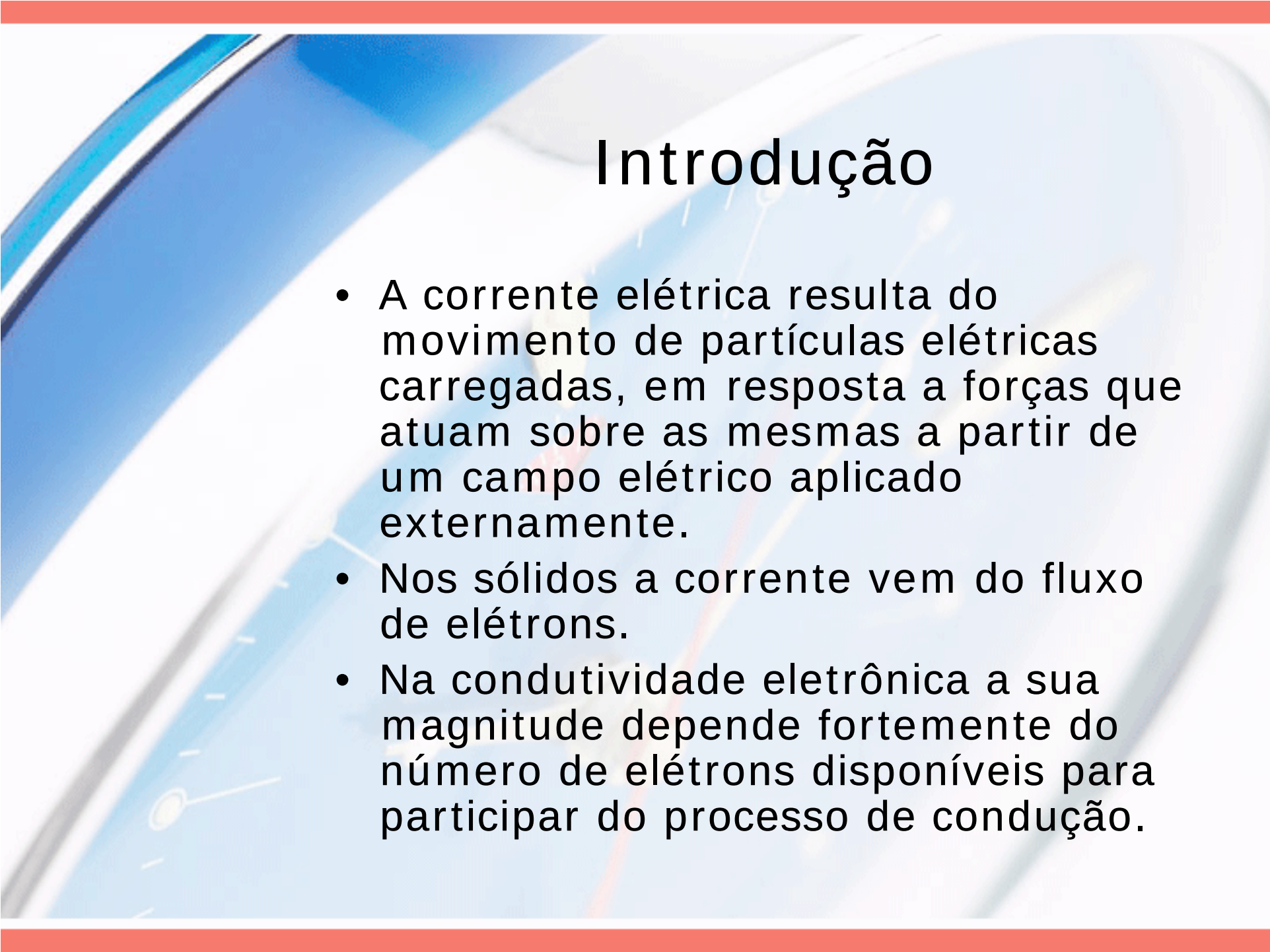
MATERIAIS SEMICONDUCTORES

Prof.: Sheila Santisi Travessa



Introdução

- De acordo com sua facilidade de conduzir energia os materiais são classificados em:
 - Condutores
 - Semicondutores
 - Isolantes



Introdução

- A corrente elétrica resulta do movimento de partículas elétricas carregadas, em resposta a forças que atuam sobre as mesmas a partir de um campo elétrico aplicado externamente.
- Nos sólidos a corrente vem do fluxo de elétrons.
- Na condutividade eletrônica a sua magnitude depende fortemente do número de elétrons disponíveis para participar do processo de condução.

Estruturas de Bandas de Energia em Sólidos

- O número de elétrons disponíveis para condução em um material específico está relacionado ao arranjo dos estados ou níveis energéticos ocupados por esses elétrons.
- Na maioria dos átomos os elétrons preenchem apenas os níveis de energia mais baixa.
- Elétrons de valência são aqueles que ficam nas camadas ocupadas mais externas. São importantes porque participam das ligações entre os átomos e influenciam em várias propriedades físicas e químicas dos sólidos.

Estruturas de Bandas de Energia em Sólidos

- Quando vários átomos são aproximados para montar uma estrutura cristalina os elétrons de um átomo interagem com elétrons de átomos vizinhos, e esta influencia é tal que cada estado atômico se divide em uma série de estados pouco espaçados, formando o que é chamado de banda eletrônica de energia.

Estruturas de Bandas de Energia em Sólidos



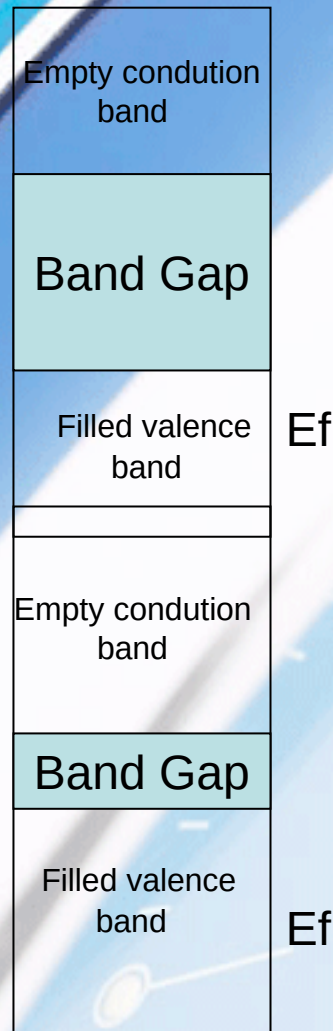
- Quatro estruturas diferentes de bandas eletrônicas são possíveis nos sólidos a 0K.
- Na primeira a camada mais externa é apenas parcialmente preenchida. A energia correspondente ao mais alto estado de energia ocupado a 0K é chamada de Energia de Fermi (E_f).
- Esse tipo de estrutura é típica de alguns metais, em particular daqueles que tem um único elétron na camada de valência, como o **cobre**.

Estruturas de Bandas de Energia em Sólidos



- Para o segundo tipo de estrutura, também encontrada nos metais, há uma sobreposição de uma banda vazia por uma banda ocupada. O **magnésio** tem esta estrutura.

Estruturas de Bandas de Energia em Sólidos



- As duas estruturas finais são semelhantes; uma banda de valência é completamente preenchida é separada de uma banda de condução vazia.
- Um espaço separa as duas bandas. Elétrons não podem ficar neste espaço. A diferença entre uma e outra está na largura da banda proibida.

Condução em Termos de Bandas Eletrônicas

- Somente elétrons com energia acima da de Fermi podem ser acelerados na presença de campo elétrico.
 - São esses elétrons chamados livres que participam do processo de condução.
 - Outra carga eletrônica chamada lacuna ou buraco, participa do processo de condução em semicondutores.
 - Para um elétron se tornar livre ele precisa ser promovido para um dos níveis disponíveis com energia acima de E_f .

Condução em Termos de Bandas Eletrônicas

- Em isoladores e semicondutores os elétrons precisam receber uma maior energia para passar para banda de condução.
 - *Esse energia é aproximadamente igual ao valor da banda proibida E_g e sua fonte pode ser elétrica, calor ou luz...*
 - *O aumento de temperatura em semicondutores ou isoladores resulta em aumento de energia térmica disponível, que diminui a resistividade dos mesmos.*

Condução em Termos de Bandas Eletrônicas

- Quando um campo elétrico é aplicado os elétrons livres experimentam uma aceleração oposta a do campo, devido a sua carga negativa.
 - Devido a imperfeições nos cristais, presença de impurezas, vazios, etc...o elétron neste movimento sofre várias mudanças de direção. Existe, contudo, um movimento líquido na direção oposta a do campo.
 - A velocidade de deriva (V_d) é a velocidade média do elétron na direção imposta pelo campo e depende da mobilidade do elétron ($m^2/V.s$) e do campo aplicado (E).
 - $V_d = \mu_e \cdot E$
 - A condutividade na maioria dos materiais pode ser expressa por:
 - $\sigma = n \cdot |e| \cdot \mu_e$,
 - » onde n é o número de elétrons livres, $|e|$ é a carga absoluta do elétron ($1,6 \times 10^{-19}C$) e μ_e é a mobilidade do elétron.

Semicondução Intrínseca

- A banda proibida nos semicondutores a 0K é geralmente menor que 2eV.
- Os dois elementos semicondutores são o silício e o germânio, que tem a largura de banda proibida em 1,1 e 0,7eV.
- Em semicondutores intrínsecos para cada elétron excitado para banda de condução fica uma lacuna, ou no conceito de bandas, um estado é deixado livre.
 - A lacuna tem a mesma carga do elétron, mas de sinal contrário.

Semicondutores Extrínsecos

- Em semicondutores extrínsecos seu comportamento é determinado por impurezas, as quais mesmo em pequenas concentrações, induzem excesso de elétrons ou lacunas.
 - Por ex.: uma concentração de impurezas da ordem de um átomo por 10^{12} é suficiente para tornar o silício extrínseco à temperatura ambiente.

Semicondutor tipo n

- Consideremos um semicondutor de silício, o qual tem 4 elétrons na camada de valência, todos participando de ligações covalentes com quatro átomos adjacentes de silício.
 - Suponha que uma impureza com 5 elétrons na camada de valência (fósforo, por ex.) é propositalmente colocada em substituição a um átomo de silício.
 - Como somente quatro elétrons podem participar das ligações covalentes, um ficará fracamente ao núcleo da impureza e será facilmente removido, tornando-se um elétron livre.

Semicondutor tipo p

- Suponha uma impureza com 3 elétrons na camada de valência (alumínio ou boro, por ex.) é propositalmente colocada em substituição a um átomo de silício ou germânio.
 - Haverá deficiência de 1 elétrons para compor as ligações covalentes, com os quatro átomos vizinhos. Desta forma uma lacuna é gerada.
 - Uma impureza deste tipo é dita aceitadora e apenas um portador de carga, uma lacuna, é criada quando um átomo deste tipo de impureza é introduzido.

Semicondutores

- Semicondutores extrínsecos, tanto do tipo p quanto do tipo n, são produzidos a partir de materiais que são inicialmente de pureza extremamente alta, normalmente com percentual de impureza inferior a $10^{-7}\%$.
 - Concentrações controladas de impurezas específicas (doadoras ou aceitadoras) são adicionadas intencionalmente, através de várias técnicas.