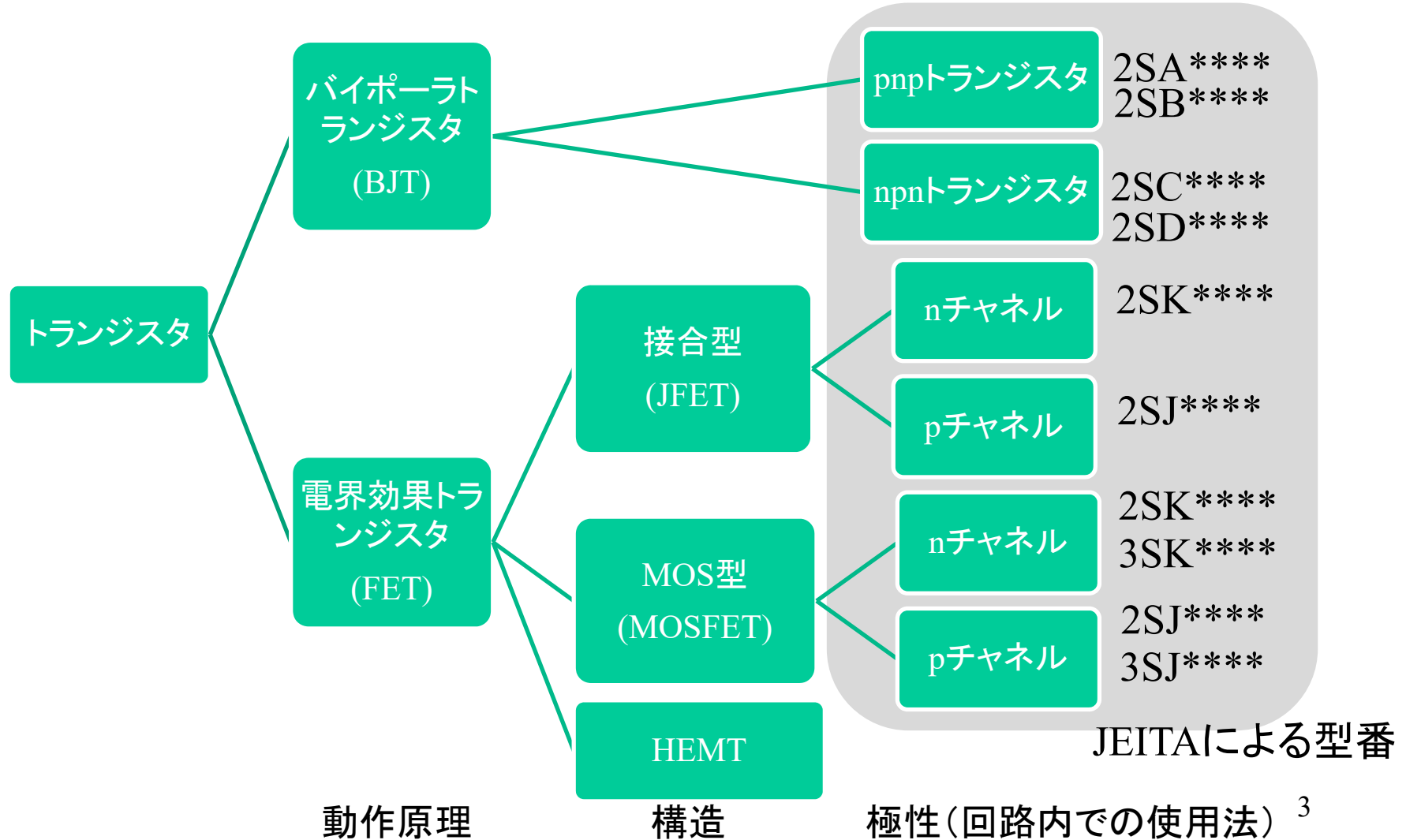


第2章 トランジスタ

Transistor = Trans + Resistor

2.1 トランジスタの種類と機能

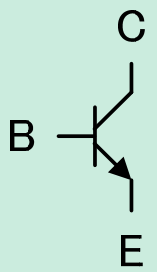
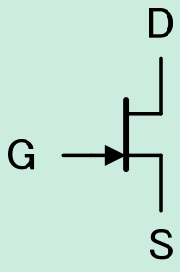
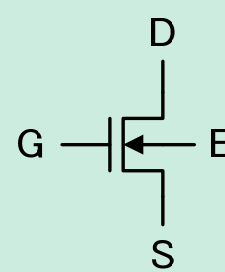
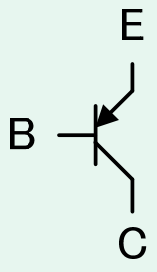
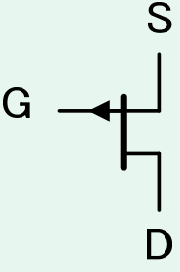
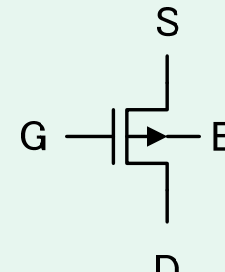
ディスクリートトランジスタの分類



各種トランジスタ (Transistor)

- 点接触トランジスタ
 - 発明者 John Bardeen, Walter Brattain, William B. Shockley (1956年ノーベル物理学賞受賞)
 - 最初に発明されたトランジスタ(1947年)
- バイポーラ(接合形)トランジスタ(Bipolar Junction Transistor)
 - 発明者 William B. Shockley(1956年ノーベル物理学賞受賞)
 - ディスクリート回路で主流となっているトランジスタ
 - 本講義では、このトランジスタを使用
- MOSFET(Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor)
 - 発明者 Julius E. Liliendfeld(諸説ある)
 - 大規模集積回路(LSI)で主流となっているトランジスタ
 - 集積回路工学第1, 第2で扱う
- HEMT(High Electron Mobility Transistor)
 - 発明者 三村高志
 - 複数の化合物半導体(人工合成物質)を組み合わせた構造
 - 超高周波、低雑音、高耐圧などの特長をもつが高価(衛星放送などで必須)

トランジスタの記号(Symbol)

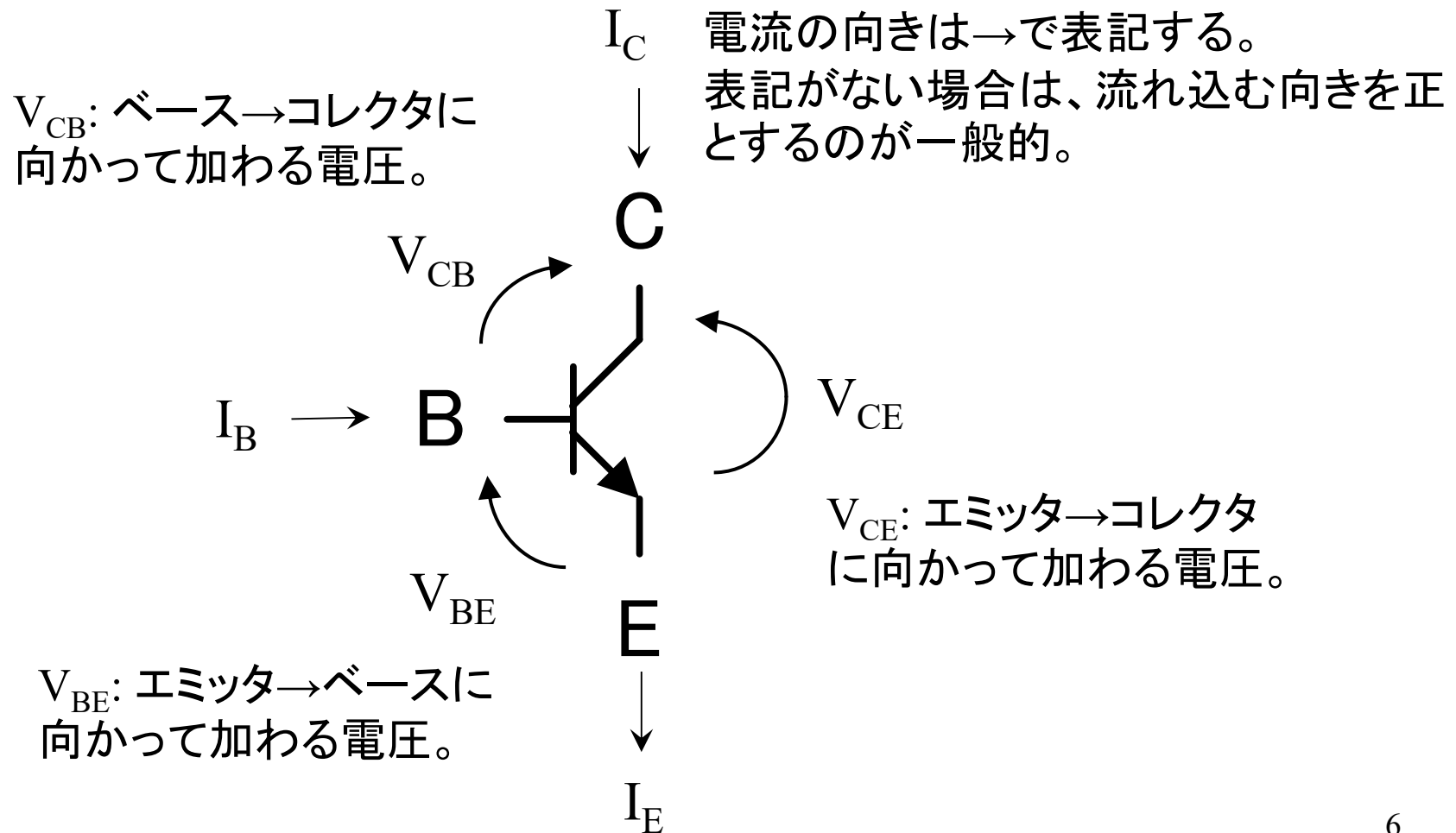
BJT	JFET	MOSFET
 <p>npn</p>	 <p>nチャンネル</p>	 <p>nチャンネル</p>
 <p>pnp</p>	 <p>pチャンネル</p>	 <p>pチャンネル</p>

C: Collector
B: Base
E: Emitter

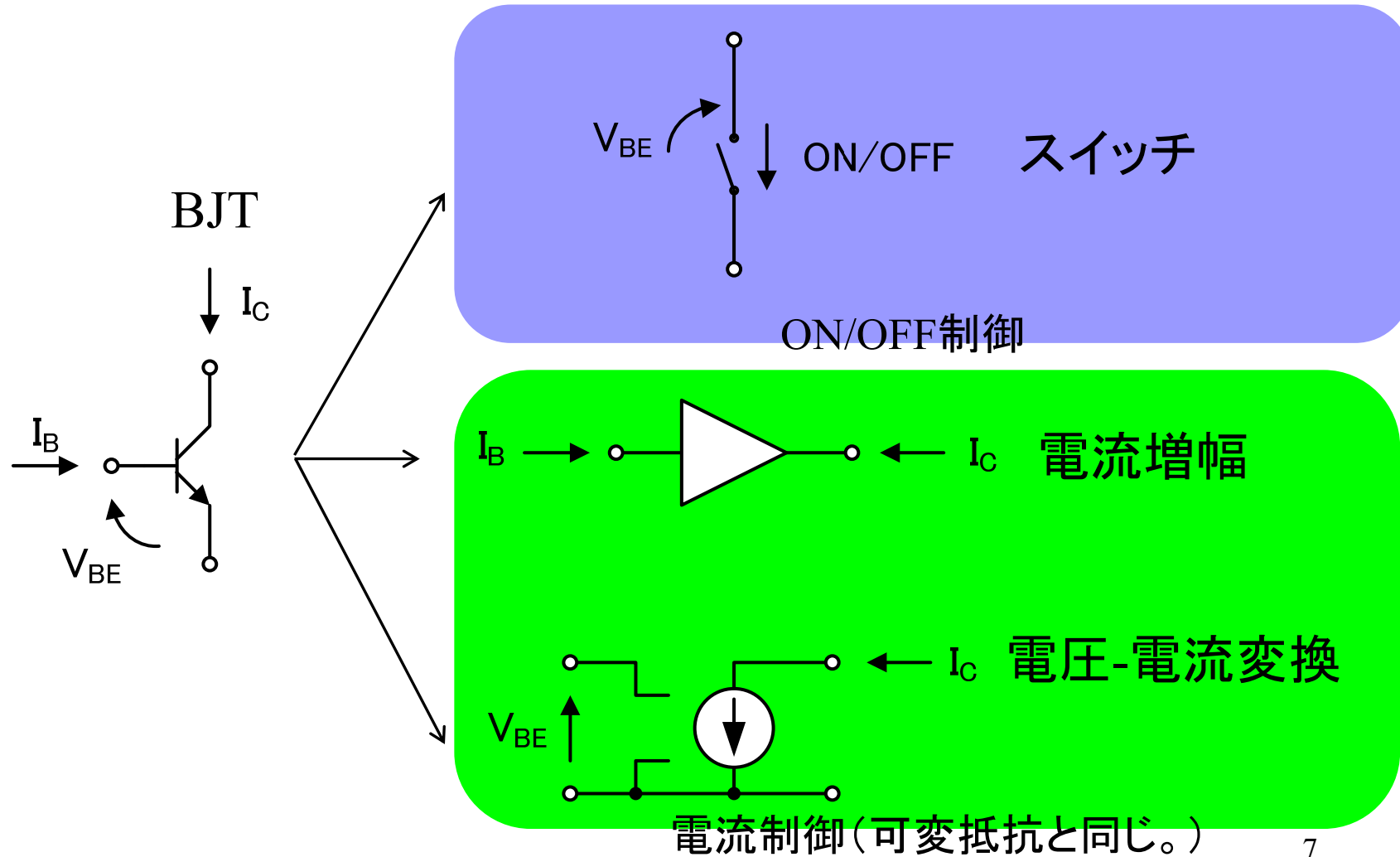
D: Drain
G: Gate
S: Source

D: Drain
G: Gate
S: Source
B: Body

印加電圧と電流の表記法



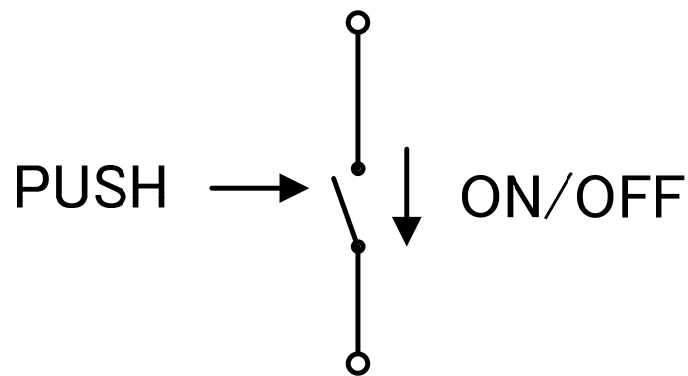
BJTの主な機能



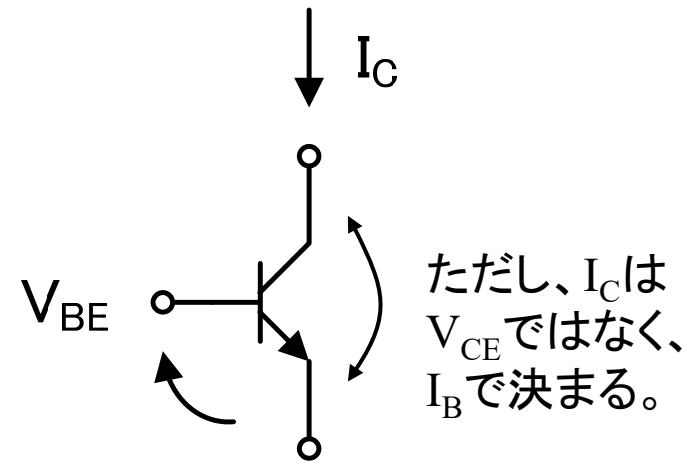
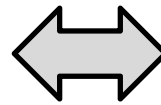
スイッチのアナロジー

押すと電流が流れる。

V_{BE} を加えると電流が流れる。



等価機能



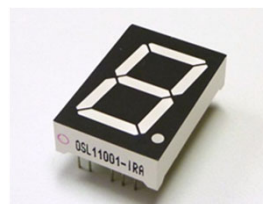
実際のスイッチとトランジスタの違い：

スイッチ： ON状態のとき、端子間に自由に電流が流せる。

トランジスタ： ON状態のとき、 I_B で決まる一定電流しか流れない。
(流したい I_C に応じて、 I_B を調整しておく必要がある。)

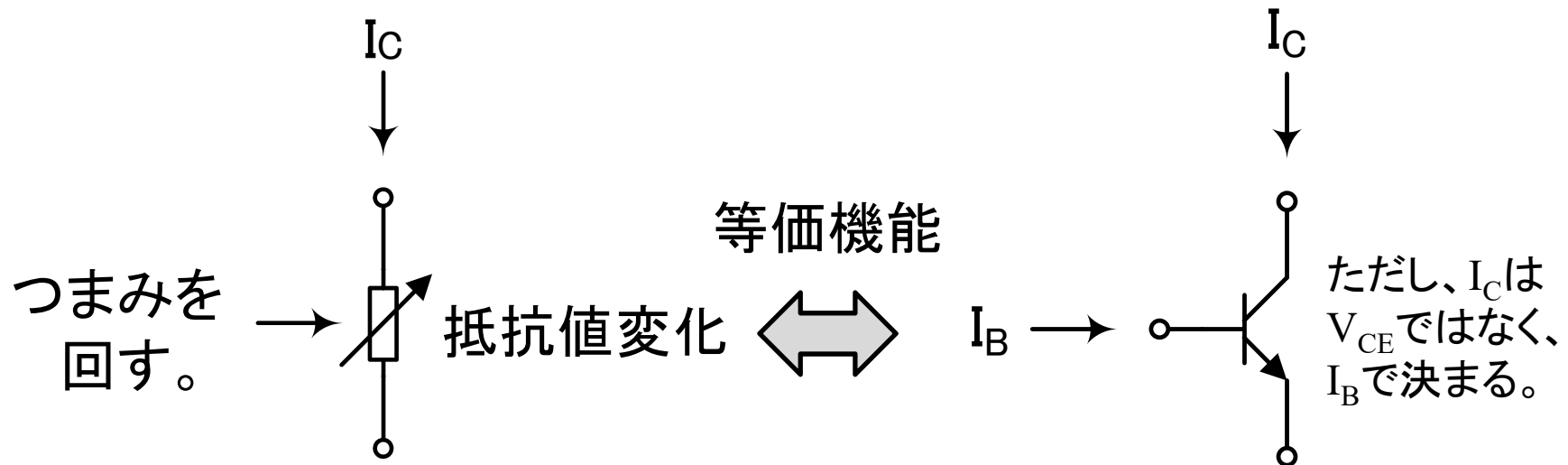
スイッチとしての使用例

- 論理演算を行う
 - 集積回路内のデジタル回路全般(通常はMOSFETを使用)
- 小さな電流または電圧で大きな電流をON/OFFする
 - 出力電力の大きさやON/OFF周波数に応じて各種のトランジスタが使用される
 - 複数のLEDの点灯を制御
 - 7セグメントLED
 - ドットマトリクスLED
 - インバータ(※)
 - 交流電動機(モータ)制御
 - 無停電電源装置・太陽光発電(DC-AC変換)
 - 蛍光灯、液晶ディスプレイのバックライトの高周波点灯
 - 電子レンジ、電磁加熱調理器



※ 論理回路のNOTゲートのことではなく、DC-AC変換電力制御回路を指す。
電力利用効率が高い電源回路が作れる。

可変抵抗(電流制御素子)のアナロジー



実際の可変抵抗とトランジスタの違い:

可変抵抗: 端子間の電圧で電流値が決まる。

トランジスタ: 入力電流 I_B で出力電流 I_C が決まる。

(流したい I_C に応じて、 I_B を調整しておく必要がある。)

トランジスタの増幅作用

1. スイッチ機能

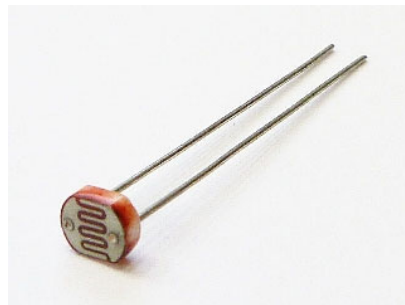
手で押す代わりに小さな電圧(電流)を加える。⇒ 大きな電流をON/OFFさせる。

2. 可変抵抗機能(ON/OFFの中間の動作)

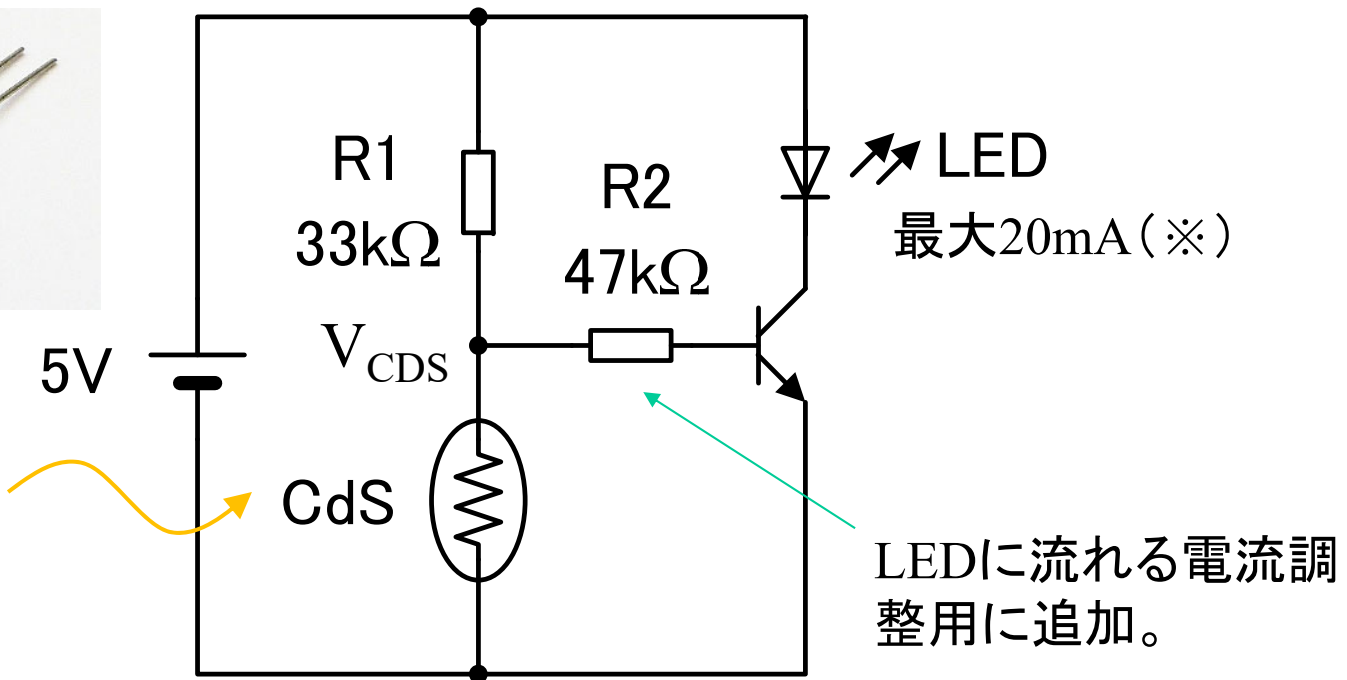
手で回す代わりに小さな電流(電圧)を加える。⇒ 大きな電流を増減させる。

どちらも、小さな電圧や電流で大きな電流を制御するトランジスタの増幅作用を利用している。

CDS常夜灯の例(参考書p.18)



光を照射すると
抵抗が下がる。



$$1\text{x} \sim 1000\text{lx} \rightarrow \text{CdS} = 3\text{M}\Omega \sim 4\text{k}\Omega$$
$$\rightarrow V_{\text{CDS}} = 4.98\text{V}(\text{ON}) \sim 0.54\text{V}(\text{OFF})$$

※ LEDに20mA流すためには、トランジスタも20mA以上流せるものでなければならない(次節で説明)。

2.1節のまとめ

- トランジスタの分類
 - BJTとFETの2種類がある(動作原理の違い)
 - BJTにはnpnとpnpがある(極性の違い)
 - FETにはJFET, MOSFET, HEMTなどがある(構造の違い)
 - FETにはn-chとp-chがある(極性の違い)
- トランジスタの記号(Symbol)
 - BJTの電極にはCollector, Base, Emitterがある
 - FETの電極にはDrain, Gate, Sourceがある
 - トランジスタの電圧は V_{BE} (エミッタからベースに加わる電圧)のような端子名を付けた変数で表される
- トランジスタの機能
 - スイッチ(電流のON/OFF)
 - 電流制御(電流増幅、電圧-電流変換)