

- organisch & Kohlenwasserstoff
- Holzkohle -
 - Kegierung: Einzelne Elemente sind Holzkohle
 - Verbindung: ->- keine Holzkohle, verbindet mit

1.1.1 Holzkohlebasen



- Elementares Hc
- Hc Kegierungen
- Verbindungs Hc
- Hc ist fiktiv zu niedrige Temperatur \rightarrow kalt & elkt. Isolator
 - \rightarrow Wärme elkt. fehler
- Hc haben Elektronenpaarbindungen \Rightarrow Kovalente Bindungen

\hookrightarrow Hybridisierungsmödell:
a) Kovalente Bindung \Rightarrow sp²: Hybridisierung dominiert die organ. Hc
b) \rightarrow -sp²: Hybridisierung dominiert die org. Hc

1.12 Silizium: Die Matrikel der modernen Microelektronik

- 17.04.18

- CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor $\Rightarrow NPNP$
- Litmatrik: 95% Si-Basis, 90% CMOS

80% aller Bauelemente sind Transistoren

Von 10% wird 1% weiterhin im HLT verbraucht

* Element 3: so dominant? \Rightarrow 2. Häufigste Element ist SiO_2 (Sand)

300g Atom & Gallium $\Rightarrow 4-5\text{ kg}$ \Rightarrow Volumen für 1kg
ca. 3000x erreichbar
1 kg Si $\Rightarrow < 10\text{ g}$

* Transistor spielt nicht eine dominante

\Rightarrow 5 Gründe:
1) Si ist Element Nr. \rightarrow leicht Substratherstellung / Wafer

2) Si wie Sand aus Natur kostengünstig, unangreifbare Verfügbarkeit

3) Si in großem Bereich duktibel ($10^2 - 10^{10} \frac{\text{A}}{\text{cm}^2}$)

4) Si ist leitfähig

5) Si Verbindung mit SiO_2 ist perfekter Isolator \Rightarrow MOS-FET Technologie

- Bipolartransistor: 2 Ladungsträger $\Rightarrow e^- \& h^+$

- Unipolartransistor: 1 Ladungsträger

- 1 cm^2 Metall sind 10^{22} Atome \Rightarrow dichten $10^{17} - 10^{19} (10^{17} - 10^{20}) \frac{1}{\text{cm}^2}$ \Rightarrow 10^7 ist schnell (n)

1.2.2 Arbeitsweise des Computer

29.04.-18

- Das Binärsystem & der Transistor

→ HMI & GDP

$$1) M = \{1, 2, 3, \dots\}$$

$$2) \text{ Verknüpfung } \oplus, \text{ additive Multiplikativität } \odot \quad a \oplus b \rightarrow c \quad a \odot b \vee \text{ auf entzweigering} \\ \text{ } \quad a \oplus b \vee \text{ mit} \\ \hookrightarrow \text{ Man braucht Invers & damit Neutral Element: } a \oplus a = 0 \quad b \odot a = a \odot b = a \\ 4 \in \mathbb{Z} \quad 4 \in a$$

3) Gruppe, Ring, Körper

4) $\Omega \rightarrow \mathbb{R} \rightarrow \text{Gesetz Folge}$

$$5) \sqrt{b} \in ? \quad b \neq 0 \quad a_1 \cdot a_2 = b \rightarrow \sqrt{a_1} \cdot \sqrt{a_2} = \sqrt{b}$$

$$\Rightarrow C: z = a + ib \quad a, b \in \mathbb{R} \quad \text{Re}(z) = a \quad \text{Im}(z) = b \\ \rightarrow \text{Re}(z) \& \text{Im}(z) \text{ vernünftig sind nicht, bleiben durch die Einheit } i \in \mathbb{C} \text{ gebremst}$$

$$6) \text{ Es gibt reellen Zahlen } y = a + ib + ka \quad \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{y}, \quad a, b, k \in \mathbb{R}$$

$$7) \{M\} \quad f: M \rightarrow N \quad (W)$$

Gruppe: Mengen
mit einer
Verknüpfung

Ring: Mengen
mit multiplikativer
Additiver
Verknüpfung

Körper:
Alle Rechenregeln
können angewandt
werden

- Computer

$$\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{B}$$

Beweis: \mathbb{B} - Biquintale

$\mathbb{B} = \{0, 1\}$: Grund / elementar, 3. Homo: Abstrakt

- Dimensionale
- Kompatibilität

Morphie: Struktur

$$\Rightarrow a, b \in \mathbb{R} \quad b \neq 0 \neq c$$

$$\left. \begin{array}{l} f(a) = a_1 \\ f(b) = b_1 \end{array} \right\} b_1 \neq b_2 = \tilde{b} \quad \Rightarrow \quad c = f(\tilde{b})$$

$$\text{B1: } b_n = \sum_{i=1}^{\infty} x_i \cdot 2^i \quad x_i \in \{0, 1\} \quad \Rightarrow \quad z_0, z_1, \dots, z_n, z_{n+1}, z_{n+2}, \dots, z_k \quad \text{B1-M01}$$

→ Algebra auf der Menge \mathbb{B} der Biquintale = Boolesche Algebra (Logik)

z.B. 11000

011001

- NAND



$$f(x) = 0 \quad \text{A1}$$

$$\begin{array}{c|cc} x & 1 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{array}$$

$$f(x) = 1$$

„Inverter“

Invertiert Ergebnisse



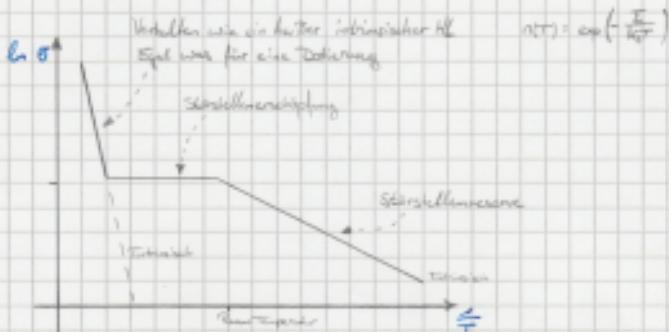
$$f(x) = 0 \quad \text{A1}$$

$$\begin{array}{c|cc} x & 1 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{array}$$

$$f(x) = 1$$

$$f(x) = 1$$

$$\Rightarrow \neg \neg p = p \quad \text{NAND}$$



- 1 Asymptote: $\approx 10^{-12} \text{ A}$
- Transistor im Invert-Muster, $\approx 5 \text{ nm}^2$: Quantenelektronische Emissionsleitung

Abschätzung der Verlustleistung in einem Np-nMOS-Inverter

1. N Transistoren
 2. Pro Takt sind $\left(\frac{N}{2}\right)$ FETs im Off- bzw. On-Zustand
 3. $I_{\text{thd}} = I$
- $\Rightarrow P_{\text{ver}} = \frac{N}{2} I_{\text{thd}} V_{\text{DD}} + N I_{\text{on}} V_{\text{DD}}$

$$\Rightarrow P_{\text{tot}} = \frac{N}{2} I V_{\text{ce}} + N I_{\text{app}} V_{\text{ce}} = \frac{N}{2} I V_{\text{ce}} + N C_e / V_{\text{ce}}^2$$

\rightarrow Eigene aktive Verstärkung von $N & f$ \rightarrow höherer Gleichstrom \rightarrow Effizienzverlusten

\hookrightarrow Lösung: CMOS

2 Durchläufe sind zu einem Komplementar, wenn der Verlauf der Kontrolle erhalten bleibt, sich jedoch im Vorzeichen der Ströme und Spannungen unterscheiden ($+ \rightarrow -$ oder $- \rightarrow +$).

\rightarrow NP-NP Transistor eigentlich breiter als NPN . Grund: Füher bewegen sich zeitlich später (Fähigkeit für Füher zeitiger), bei gleicher Dauer kann NPN schneller fühen \rightarrow wäre nicht mehr Komplementär

$\Rightarrow P_{\text{tot}} = N C_e / V_{\text{ce}}^2$ Ersetzen von N mit CMOS, statischer Verstärkungsmaß $[N_f = N_c]$ hilft wenig \rightarrow CMOS halbier

$\rightarrow \frac{P_{\text{tot}}}{C_e V_{\text{ce}}^2} = N_f + \text{konst.} \rightarrow$ trade-off zwischen N_f & wegen Verlustklärung

$$\text{Power} \cdot \text{Delay}^2 \cdot \text{Produkt: } L_f(N_f) \cdot L(N) \cdot L(I) = L(\text{konst.}) = \text{konst.}$$

SRAM: Static Random Access Memory | Schneller aber teuer

DRAM: Dynamic | Billig aber langsam

Transistor: Verschaltung von PNP & NPN Spalttransistoren

3 PN Übergänge \rightarrow 3 Schaltig Kontakte

- Einmal an, geht nicht mehr aus, erst unipolare Spannung entnehmen \rightarrow 3x3x2x2

- Für Hochspannung: 300kV

Anisotropie: Nicht-kontinuierlich \rightarrow Kristallinen Graphit \rightarrow ledig eine Richtung \rightarrow

Zustände der Elemente

- Einheitslinie: Perlt sich unidirektional, Verkürzung der Atome, Nach- & Fortordnung möglich
- Polykristallin: In der Nachordnung gesetzt, Fortordnung sehr unregelmäßig
- Amorph: Keine wirkliche Struktur

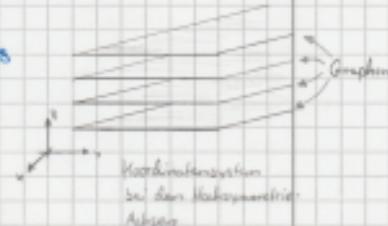
Stromrichtete im Graphit

→ Einheitslinie Graphit fließt nur in einer Richtung

→ $\vec{j} \cdot \sigma \cdot \vec{E}$ gilt nicht mehr

→ $\vec{j} = \hat{\sigma} \cdot \vec{E}$, Leitfähigkeit als Tensor

$$\hat{\sigma} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$



* Gravitation: $\frac{\vec{F}_G}{T_G} = G \frac{M_1 M_2}{|r_{12}|^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{|r_{12}|}$



Bewegte Atom Anziehung

* Coulombkraft: $\vec{F}_C = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2} \cdot \frac{q_1 q_2}{|r_{12}|} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{|r_{12}|}$



Atom eingelenkt
 \vec{r}_{12}^{app}

→ Verzerrung: C-Kreise von Atomkern nach Planeten vom Abstand zur Sonne zu Nach Hooke's Elastizitäts

Spektralanalyse: Jedes Element sendet charakteristisches Spektrum aus

Behrches Atommodell für Wasserstoff (Erstes Atom)

Système:

Mikro- : Max. 3 Teile
Meso- : 100-1000 Teile
Makroskopisch : > 10000 Teile



$$\vec{F}_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2} \cdot \frac{q_1 q_2}{|r_{12}|^2} \cdot \vec{r}_{12}$$

$$q_1 = +q \quad q_2 = -q \quad \vec{r} = \vec{r}_{12}$$

$$\vec{F}_{C,12} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2} \cdot \frac{q^2}{r_{12}^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{|r_{12}|^2} \Rightarrow |\vec{F}_{C,12}| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2} \cdot \frac{q^2}{|r_{12}|^2}$$

$$E_{kin} = E_{pot} + E_{int} = \frac{1}{2} m v^2 + E_{pot} = \frac{h\nu}{2\pi r} + E_{pot}$$

$$\vec{p} = m \vec{v}$$



$$W = \int \vec{F}(x) dx$$

Wirkliches Feld \vec{F}
 $\vec{F}(x_1) \rightarrow \vec{F}(x_2) = 0$

2. Konservativ falls: $\int \vec{F}(x) dx = 0 \Leftrightarrow \vec{F}(x) = -grad V(x) = -\vec{V}(x)$

$$\vec{F}_C(r) = -q \vec{a}_{\text{ext}} \cdot \vec{T}_{\text{ext},C}$$

$$\Rightarrow T_{\text{ext},C} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_C Q_A}{r^2} \quad \Rightarrow \vec{T}_{\text{ext},C,r} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{q}^2}{|r|^3} \vec{r}$$

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad |r| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\vec{F}_C(r) = \begin{pmatrix} \frac{\partial E_C}{\partial x} \\ \frac{\partial E_C}{\partial y} \\ \frac{\partial E_C}{\partial z} \end{pmatrix} \quad E_{\text{ext},C,r} = \begin{pmatrix} \frac{\partial E_{\text{ext},C}}{\partial x} \\ \frac{\partial E_{\text{ext},C}}{\partial y} \\ \frac{\partial E_{\text{ext},C}}{\partial z} \end{pmatrix}$$

$$\vec{F}_L = \vec{F}_{\text{ext}} + m\vec{a} \quad \text{mit } a = \frac{v}{r} \quad \text{Annahme: } \vec{v} \text{ konstant gleichf\ddot{a}dig auf Kreisbahn}$$

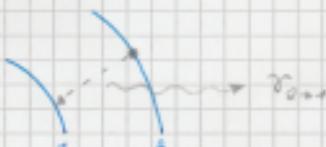
$$\Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} + m\frac{v^2}{r}$$

$$\approx \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r}$$

$$\Rightarrow E_{\text{pot},r} = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r} + \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r}$$

$$\hookrightarrow E_{\text{pot},r} = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r}$$

(L+1,2)



$$E_{\text{kin},r} = E_{\text{kin},z} \cdot E_{\text{kin},r} = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q^2 \left(\frac{v^2}{r^2} - \frac{1}{r^2} \right) \quad \left[-\frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q^2 \left(\frac{1}{r_p} - \frac{1}{r_i} \right) \right]$$

$$\Rightarrow E_{\text{kin},r} = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q^2 \left(\frac{1}{r_p} - \frac{1}{r_i} \right)$$

→ Welche sind alle Drehmomente erlaubt → Also erfüllt das "Belegungen"?

→ $E_{\text{kin},r}$ - welche Frequenz bzw. Wellenlänge ist das?

Amplitude \propto Intensität

Energie einer Elektromag. Welle bestimmt durch $A^2 \propto$ Intensität & Frequenz

Nutzung der Erkenntnisse zum äußeren photoelektr. Effekt:

$$I_{\text{phot}} = h \cdot f_{\text{phot}}$$

$$c = \lambda \cdot f$$

In der Natur: es kann sich von Welle oder Teilchen handeln

De Broglie: Doppelcharakterwirkung

Planck'sches Wirkungsquantum: $[h] \cdot 1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} \cdot 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$

$$h = \frac{mv\lambda}{c}$$

Drehimpuls: $L = \vec{r} \times \vec{p}$

Gleichförmige Kreisbewegung: $\Rightarrow \vec{r} \perp \vec{p} \Rightarrow |L| = \text{konst}$

\Rightarrow Was sind Quanten? Das kleinste mögliche Maßnahm einer anderen Größe

Z.B. Licht ist quantisiert \Rightarrow Photon: Quant

Bors 3. Produkt:

$$\frac{2\pi m r^2}{\hbar^2} \sinh$$

nach

$$2\pi r = n \frac{\hbar}{p} \quad p = \frac{\hbar}{2r} \Rightarrow 2\pi r = \frac{\hbar}{2r}$$

$$\text{konst} = n \frac{\hbar}{2r} \quad \Rightarrow \frac{\hbar}{2r} \text{ Dreh. Konstante}$$

$$\Rightarrow r_n = \sqrt[n]{\frac{\hbar^2}{4\pi^2 m g_{\text{K}}} \cdot \frac{1}{n^2}} \Rightarrow r_n = n^{\frac{1}{2}} r_1$$

$$\Rightarrow r_1 = 0.0524 \text{ nm} \approx \text{Bohrscher Radius}$$

$$f_{\text{trans}} = \frac{1}{24\pi r_1} \frac{q^2}{4} \left(\frac{m_1^2}{m_1^2 + m_2^2} + \frac{m_2^2}{m_1^2 + m_2^2} \right) \cdot \frac{m_1 m_2}{(m_1 m_2)^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Frequenz nicht so gut mit schwereren Atomen, zu klein für H₂, sonst nicht

Bohrsche: Abstand der Bohrschen

- Durch Überlappung des Bohrschen Raumtrennt sich ein Elektronenraum auf = Energieniveau

- Pauli-Prinzip: Jeder Zustand ist nur durch 1 e besetzbare (oder Platz für 2 e)

- e⁻ und Bohr erzeugt mag. Dipolmoment

\hookrightarrow nur einsichtung eines 3-D-Feldes \Rightarrow Propulsionsfähigkeit

- e⁻ an sich benötigt auch ein mag. Dipolmoment (Spin)

- Erwartete: Nicht nur eine Kreisbahn sondern ganze Schale davon

- Schalen: Elektronische Quantenzahlen können voneinander unterscheiden (z.B. Spin, Drehimpuls)
- Pauli-Prinzip: Es gibt keine 2 Elektronen, welche „zeigen“ die gleichen Quantenzahlen

- Bindungsstellen: Atompaar \rightarrow Elektronenpaar \rightarrow Van der Waals (Dipol-Dipol)

3. Metalle, metallische Bindungen und Ohms Gesetz

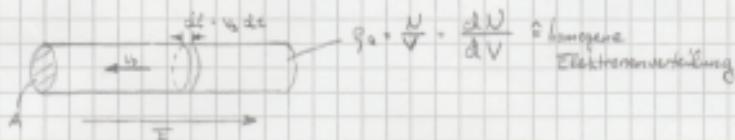
- Metalle werden nach Dichte klassifiziert (Leicht- / Schwermetall)
- Metallische Bindung bilden Kristall mit freiem St im Gitter + hole o.
- Im Metall Stromfluss, am Gitter + an Grenzflächen & Störstellen (Verunreinigung)

Das Ohm'sche Gesetz:

$$F = m \cdot a = -qE \Leftrightarrow a = -\frac{qE}{m}$$

$$V_0 = \int_0^L \nu_{00} dt \cdot \frac{L}{a} \quad \text{mit } \nu_{00} = at = -\frac{qE}{m} t$$

$$\Rightarrow V_0 = -\frac{qE}{m} \int_0^L t dt = -\frac{qE}{m} \cdot \frac{L^2}{2} = -\frac{qEL^2}{2m}$$



Im Zylinderquerschnitt kann Strom $I = j \cdot A$ durch die Fläche A . Das entspricht der Ladungsmenge: $dQ = q \rho_0 v_0 dt \cdot dA$. Es fließt der Strom / die Stromdichte: $I = \frac{dQ}{dt} = q \rho_0 v_0 A$ / $j = \frac{I}{A} = q \rho_0 v_0 \cdot H_2$

$$v_0 = -\frac{qE}{2m} \stackrel{\text{Von } E = -\mu E \text{ folgt}}{=} j = q \rho_0 \mu E \quad \text{mit } \rho = q \rho_0 \mu \stackrel{\text{Durchlässigkeit}}{=}$$

$$\Rightarrow j = \sigma E \stackrel{\text{Ohm'sches Gesetz}}{=}$$

Berücksichtigung der Leitungsgeometrie

Sei L die Länge des Leiters $\Rightarrow E = \frac{V}{L}$ Spannung die über L verteilt

$$\Rightarrow j = \sigma E = \frac{I}{A} = \sigma \frac{V}{L}$$

$$\Rightarrow V = \frac{1}{\sigma} \frac{I}{A} \cdot L = R \cdot I \quad R \stackrel{\text{Ohm'scher Widerstand}}{=}$$

$$\Rightarrow R = \frac{1}{\sigma} \frac{L}{A} = \frac{q}{\sigma} \frac{L}{A} \quad \frac{q}{\sigma} \stackrel{\text{Sättigungsleiter}}{=}$$

- Im Mittell gibt jedes Atom ϵ_1 & ϵ_2 ab \rightarrow dann Fermi-Zone / Fermi-Energie ab

- Periodische Anordnung, in der Struktur niedrigste Energie \rightarrow Coulomb-Kräfte

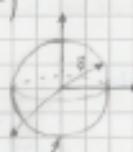
Experiment: ΔE in einem so großen Volumen

$E_{\text{ges}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} \Rightarrow$ Keine Potentielle Energie da nur ΔE , kein externes Objekt die wechselwirkende Kräfte aufnehmen können

$$\Rightarrow E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2m} (p_x^2 + p_y^2 + p_z^2)$$

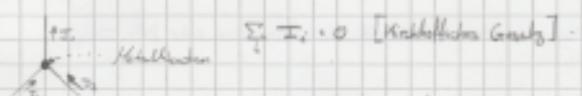
$$2m E_{\text{kin}} = \underbrace{\text{Kinetik}}_{\text{Kugelflächen}} = p_x^2 + p_y^2 + p_z^2$$

Kugelflächen



Volumen δV mit der elektrischen Ladung
für mechanische Energien
 \Rightarrow Alle Richtungen gleich \Rightarrow isotrop

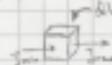
\rightarrow Die „Löcher“ in der Impulskugel im Kupfer Atom sind die Form der Kristallgitter



$$\text{Kontinuitätsgleichung: } \frac{\partial I_i}{\partial t} + \frac{\partial J_i}{\partial x_i} = 0$$

$$\frac{\partial I_i}{\partial t} = 0 \quad \Rightarrow \quad 0 = 0 = 0$$

$$\text{Divergenz: } \nabla \cdot \vec{J}_i = \frac{1}{c} \frac{\partial I_i}{\partial x_i} = 0$$



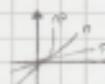
Schottky Wirkfeld Einführung

c' diffundieren
im Metallkörper
 \Rightarrow Fick'sche
Gesetz

$$n = n_0$$

$$n = n_0$$

$$n = \frac{n_0}{M}$$



$$n = n_0$$

$$n = \frac{n_0}{M}$$



- Quelle für Löcher & Senke für c'

- Im ersten Moment klaffen Risse \rightarrow aus, vom Außen klaffen c' rein [Kontinuitätsgleichung]

- E-Feld kann sich auf ... hängt an zu wechseln

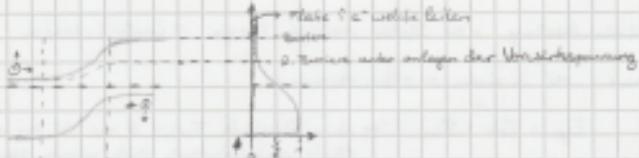
$\approx \frac{1}{2} k_B$ Flüssigkeitsarbeit

\rightarrow TLE ist Max. Größe eines Tiefs \Rightarrow E-Aktiv.

- Rückwirkung: In der RKE kommt es zu einer c' - akt. \rightarrow generation, da 200% entstehen

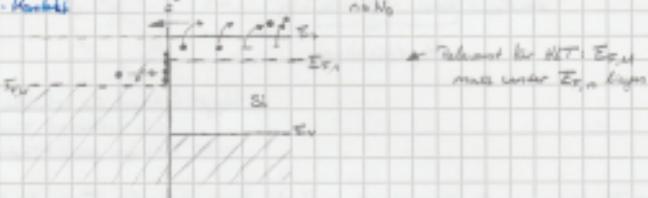
diese, das aktive E-Feld trennt diese sofort

Während esp. Kinetik beim Verstärkungsfall?



→ Strom nimmt langsam zu →

Schottky-Metall



- e^- im Metall haben effektiven Druck, können aber nicht in das n -dotierte Si \rightarrow
- e^- aus dem Si kann ins Metall fließen und haben eine sehr hohe Energie.

- Schottky Kontakt haben nach Rückwärtsstrom, da "e-k" in der RÜZ generiert werden
- Durchlassspannung 0.3V, bei normaler Dichte 0.7V, bei Schottky nur halb so groß weil RÜZ nur halb so groß ist [Feld klein]

03.07.18

MOSFET (symmetrisches Bauelement)

- Durch Erhöhung der Dotierung wird Barriere kleiner (≈ 10 nm)



200 nm Distanz

100 nm \rightarrow

100 nm \rightarrow

nm ≈ 10

→ Feldstärke

verändert sich

- Lösung des Schottky-Kontakts am "dicken Transistor"

- Quantenmechanisches Tunneln
(direkter Tunnelbeschleunigung)
 - kleine Tunneldistanz
 - kleine Masse
 - hohe Energie

Quantenmechanisches
Tunneln
(direkter Tunnelbeschleunigung)

erhöht die Leitfähigkeit für Anoden

Bipolartransistor (asymmetrisches Bauelement)

- Basis verhältnist dünner: 20-30 nm
- Unterschiedliche Dotierungen, Emittor (höchste Dotierung), Kollektor (niedrig gestört), Basis (zwischen E & K)

- Bipolartransistor Abgrenzung / MOSFET Symmetrisch

10.07.12

- Bipolartransistor 10-30nm RLC \Rightarrow schnelles Transistor

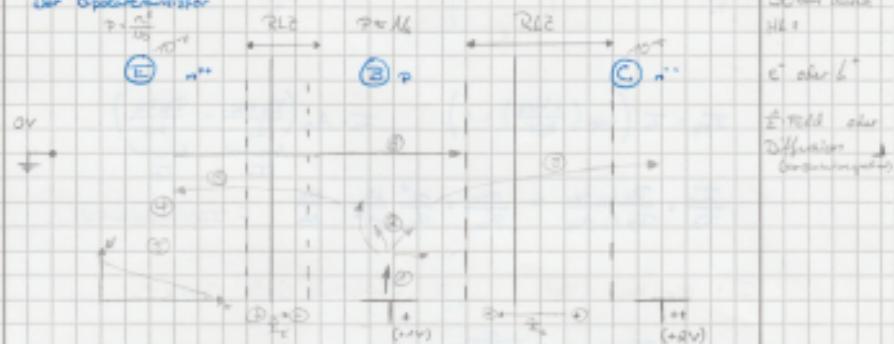
- Inleit - Störung in unteren Zonen \rightarrow mit Platz, der größten Störung

- In Elektronik, nutzt Geistwelle \Rightarrow Bezugspotential 0V / Referenzsignal

↳ Anfrage bei Ende: Durch die Quelle & Senke kann das Potential zu verändern.

\rightarrow Transistor übersteigt, als extern ansteuerbar

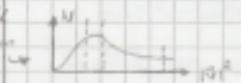
Der Bipolartransistor



① Aus der Basis werden e⁻ abgestoßen \Rightarrow h⁺ werden angelöst

② h⁺ diffundieren „nach oben“, weg vom Anschluss, jede Richtung

Hausfeld
Bildern



- Größe der h⁺ verbleibt in der Basis

- Menge h⁺ kann springen E_{em} aus dem E-Feld zu Substitutionen.

③ Hauptteil der h⁺ bleiben in der Basis, die hoch energetischen h⁺

schaffen es zum Hohlkörper (zu wenig Strom vernachlässigbar), eben mehr h⁺ schaffen es zum Emittor (E_{em} ist auch kleiner)

④ Großteil der h⁺ wird mit e⁻ rekombinieren, klein Teil kommt aus Tropfen vom Bereich [Störung]

⑤ Durch Rekombination entsteht ein Diffusionsstrom (Konzentrationsstrom) an z.B. kleinen (als bei Erde), Konzentration e⁻ an Erde nimmt ab, Erde schickt e⁻ nach Rekombination in B.

⑥ e⁻ werden beschleunigt ∇ kommen am RLC B-C, wegen E-Feld werden sie beschleunigt

\Rightarrow Stromverstärker



↳ hier Schichtverstärkung im Test Case \rightarrow Realität aber weniger



$$I_{T_0} = I_0 \left(\exp\left(\frac{2 \cdot V_{BE}}{k_B T}\right) - 1 \right), \quad I_0 = A_0 \underbrace{\left(\frac{D_n n_{p0}}{L_n} + \frac{D_p p_{n0}}{L_p} \right)}_{I_0}$$

$$\frac{I_{T_0}}{I_T} = \frac{D_n L_p n_{p0}}{D_p L_n p_{n0}} \approx \frac{n_{p0}}{p_{n0}} = \frac{n_L^{-2}}{n_A^{-2}} \frac{W_L}{W_A} = \frac{W_L}{W_A} \stackrel{!}{=} \text{Injektionsverhältnis}$$

$$I_L = N_E \cdot W_A \cdot |I_T| \quad \& \text{? Statistische Größe } 0.6 \times 1$$

$$N_E \stackrel{!}{=} \frac{|I_T|}{|I_T| + I_D} = \frac{1}{1 + \frac{|I_D|}{|I_T|}} \stackrel{!}{=} \text{Injektionsverhältnis}$$

$$\Rightarrow N_E = \frac{1}{1 + \frac{D_p L_n p_{n0}}{D_n L_p n_{p0}}} = \frac{1}{1 + \frac{D_p}{D_n} \frac{L_n}{L_p} \frac{n_{p0}}{p_{n0}}} \quad \begin{array}{l} \text{typische Diffusionslängen} \\ 10\mu \text{m} \longrightarrow 10^{-5} \\ 100-300\mu \text{m} \longrightarrow 1-3\text{ nm} \end{array}$$

- Basisschicht muss kleiner sein als Majoranschichtlänge, sonst funktioniert der TFT nicht

$$w_L \ll L_n \quad \Rightarrow \quad N_E = 1 + \frac{D_p w_L}{D_n L_p} \frac{n_{p0}}{p_{n0}}$$

$$|I_T| = A_0 \cdot D_n \cdot \frac{n_{p0} \cdot 0}{w_L} = 0 \stackrel{!}{=} \text{Fiktives Steigung}$$

$$|I_T| = A_0 \cdot \frac{n_{p0} \cdot w_L}{2} \cdot \frac{1}{L_n}$$

$$\Rightarrow N_E = \frac{|I_T|}{|I_T|} = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{w_L}{L_n} \right)^2$$

- E-Feld mit nicht linearem Verlauf, geht aber zu 100% durch Transistorstrom
 - ↳ E-Felder öffnen nur einen Teil durch Hallleiter, aber eine gewisse Schicht [Fe-Schicht]
 - T-Felder verhindern Rekombination
- An der GaAs-Elektronen wird die Oberfläche moduliert. Wenn es aufsteigt, verbaut sich eine n/p H-L

Fallstriche: E-Feld am Stromfeld modifiziert den Hubble-Grenzflächen [bis zu einer gewissen Tief], dadurch wird Reibungsdrehung aufgeopft & Laufzeiten verlängert und umläuft zum Wert

- Schwerde Verzerrung: wenn δ sehr im Kontr. Bereich steht P-Typ

- Schwerde verzerrung: zu viele δ -> schwere Reibung P-Typ

- Tiefenstruktur Fäll

- Schwerde Interaktion: δ + überzahl

-

- Schwerde Interaktion: δ + zu dominant P-Typ, wodurch U-Typ
[in: kein L-L dann geringe Reibungsfähigkeit]

- Schwerde Verzerrung: Kontr. wird gut leichtig [Zerstörung W-L
W-L am Rand nach geringe Reibungsfähigkeit]

- Alkoholatmation: "Reibungsfähigkeit" ON

- Ohne Gas: konstanter Laufzeitenverlust, erhöhte Reibungsfähigkeit

- Mist: Im ersten TEC, Ohne Gas verlieren

2 Hypothesen:
Im 2-Typ, nicht ohn Gas verlieren [gegenstellen]

-> A-L-B-Schwerde Verzerrung, weniger leichtig

-> Weitere hohe Laufzeitenverluste

=> Weitere Laufzeitenverluste bei D-L