الکترونیک کاربردی

- نیمه هادی‌ها:

نیمه هادی‌ها آرایش اتمی منظمی دارند (حالت کریستالی یا بلوری) مانند: کربن و ...

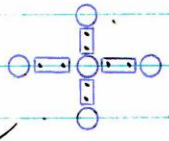
آرایش اتمی سیلیکون $Si: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$

آرایش اتمی ژرمانیم $Ge: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^2$

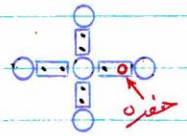
بطور مثال اتم سیلیکون در لایه ظرفیت خود دارای دو اربیتال نیمه پُر و یک اربیتال خالی (از نوع P) می‌باشد.
در این حالت اتم سیلیکون می‌تواند یکی از الکترون‌های «s» خود را به اربیتال خالی منتقل نموده و عملاً در لایه ظرفیت خود چهار اربیتال نیمه پُر را ایجاد نماید.

$3s^1\quad 3p^3$

در این حالت اتم چهار ظرفیتی فوق می‌تواند با چهار اتم دیگر پیوند کووالانسی ایجاد نماید.



لازم به ذکر است که این پیوند خیلی سُست بوده و در اثر گرما به راحتی شکسته می‌شود. در این حالت یک الکترون آزاد شده و بجای آن یک حفره (جای خالی) ایجاد می‌شود.



تذکر:
بار حفره برابر است با بار الکترون ولی با پلاریته مثبت.

- یک نیمه هادی خالص در حالت عادی «دمای متعارفی»:
در این حالت تعداد الکترون‌ها «n_e» و تعداد حفره‌ها «n_p» با هم برابرند.

$$n_e = n_p = n_i$$ «در حالت تعادل»

n_i بستگی به دمای محیط داشته و واحد آن «بر سانتی متر مکعب» می‌باشد.
($/cm^3$ ← تعداد الکترون‌ها یا حفره‌ها)

مثال: $n_e = 1000 \xrightarrow{n_i \text{ واحد}} 1000/cm^3$

- تعریف بازترکیب:
به دام افتادن یک الکترون آزاد در یک حفره خالی را بازترکیب گویند.
تذکر:
بار یک الکترون و حفره با هم برابر بوده و فقط پلاریته آنها با هم اختلاف دارد.

الکترون $e = -1.602 \times 10^{-19}$ کولن
حفره $P = 1.602 \times 10^{-19}$ کولن

- دو عامل در حرکت الکترون‌ها نقش دارد:
① پخش «Diffusion»
② رانش (سوق) «Drift»

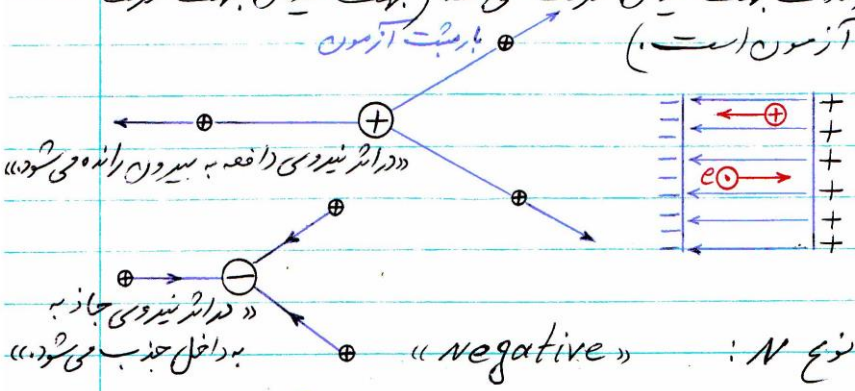
- پخش الکترون:
حاملها از جایی که بیشتر هستند به سمت جایی که کمتر هستند حرکت می‌کنند.
طبق نمودار زیر:
هر چه شیب بیشتر باشد سرعت پخش الکترون بیشتر است.

- سوق (رانش):
سوق یا رانش در اثر میدان الکتریکی ایجاد می‌شود.

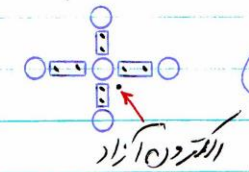
- قانون اثر جرم:
حاصلضرب تعداد حفره‌ها و الکترون‌ها برابر است با مقدار ثابت n_i^2 (در یک مادی خاص)

$$n_e \cdot n_p = n_i^2$$

یادآوری:
الکترون‌ها در خلاف جهت میدان حرکت می‌کنند. (جهت میدان جهت حرکت بار مثبت آزمون است.)



- نیمه‌هادی نوع N: «negative»



یک اتم (ناخالصی) با ظرفیت بالاتر (پنج ظرفیتی) که یک الکترون آزاد اضافه دارد.

N_D: تعداد اتم‌های ناخالصی در واحد حجم. (doppingg = ناخالصی)
n_{n_0}: تعداد الکترون‌ها در حالت تعادل در نیمه‌هادی نوع N
P_{n_0}: تعداد حفره‌ها در حالت تعادل در نیمه‌هادی نوع N

$$n_{n_0} \simeq N_D$$

در حالت تعادل

④

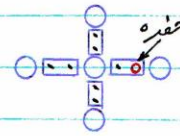
$$\text{قانون اثر جرم} \Rightarrow n_{no} \cdot p_{no} = n_i^2 \Rightarrow \begin{cases} p_{no} = \dfrac{n_i^2}{n_{no}} \\ n_{no} \simeq N_D \end{cases} \Longrightarrow$$

$$\boxed{p_{no} = \frac{n_i^2}{N_D}}$$

یادآوری:

حالت تعادل ← p_{no} ← نوع حامل بار
نوع نیمه هادی

- نیمه هادی نوع p: «positive»



یک اتم (ناخالصی) با ظرفیت پایین‌تر (سه ظرفیتی) مانند: اتم بور، آلومینیوم و...

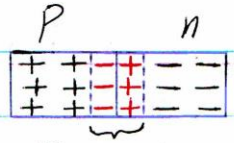
$$\boxed{p_{p_0} \simeq N_A}$$ حفره نیمه هادی نوع p در حالت تعادل

$$\boxed{n_{p_0} = \frac{n_i^2}{N_A}}$$ الکترون نیمه هادی نوع p در حالت تعادل

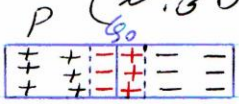
N_A: تعداد اتم‌های سه ظرفیتی پذیرنده

- تذکر:

① اتم‌های سه ظرفیتی را اتم‌های پذیرنده و اتم‌های پنج ظرفیتی را اتم‌های بخشنده می‌نامند.
② نیمه هادی نوع n یا نوع p از نظر الکتریکی خنثی هستند.



ناحیه تخلیه همانند یک خازن می باشد که یکطرف آن بار مثبت و طرف دیگر آن بار منفی ایجاد شده است درنتیجه در بین آنها میدان الکتریکی ایجاد می شود که جهت میدان از مثبت به منفی می باشد (چون جهت میدان، جهت حرکت بار مثبت آزمون می باشد)



«جهت میدان الکتریکی در ناحیه پیوند»

تذکر:

جهت جریان در حفره های اکثریت (در اثر پخش) از P به n «⟶» و جهت جریان اقلیت مثبت (در اثر سوق) از n به P «⟵» می باشد.

$$(\varphi_0 \text{ یا }) \gamma_0 = V_T \cdot \ln \frac{N_A \cdot N_D}{n_i^2}$$

$$V_T = \frac{k \cdot T}{q} \simeq 26 \text{ mV} \qquad (27^{\circ}C)\ 300^{\circ}K$$

γ_0 (φ_0): ماکزیمم میدان الکتریکی یا پتانسیل درون ساخته «برحسب ولت V»

V_T: ولتاژ ناحیه تخلیه (T یعنی به دما بستگی دارد)

مقدار عدد V_T معمولاً داده می شود.