



第4講

メモリ・光デバイス

教科書 p.105~

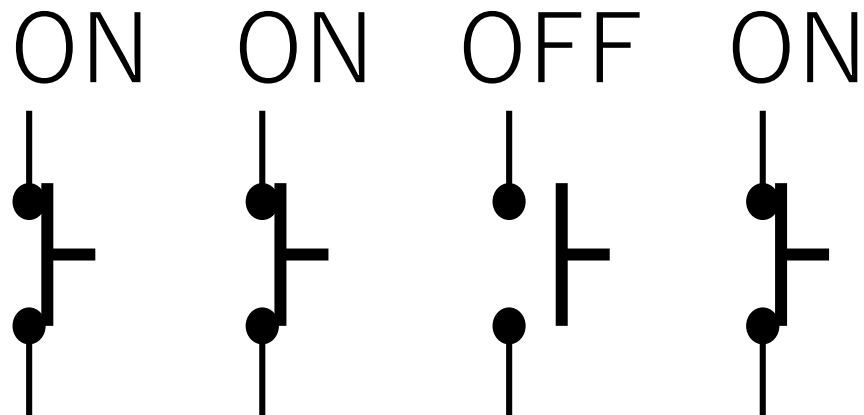
ここをダブルクリック
すると読み上げ原稿が
表示されます。

バイナリデータを憶えておきたい。

$(1\ 1\ 0\ 1)_2$

$= (1\ 3)_{10}$ [十進数]

$= 0D_{\text{HEX}}$ [16進数]



電子的に憶えさせたい

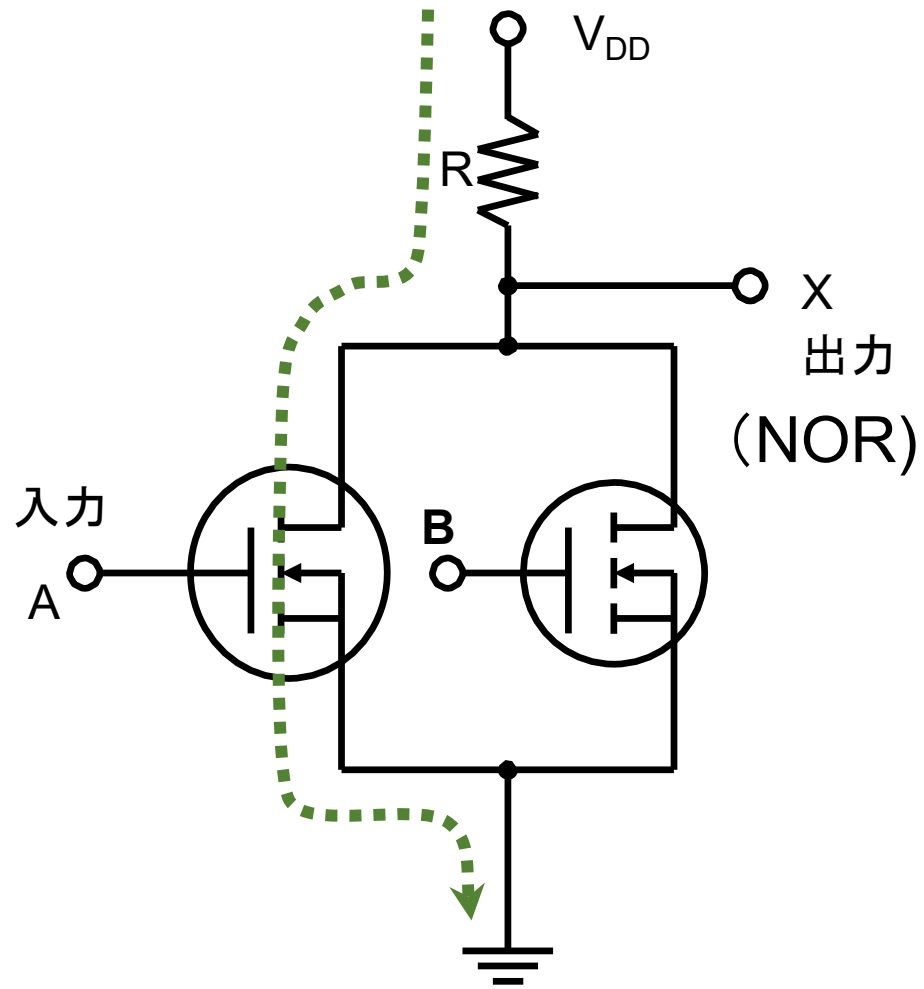


メモリ



MOSロジック回路

教科書 p.105~



真理値表

入力A	0	1	0	1
入力B	0	0	1	1
出力	V_{DD}	0	0	0

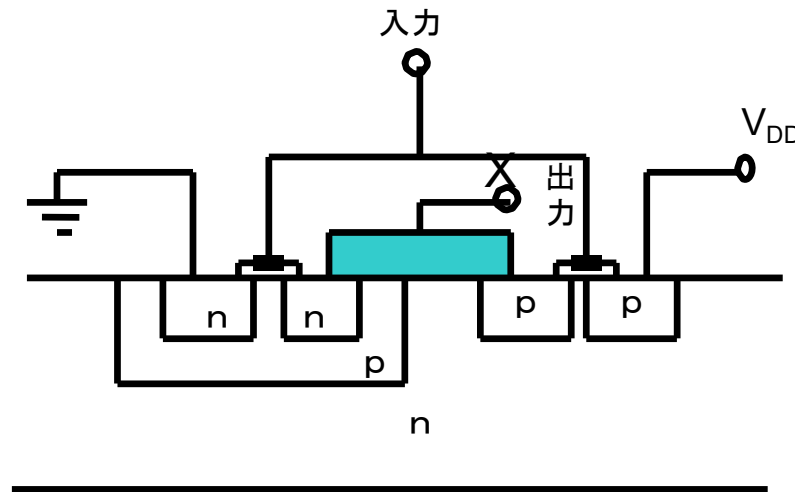
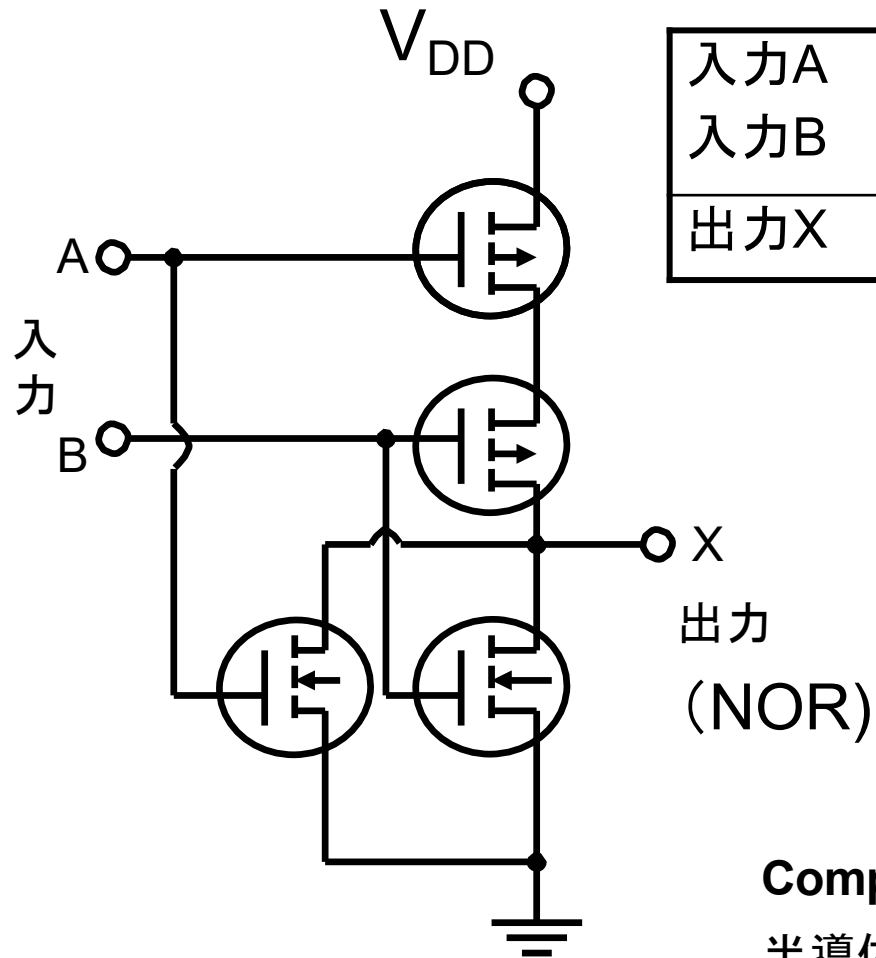


C-MOSロジック回路

教科書 p.81~

真理値表

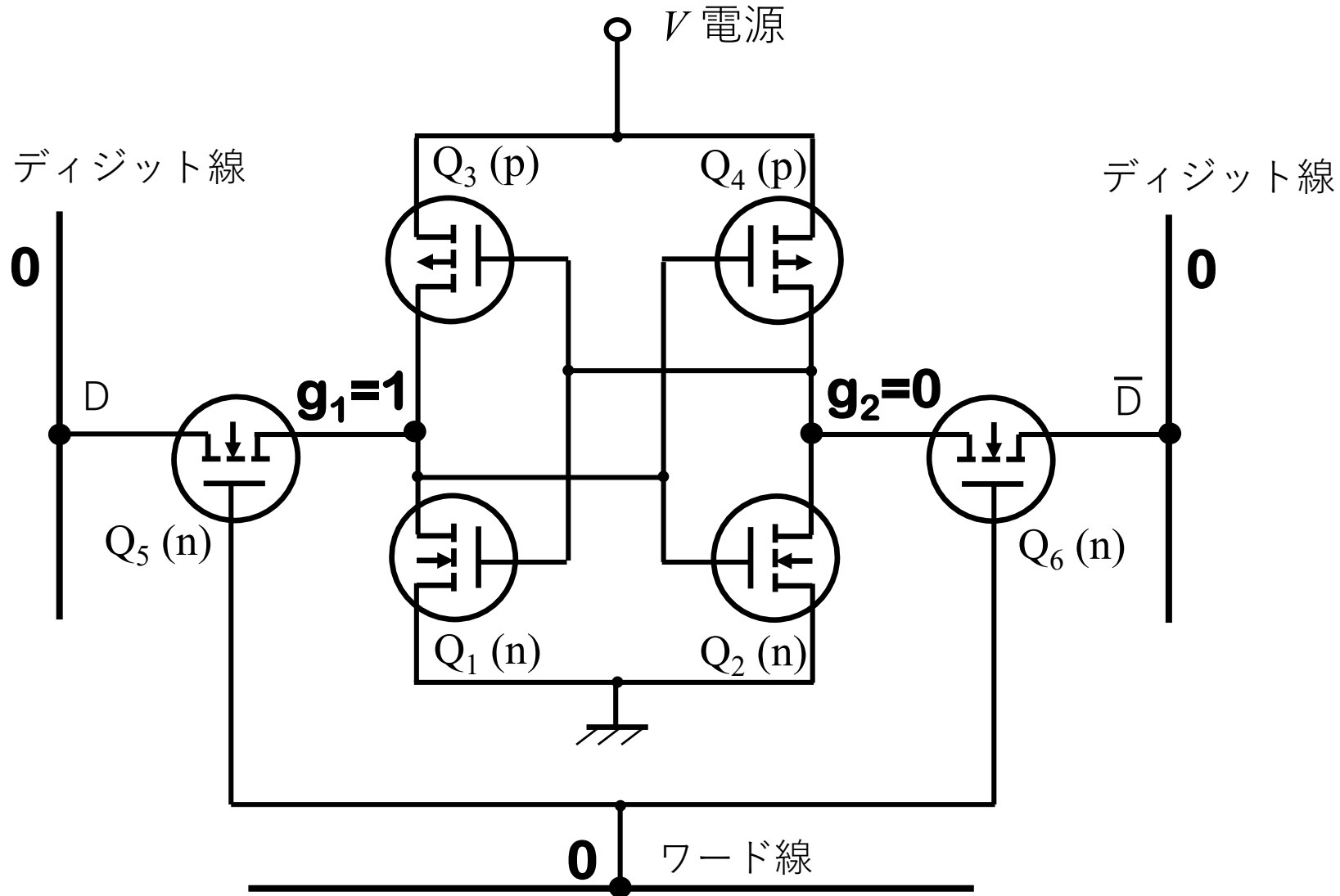
入力A	0	1	0	1
入力B	0	0	1	1
出力X	V_{DD}	0	0	0



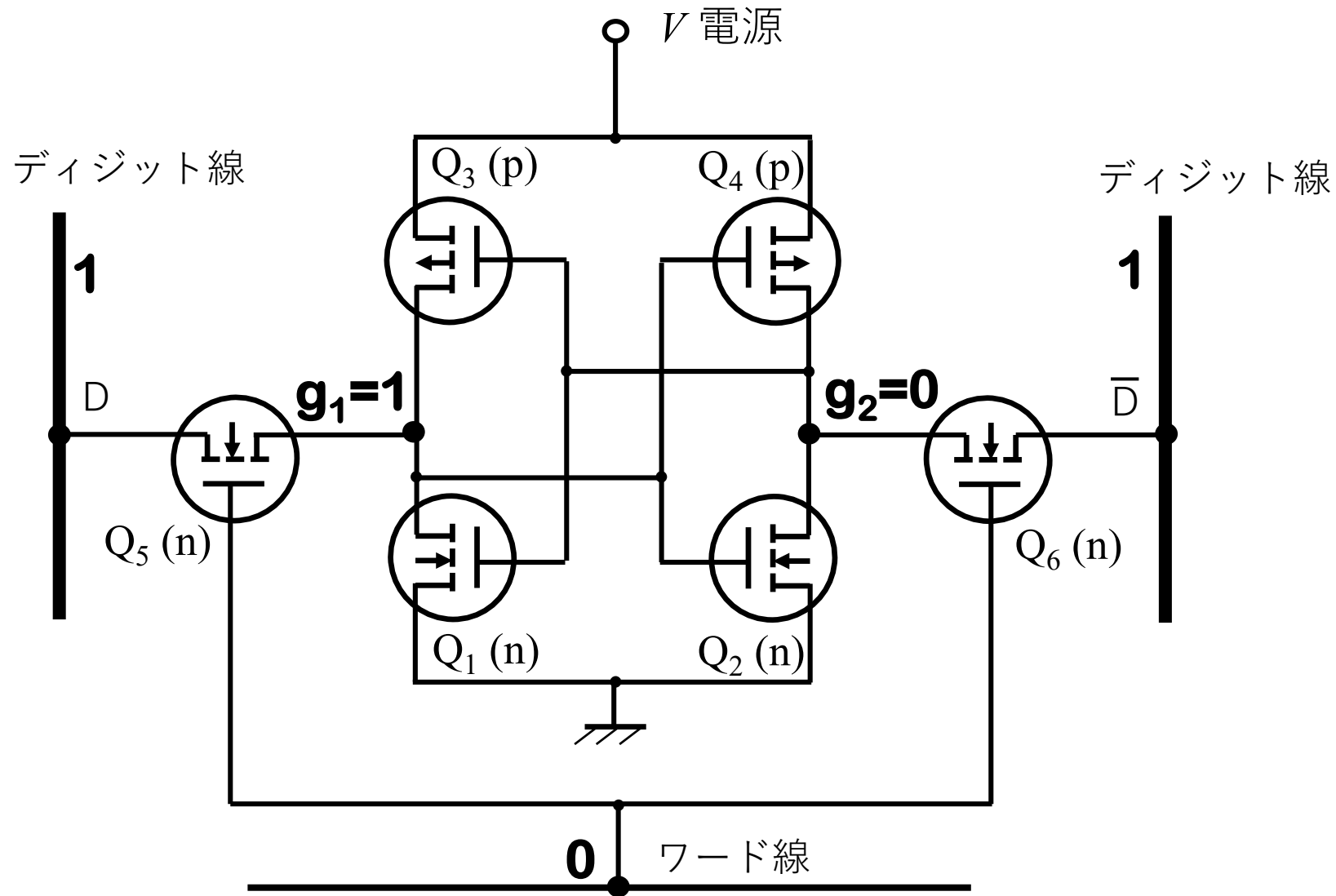
Complementary(相補)なので消費電流が殆ど流れない。
半導体製造プロセスで作れる。
静電気に弱い。

データの書き換え動作を理解しよう0

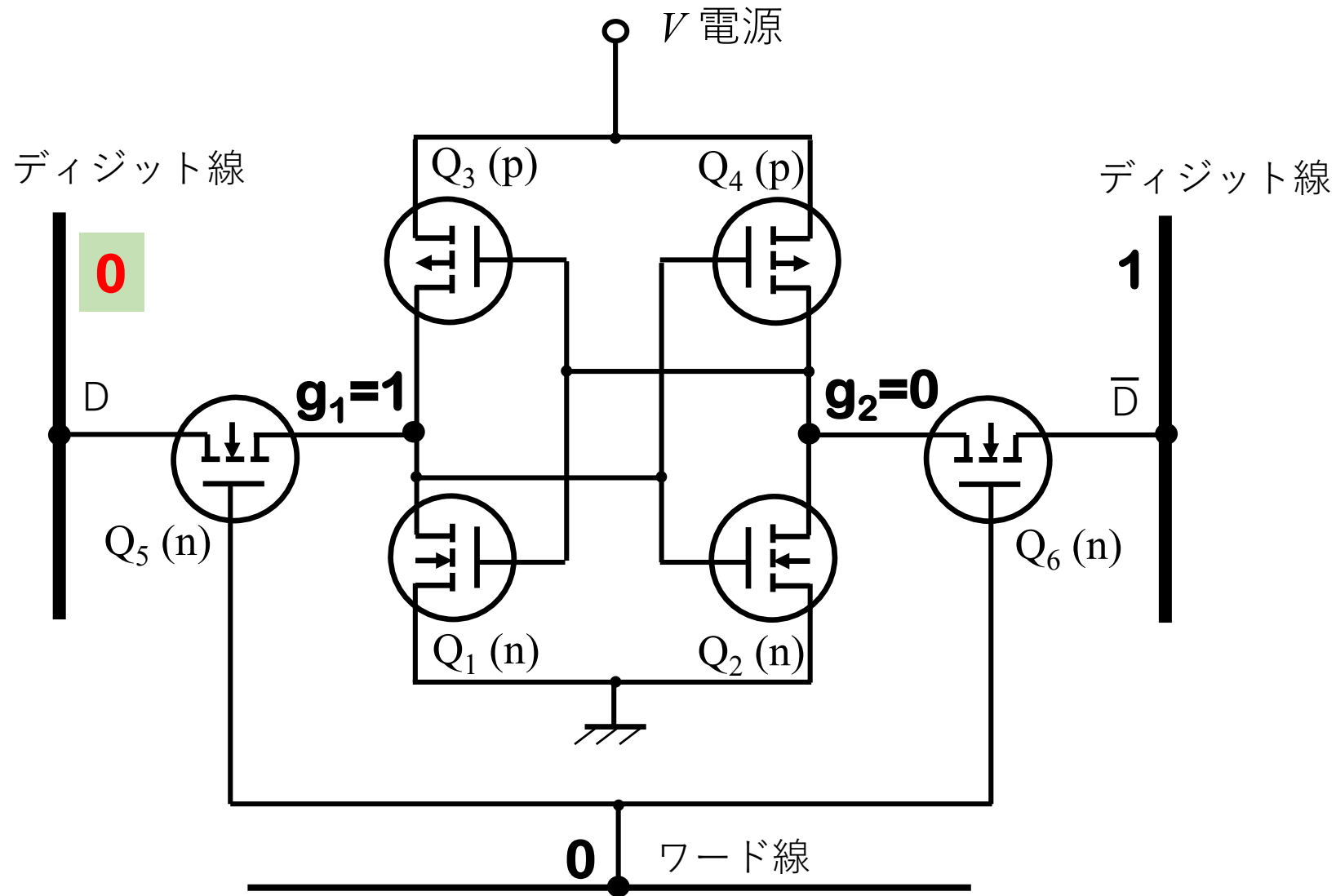
教科書 p.106



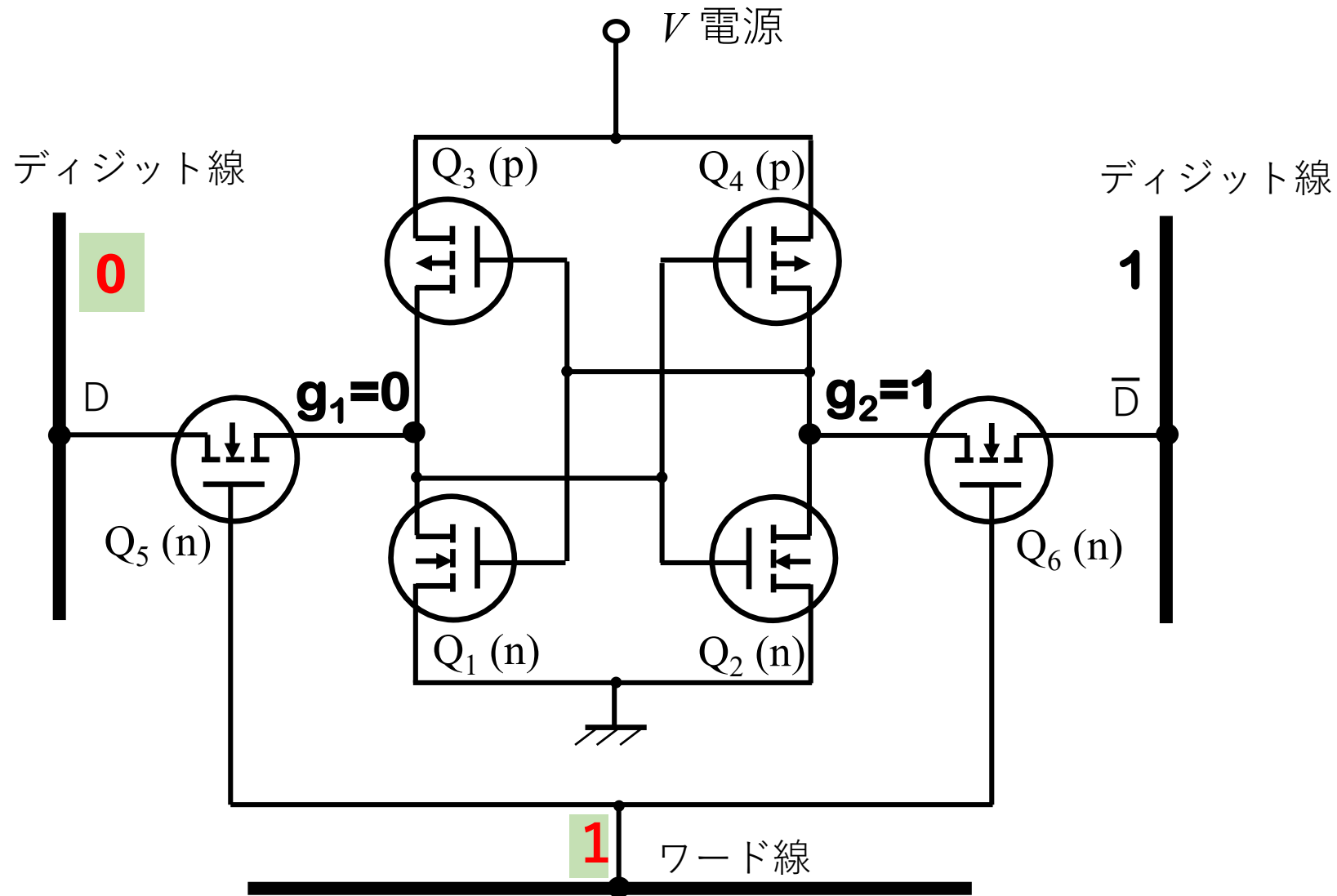
データの書き換え動作を理解しよう1



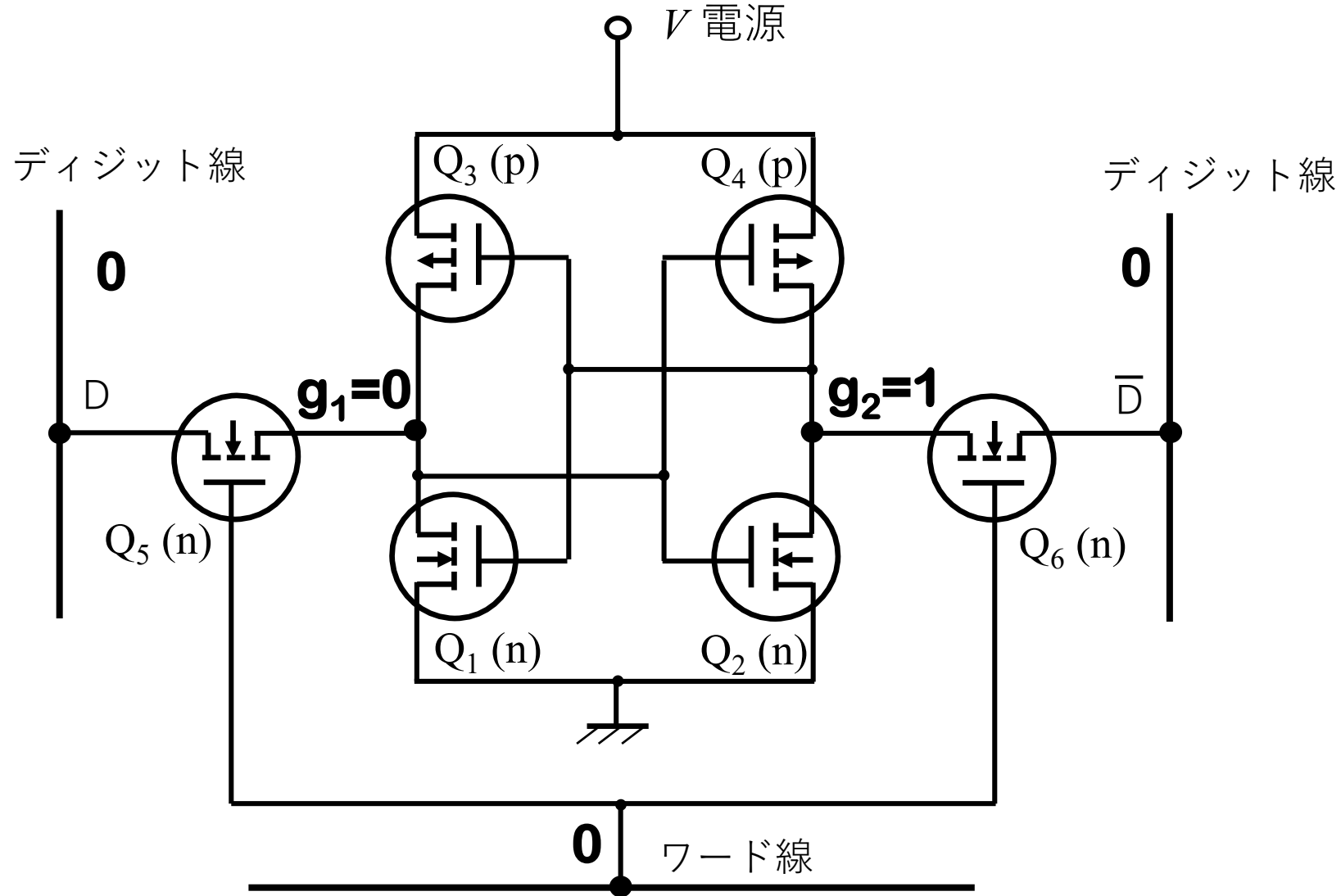
データの書き換え動作を理解しよう2



データの書き換え動作を理解しよう3



データの書き換え動作を理解しよう4



スライド問題5-1

前のスライドにあったC-MOSメモリで64bitの情報を記憶するには、FETは何個必要？



スライド問題5-1 解答例

$$6 \times 64 = 384 \text{ 個}$$

1 GBのメモリを構成するには

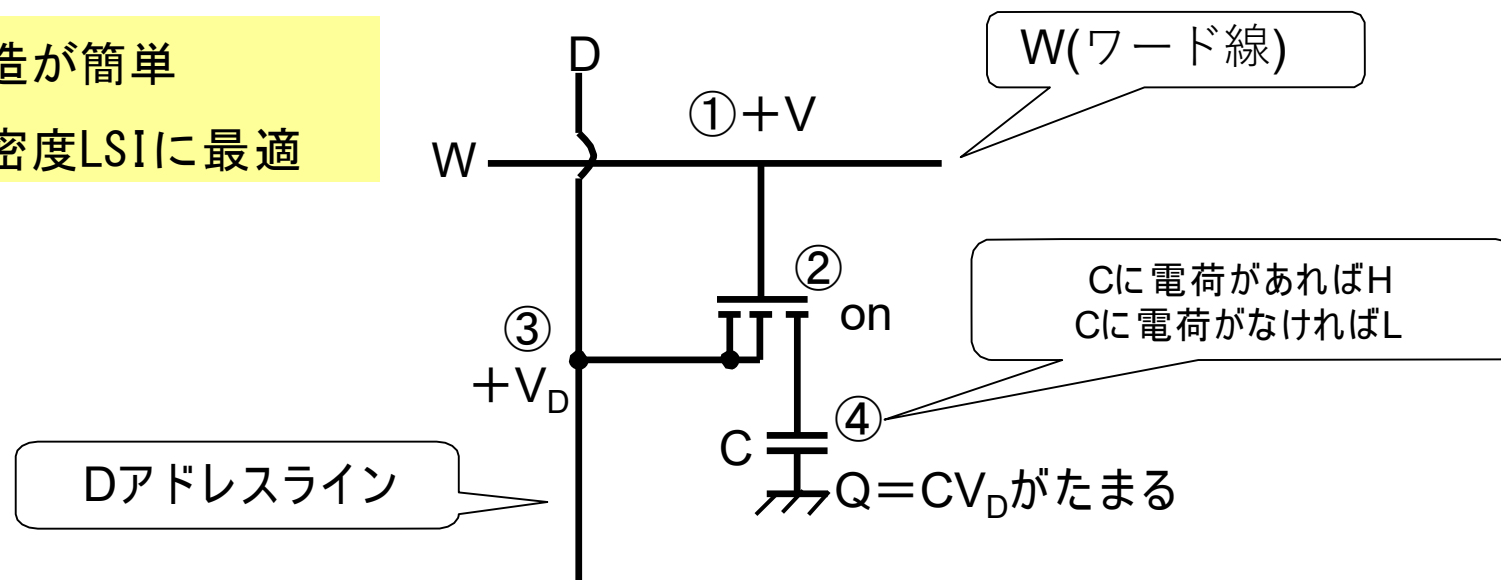
$$1 \times 1024 \times 1024 \times 1024 \times 8 \times 6 \div 5.1 \times 10^{10} \text{ 個}$$

5百億個のMOS-FETが必要になり、1個たりとも不良であってはならない。この技術はすごくないか？

ダイナミックRAM

教科書 p.107

構造が簡単
高密度LSIに最適



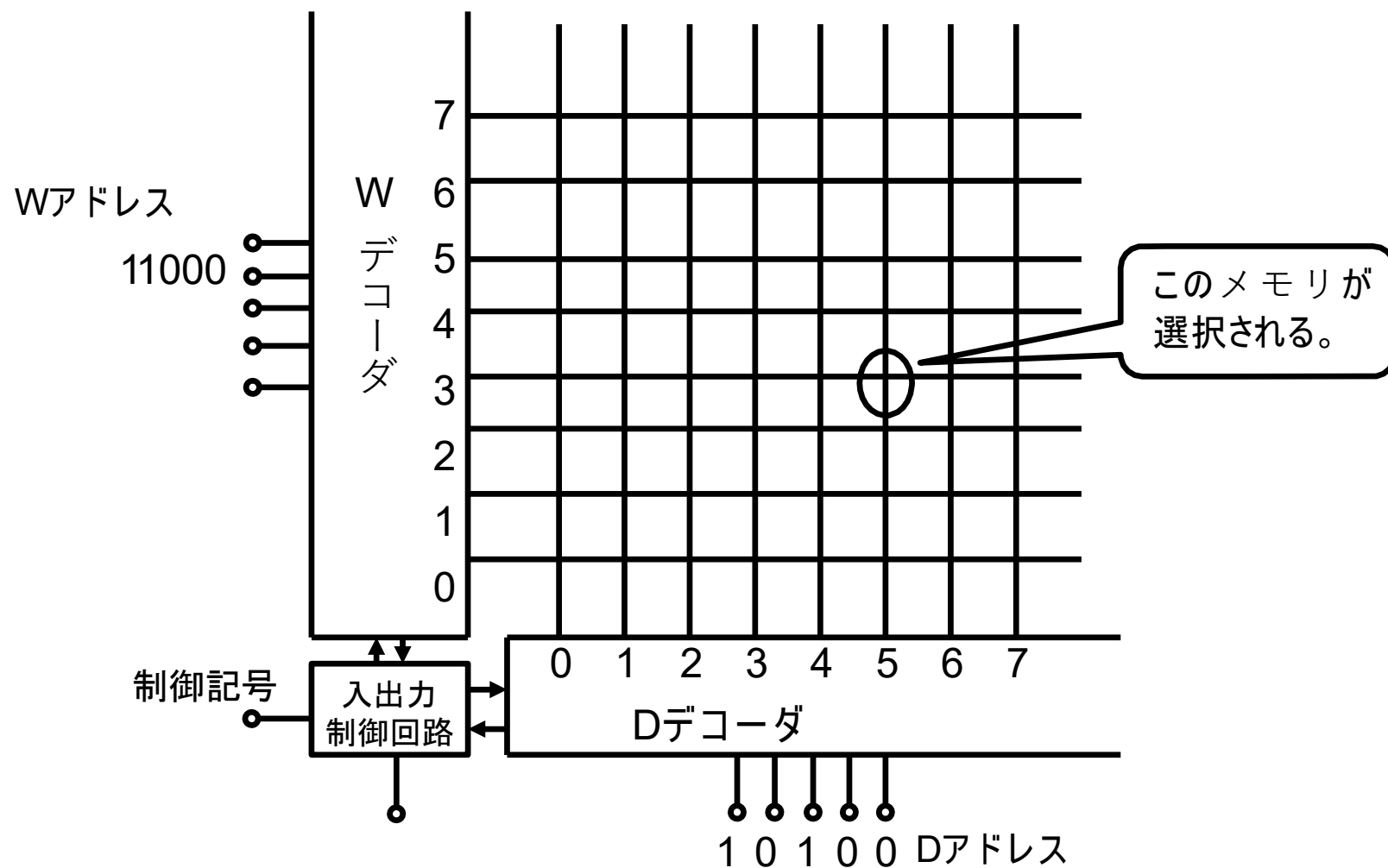
図に示すコンデンサCの電荷の有無を論理値に対応させる。コンデンサを充電・放電させることを書き込みという。

- (1) 1つのW(ワード線)に+Vを加えると
 - (2) そのワード線に繋がっているFETは全てONになる。
 - (3) 続いて、Dアドレスラインに電圧(V_D または0)を加えると、
 - (4) DラインとWラインの交点にあるFETのCが充電または放電する。
- こうして論理値"1"または"0"が書き込まれる。

読み出しは、1つのW(ワード線)に+Vを加えた後にDアドレスラインの電位を調べる。 V_D ではれば"1"、0であれば"0"。

一定の時間間隔で充電(リフレッシュ)する必要がある。

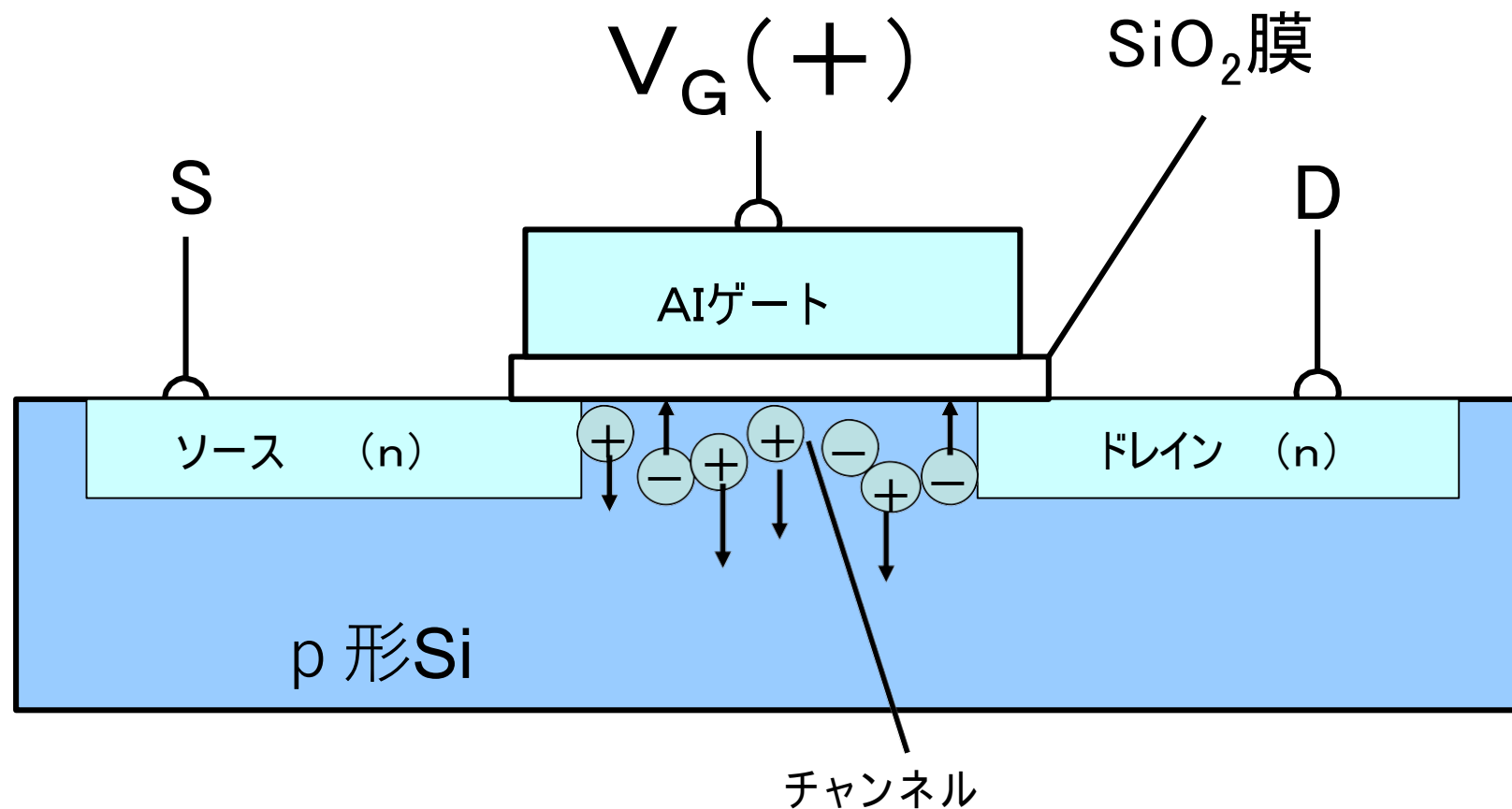
メモリICのマトリックス



MOSFETの動作(ON時)

教科書 p.103

〈 ゲートにプラスの電圧をかけると 〉



フラッシュメモリの基本構造

教科書 p.108

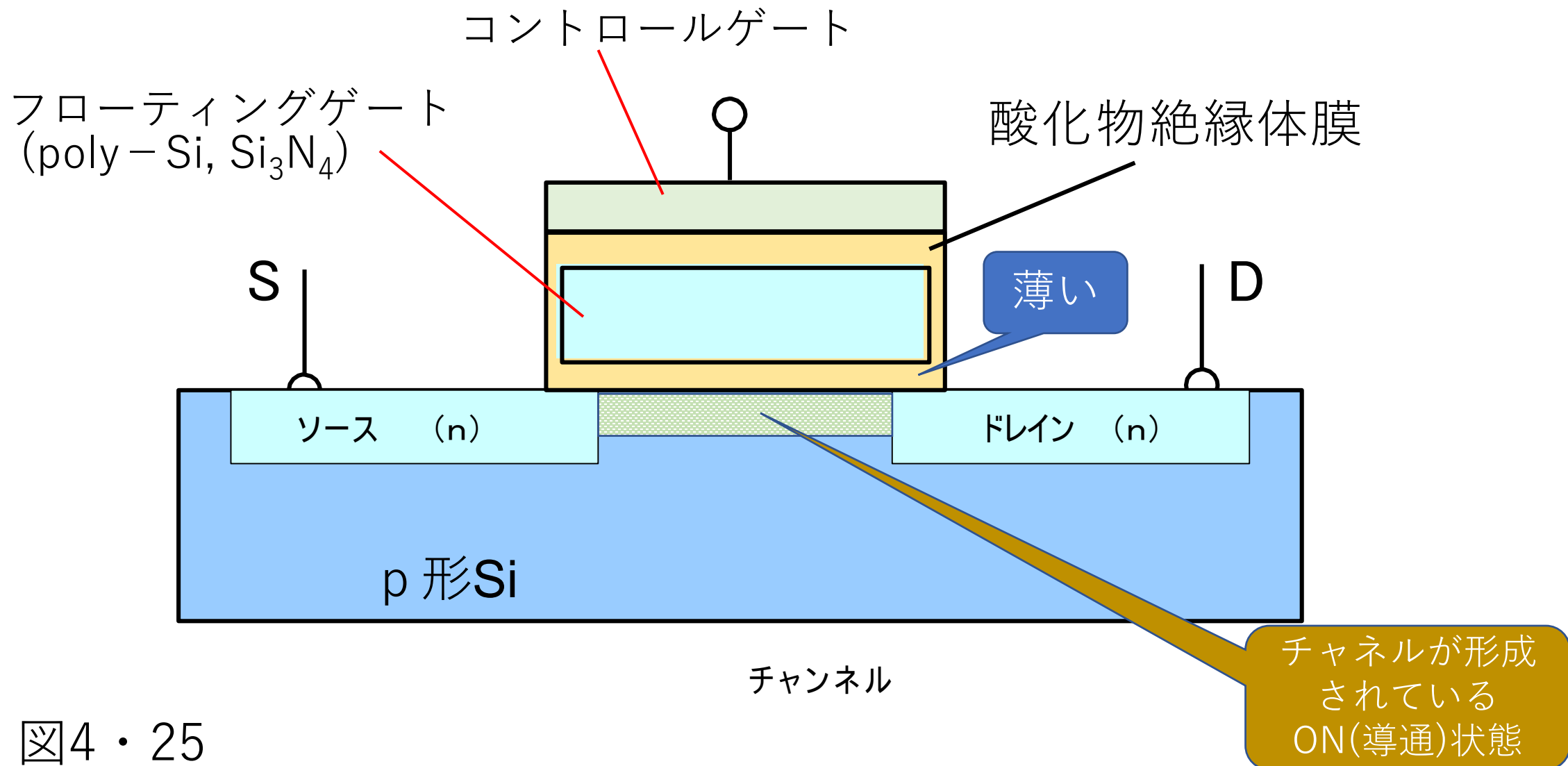
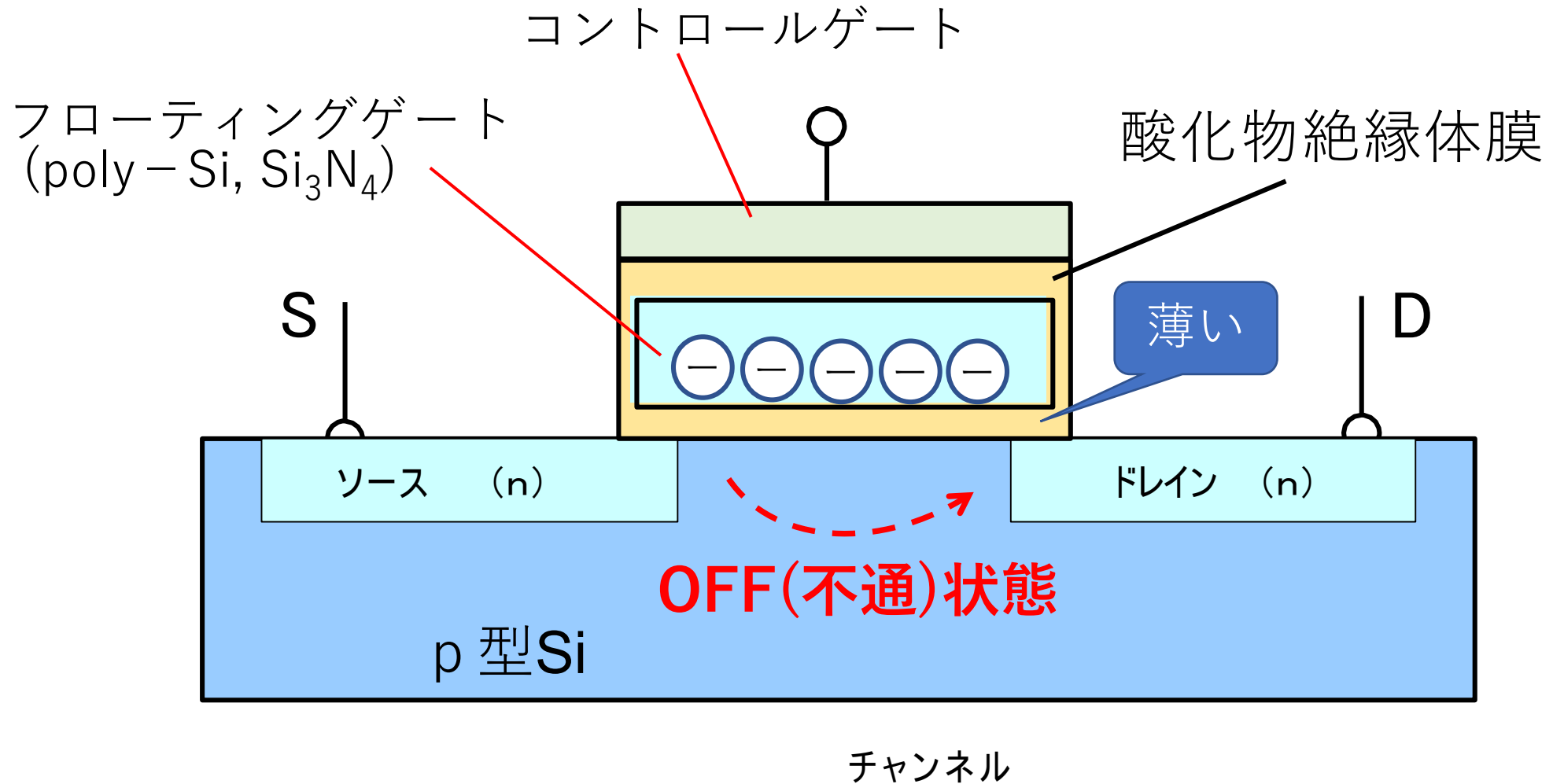


図4・25

フラッシュメモリの基本構造

教科書 p.108



NOR型フラッシュメモリの書き込み

教科書 p.109

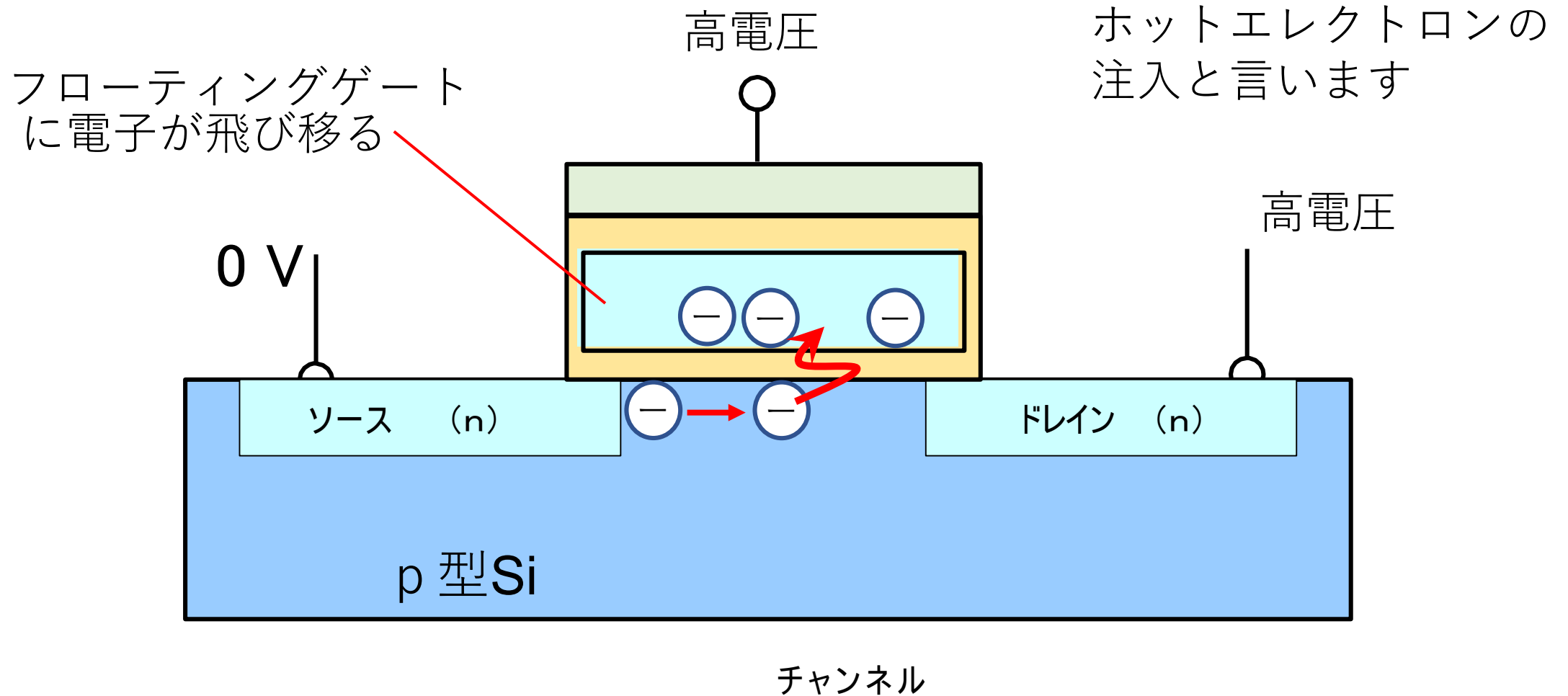


図4・26

NORフラッシュメモリのデータ消去

教科書 p.109

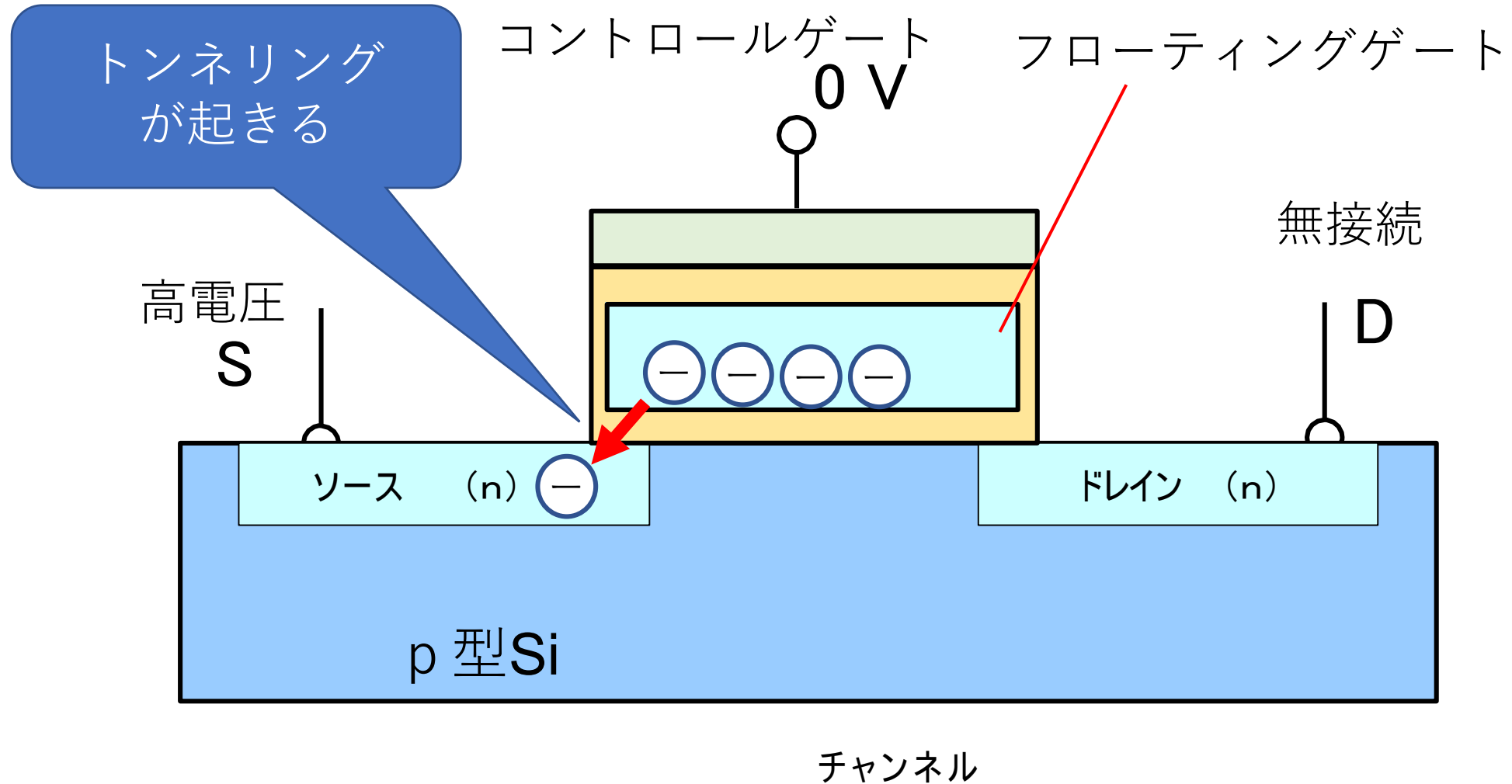
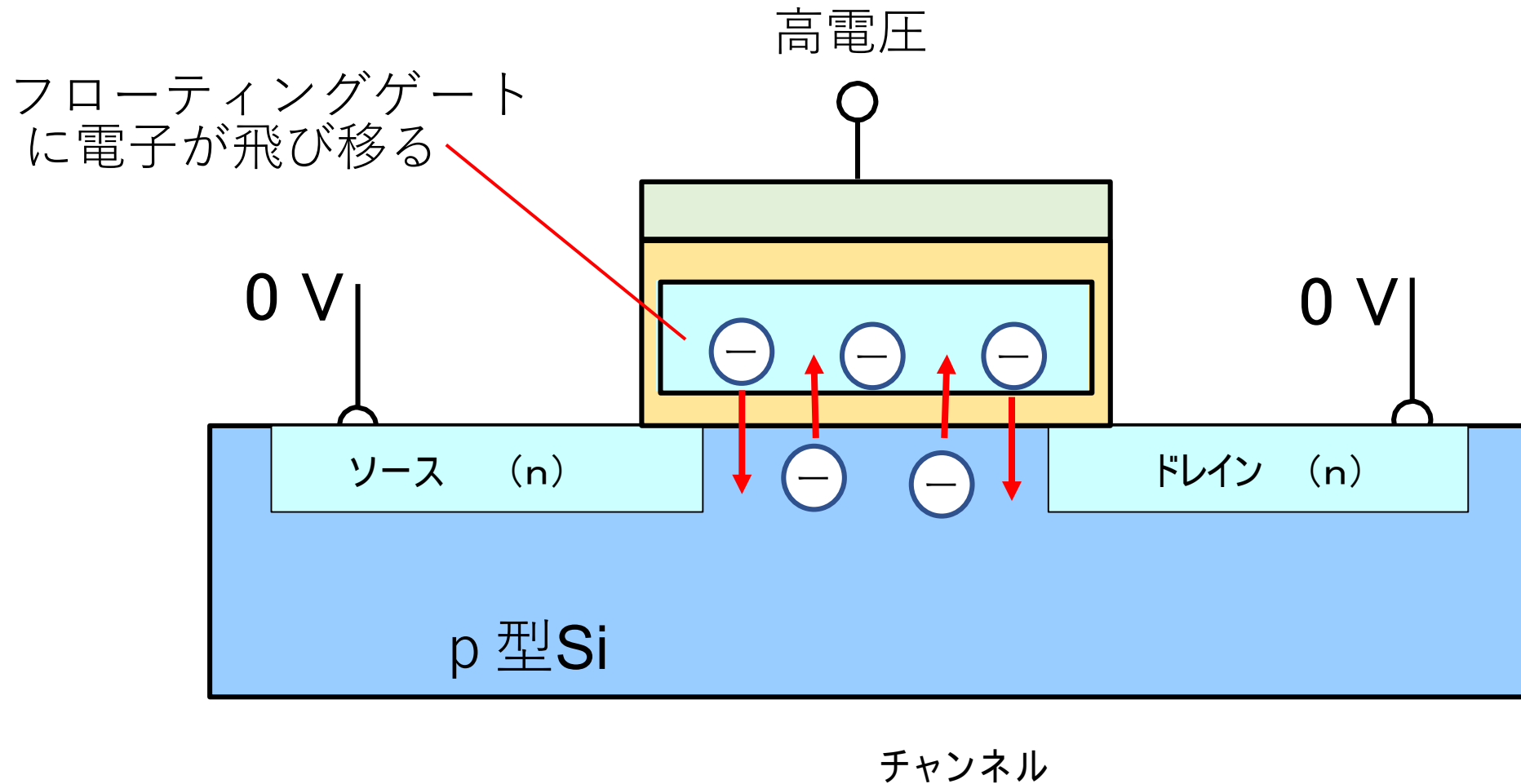


図4・26

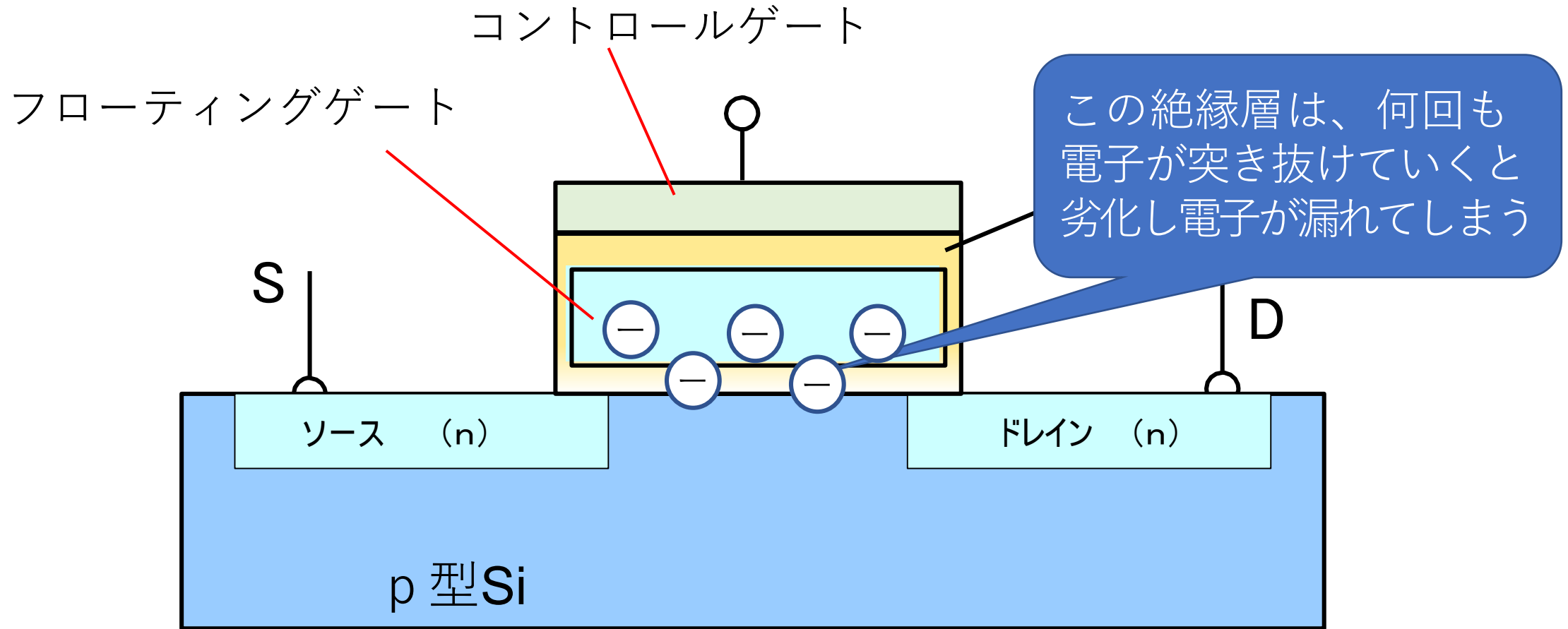
NAND型フラッシュメモリの書き込み

教科書 p.109



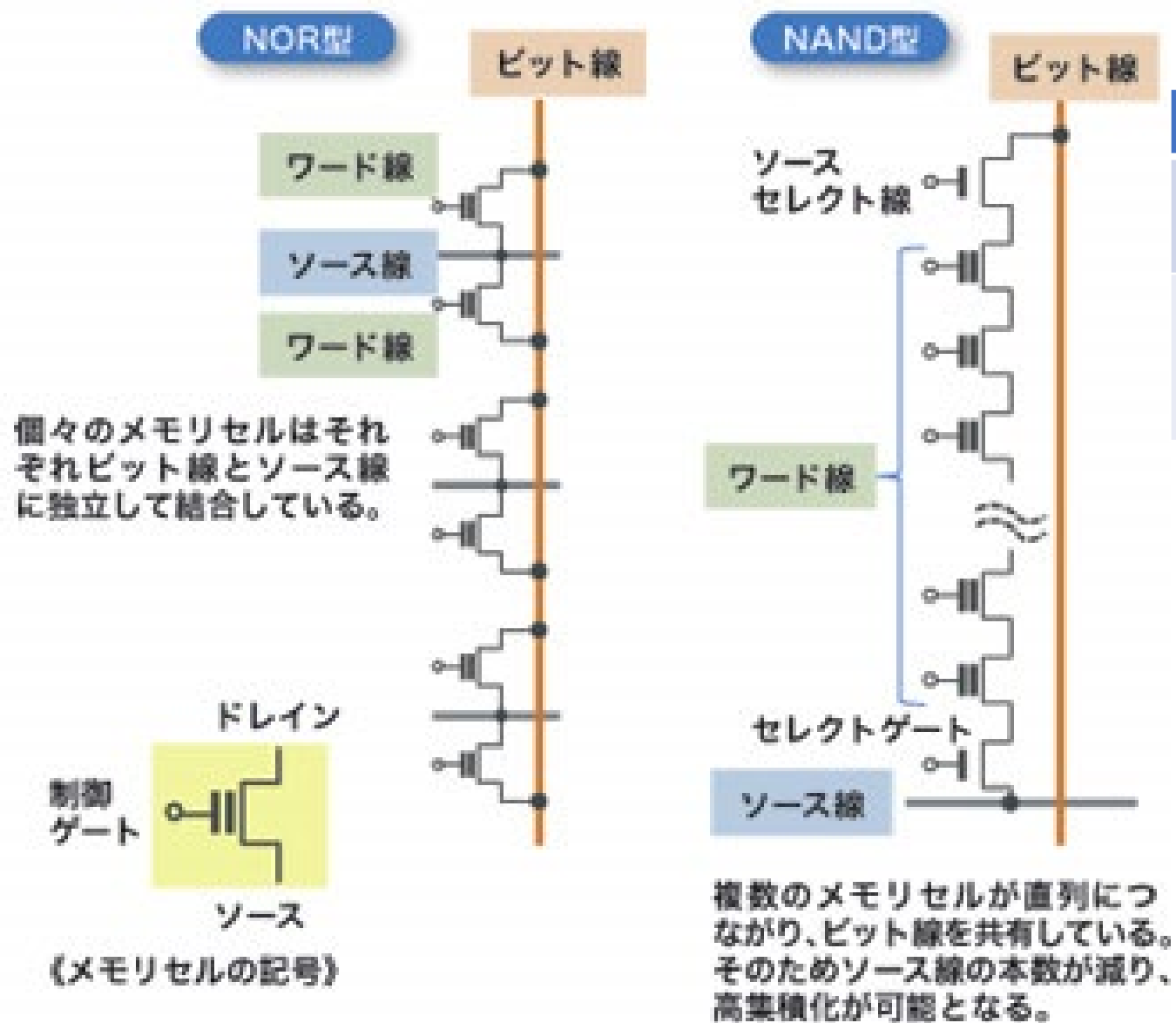
フラッシュメモリの長時間メモリ性

教科書 p.109



つまり、フラッシュメモリには寿命があります

NAND型とNOR型の違い

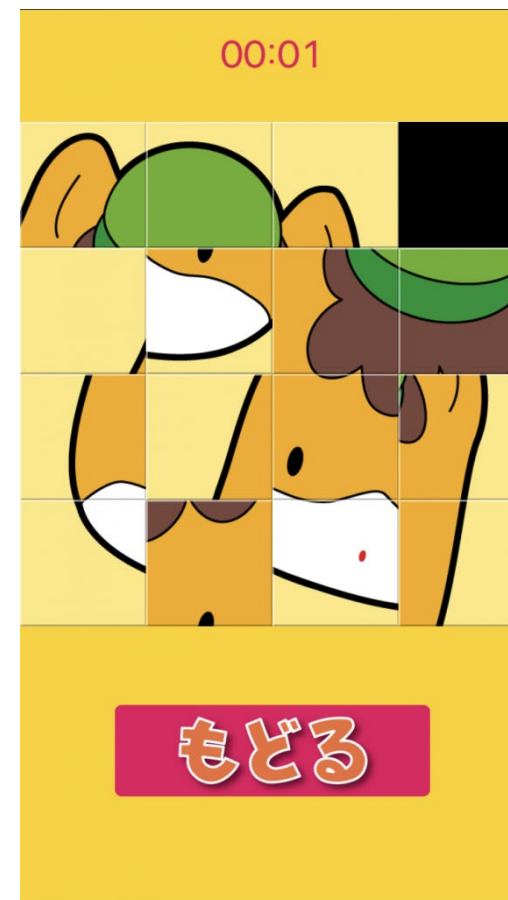
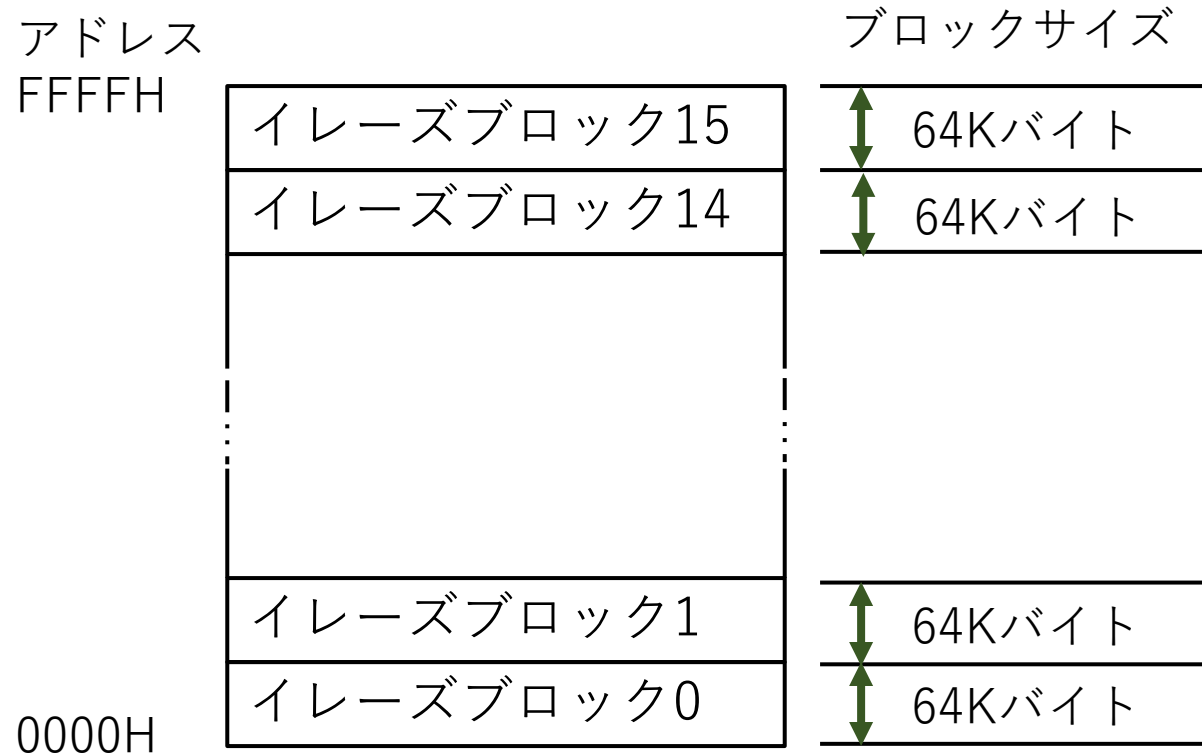


型	特徴	用途
NAND型	高集積 = 大容量 安い	データストレージ用に適
NOR型	ランダムアクセスに向いているが、書き込みは低速	システムメモリに適

出典：TDK社SSD製品紹介ページ
https://product.tdk.com/info/ja/techlibrary/archives/techjournal/vol01_ssd/contents04.html



フラッシュメモリは書き換えが出来ない？



スマホの学校HPより
<https://www.s-phone.org/app/>

フラッシュメモリの寿命・信頼性

例題として、250GBモデルSSDで
「**80TBまでの上書き保存が可能**」
と公称されてるとします。仮に5年
間は使いたいと考えたら、
「 $80,000\text{GB} \div 1825\text{日} = \text{約}43\text{GB}$ 」
なので、「1日43GBの書き換え頻
度なら5年間は持つ」



https://suneast.co.jp/ssd_msata.html より

スライド問題5-2

NAND型フラッシュメモリとNOR型フラッシュメモリの特徴と、適した用途をまとめましょう。

さらに、HDDとSSDも適した用途を纏めましょう。

データの出し入れの頻度、使用年限の観点で考えましょう。

皆さんが電子技術者として「デバイスチョイス」が出来ないと将来困るからです。“安物買いの買い物下手”にならないように。

発展課題として「SLC」と「MLC」という2種類のフラッシュメモリが売られていますが、皆さんはどちらを買いますか？

エネルギーで表すか、波長で表すか

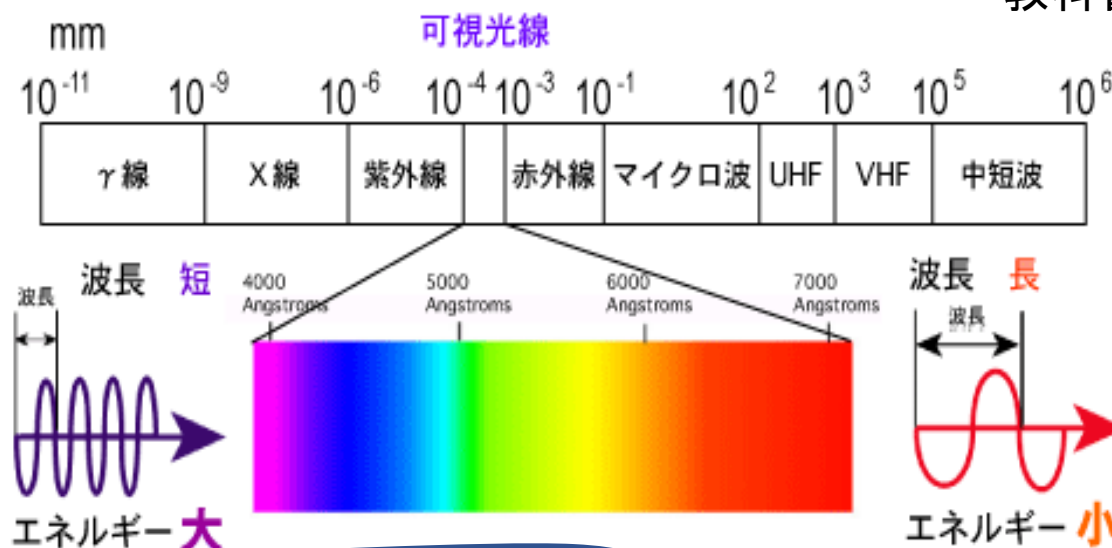
教科書 p.113



h : プランク定数
 c : 光速

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{hc}{E} \cong \frac{1239.8}{E_{[\text{ev}]}}$$

(4・26)式



名称	周波数	波長	波数[cm ⁻¹]	光子エネルギー
ラジオ波	300kHz～300MHz	1m～1km		1neV～1μeV
マイクロ波	300MHz～300GHz	1mm～1m	0.01～10	1μeV～1meV
赤外線	300GHz～400THz	700nm～1mm	10～14000	1meV～1.7eV
可視光線	400THz～1PHz	400nm～700nm	14000～25000	1.7eV～3.1eV
紫外線	1PHz～40PHz	10nm～400nm	25000～10 ⁶	3.1eV～120eV
X線		1pm～10nm		100eV～1MeV



スライド問題5-3

1eVの光波の波長は？ それは目で見えますか？

スライド問題5-3 解答例

(4・26)式

$$\lambda_{[\text{nm}]} = \frac{c}{\nu} = \frac{hc}{E} \cong \frac{1239.8}{E_{[\text{eV}]}}$$

に1eV代入すると、1239.8nm
赤外線

$$c \div \nu = \lambda,$$

(4・24)式

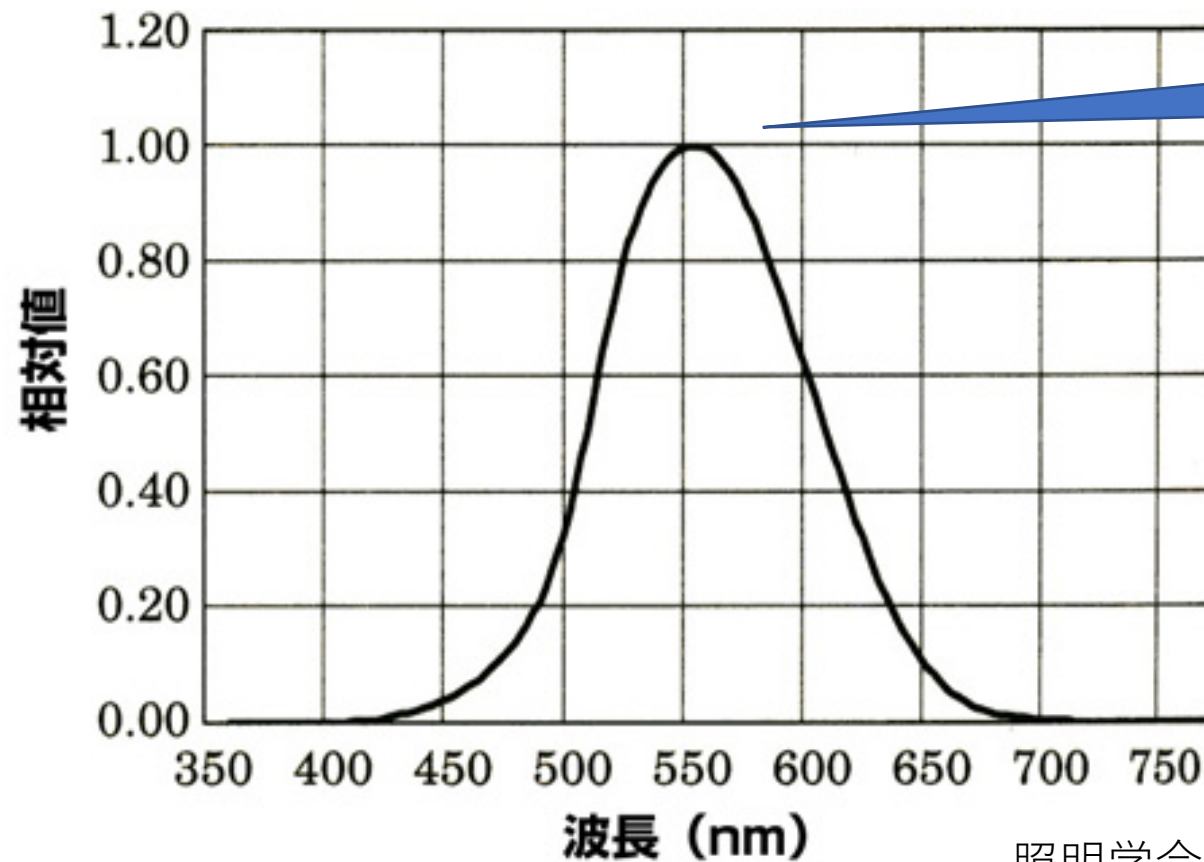
$$E = h\nu$$

(4・25)式

などから、この式自体の導出が出来るようにしておいて下さい（超重要）。



可視光



555nmがピーク

照明学会Web,基礎事項解説 より引用
<https://www.ieij.or.jp/what/yougo.html>

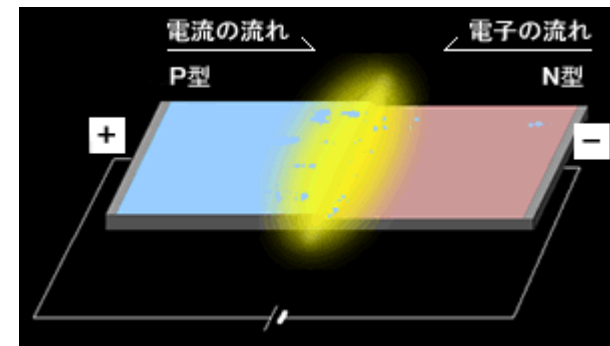
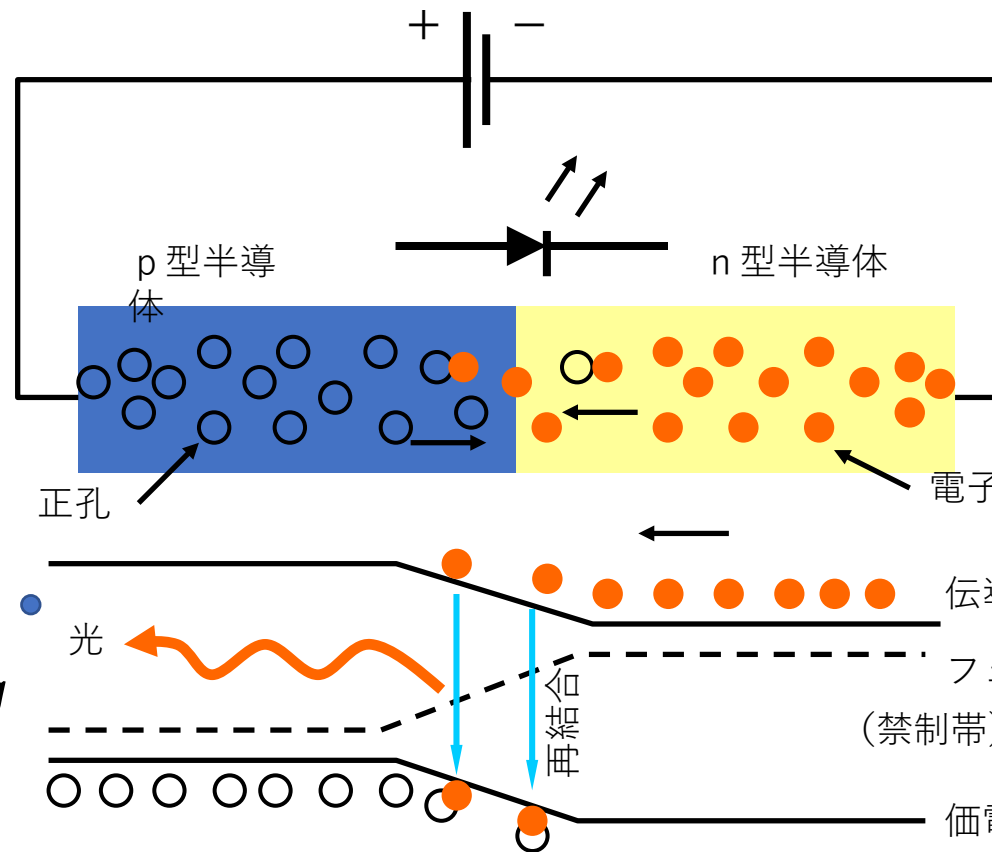
波長によって明るさの感じ方の度合いは異なりますし、また同じ波長であっても、一人一人、明るさの感じ方は異なります。そこで大勢の人の分光感度を測定してその平均を求め、さらに、最高感度を1として規格化したものを比視感度といいます。

発光ダイオード

再結合発光と
いいます



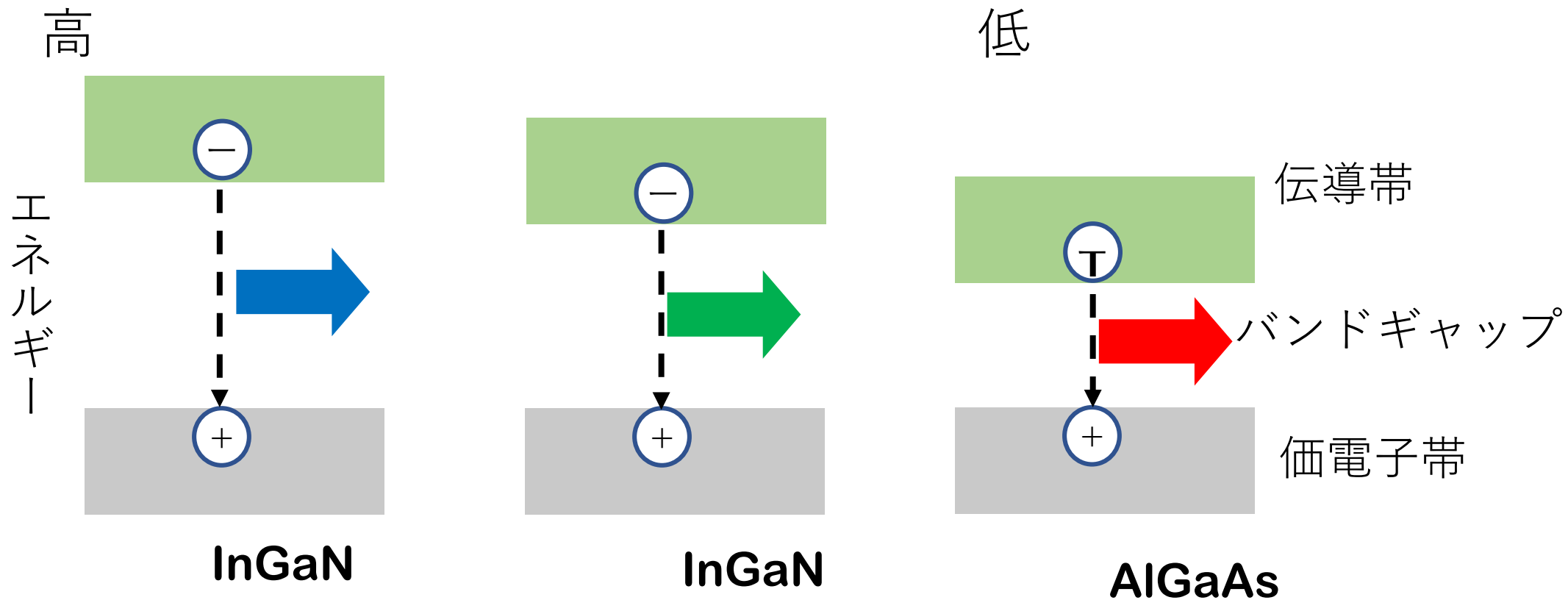
発光波長は
バンドギャップで
決まる。
(4・26)式



パナソニックWebより
<https://www2.panasonic.biz/ls/lighting/led/led/principle/>

p n 接合に順方向の電圧をかけると、ホールと電子はpn接合界面に向けて移動し、双方が結合して消滅します。このとき電子がエネルギーの高い状態から低い状態に移るので、その落差分のエネルギーが、光(フォトン)として外部に放出されます。

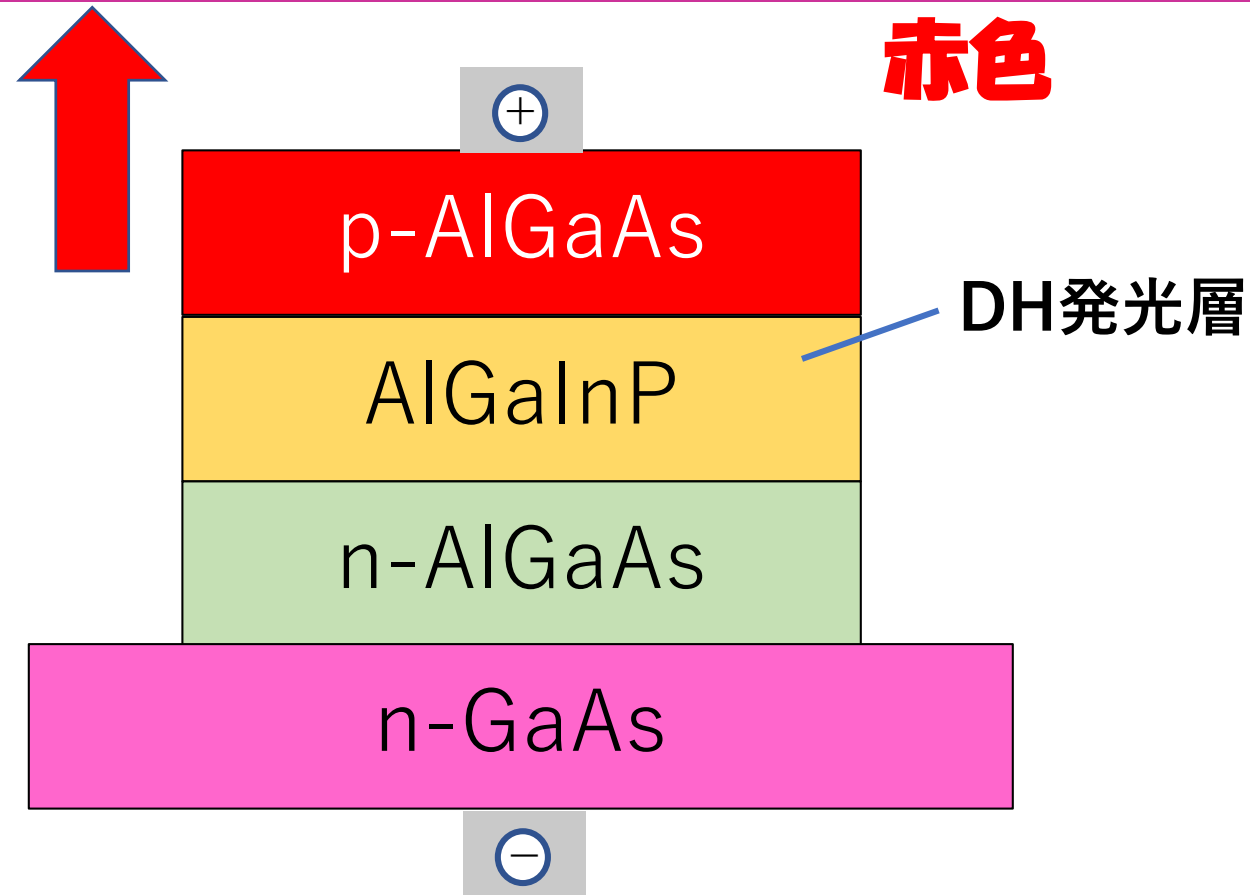
発光色は何で決まるか？



バンドギャップが大きいほど、よりエネルギーの高い光、
即ち波長の短い光が放出されます。

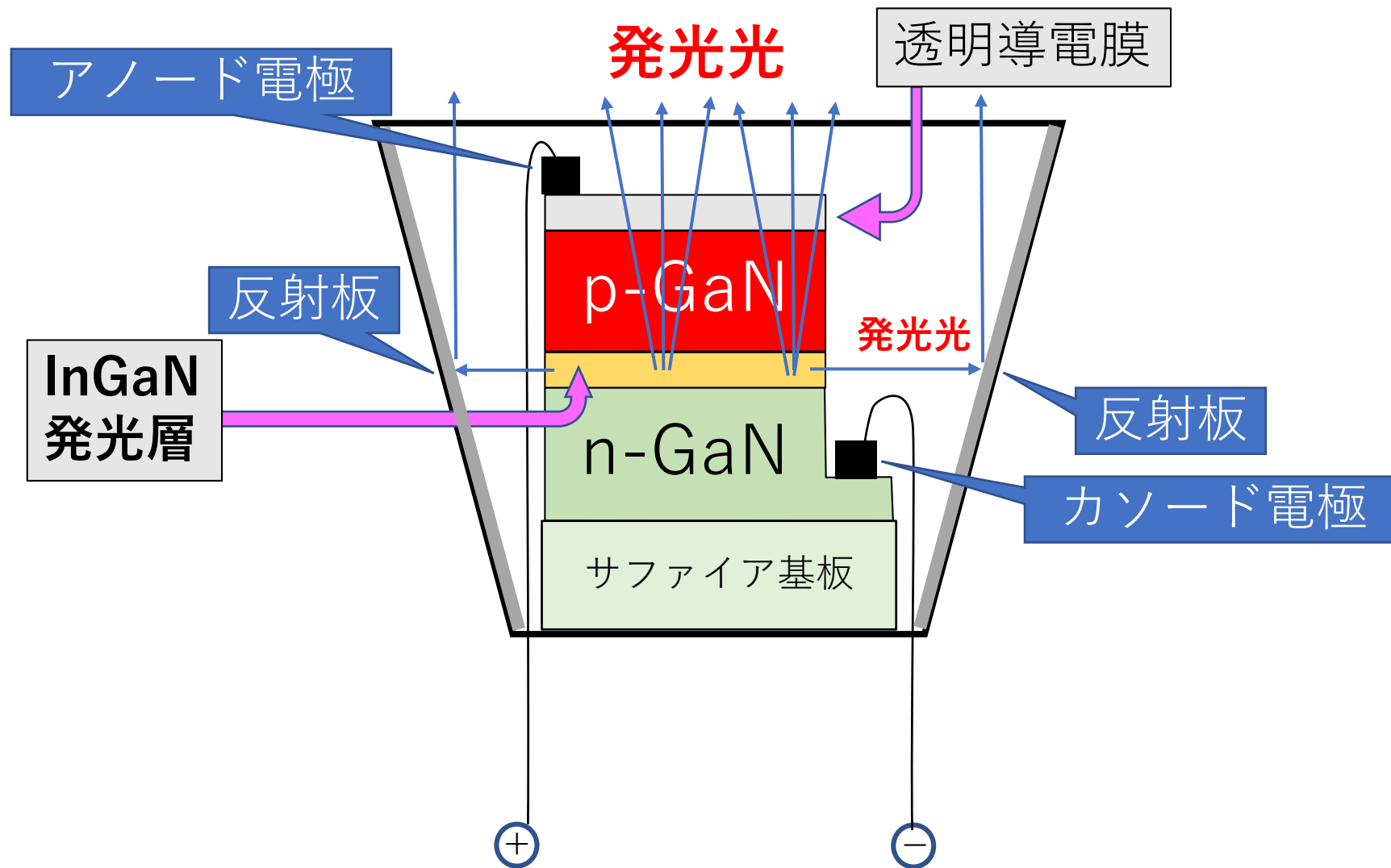
バンドギャップは、半導体の材料毎に異なっています。

ダブルヘテロ構造LED



異なる結晶でつくるこのような接合をヘテロ接合といいます。この図のLEDでは、 $p\text{-AlGaAs}/\text{AlGaInP}/n\text{-AlGaAs}$ のように挟む構造のためヘテロ接合面が2枚できるので、これを double hetero junction(DH 接合)といいます。

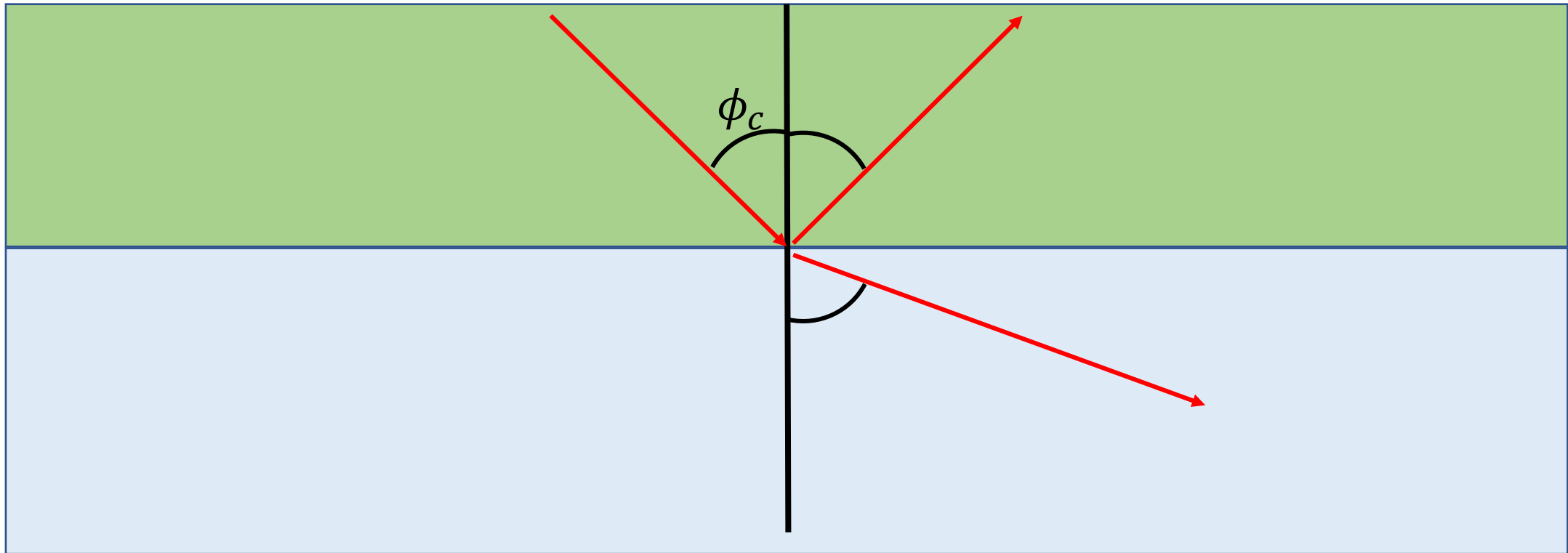
ランプ型LEDの構造の例



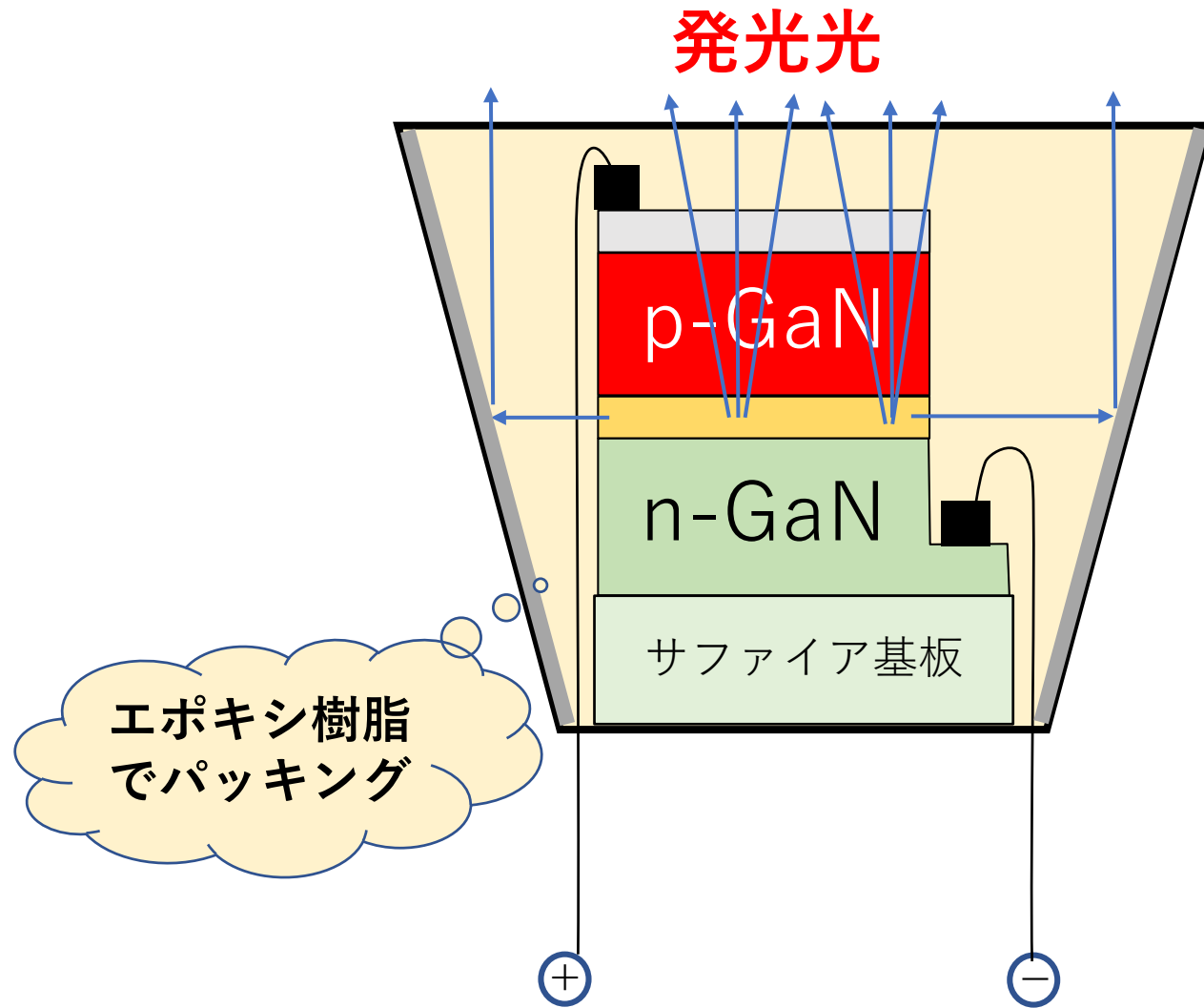
LEDは意外と光が取り出せない？



$$\sin\phi_c = \frac{n_{\text{air}}}{n_s} \quad (4 \cdot 27) \text{式}$$

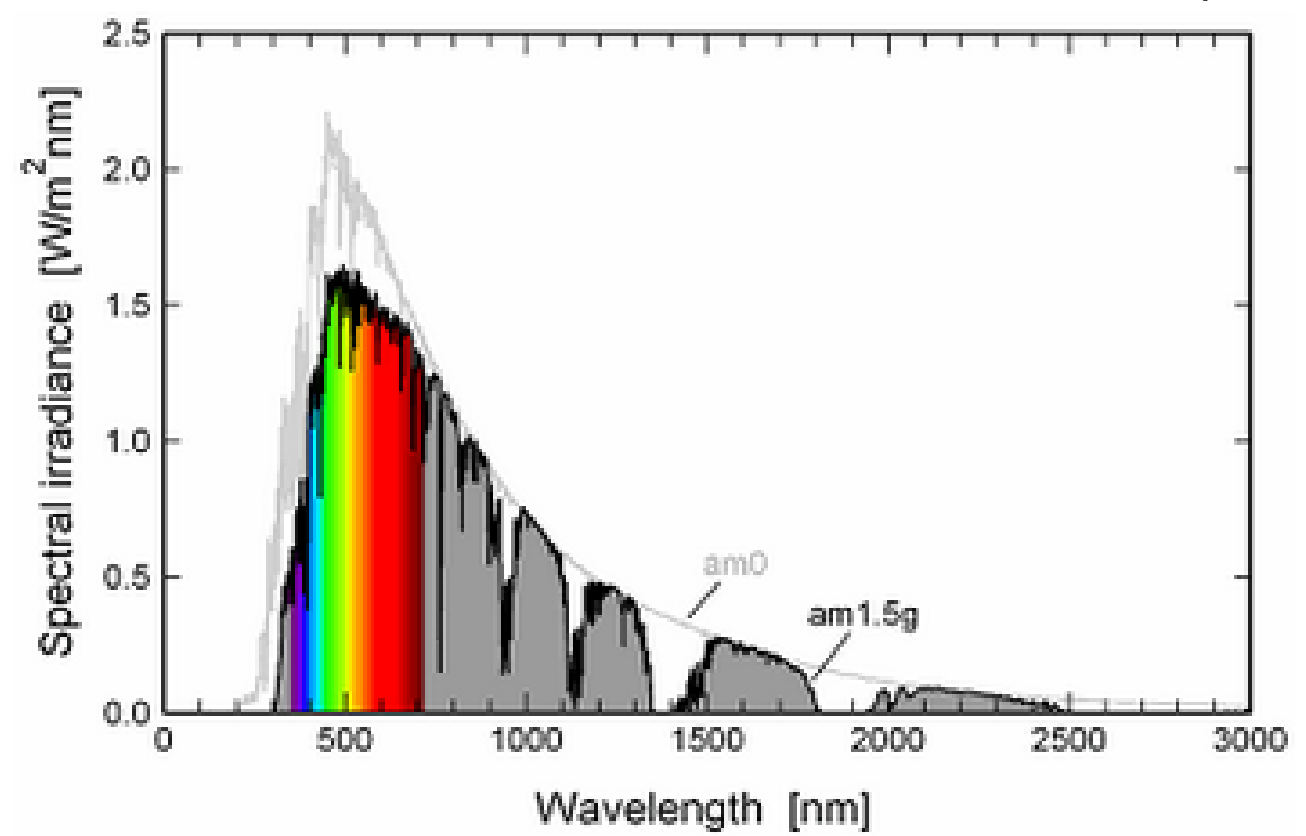
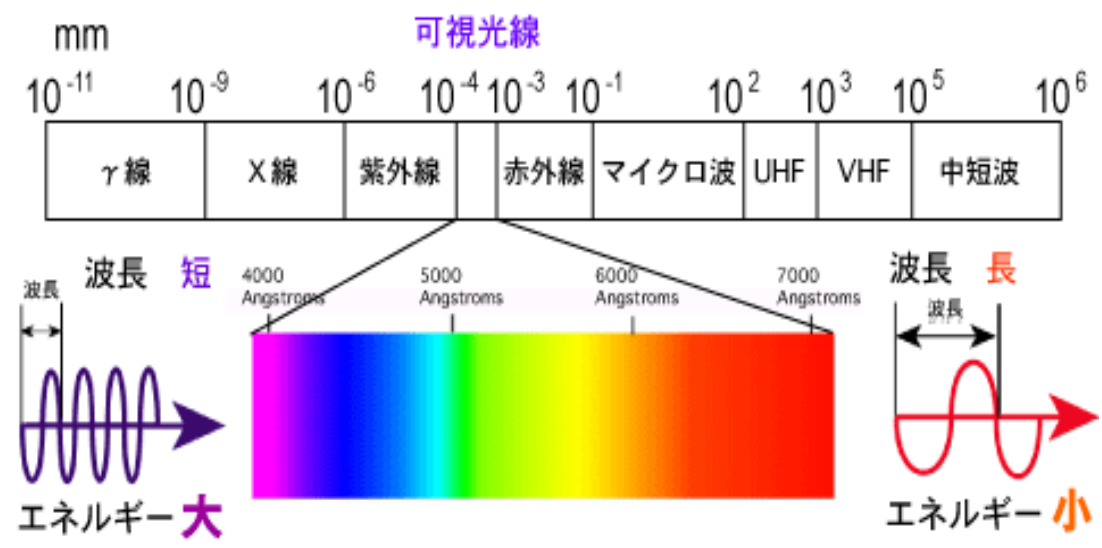


レーザ



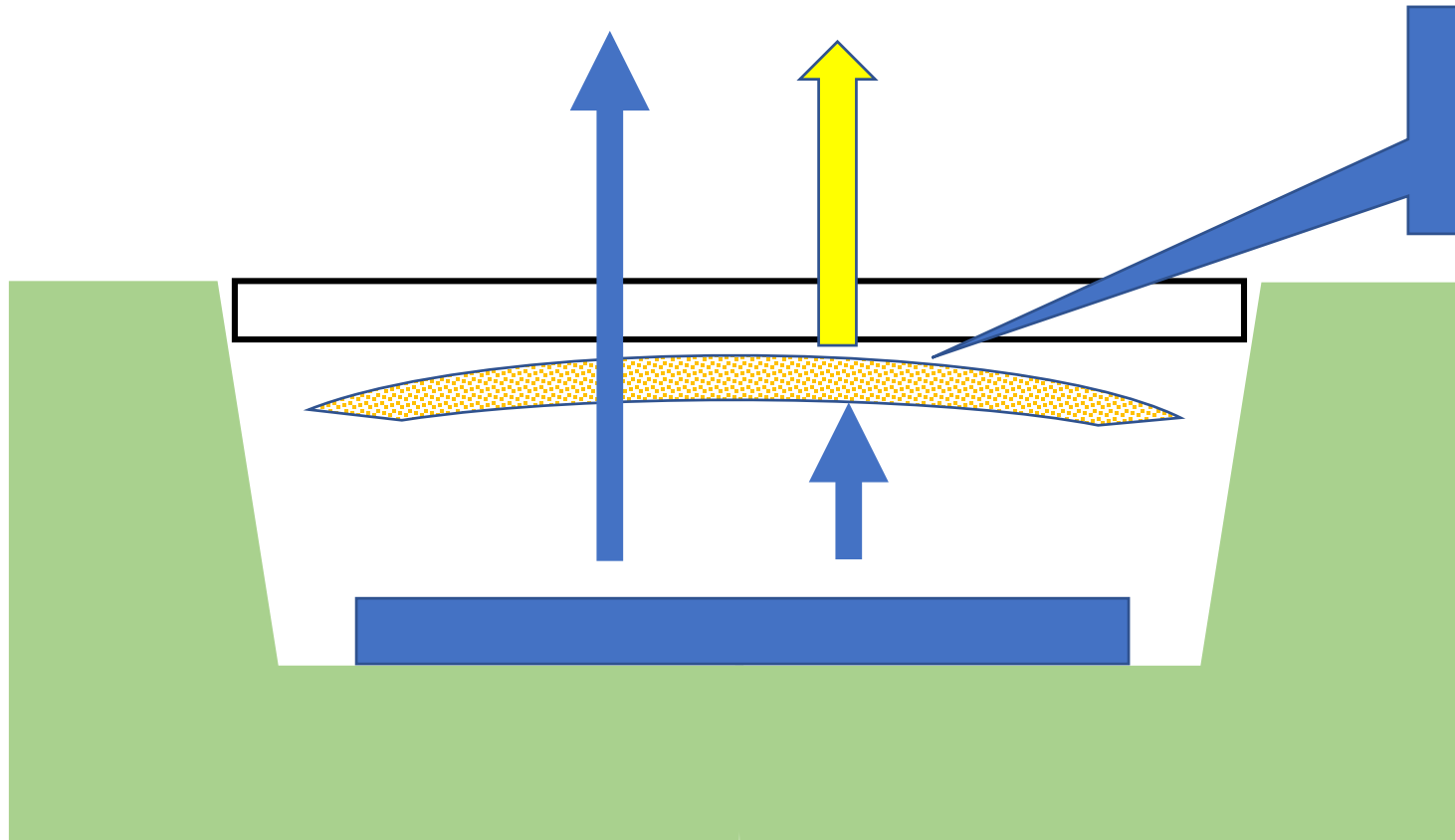
白色の波長とは？

教科書 p.124

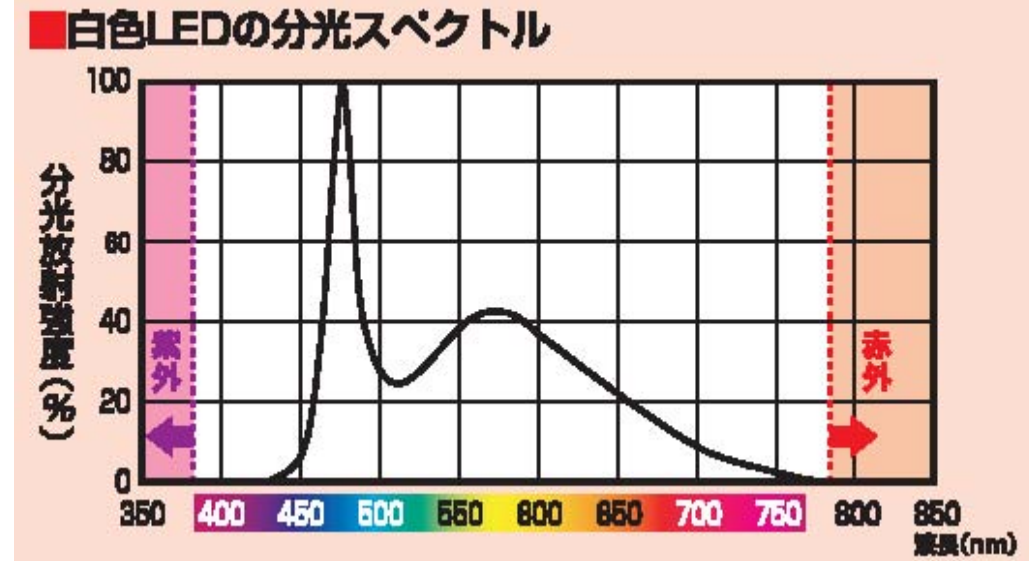


白色LED

教科書 p.124



黄色を発光する蛍光体を
青色光で励起する



LED照明推進協議会ホームページより
http://www.led.or.jp/led/led_comparison.htm



スライド問題5-4

2色しかなくて本当に問題ないのでしょうか？

解決策は無いのでしょうか？

スライド問題5-4 解答例

液晶テレビのバックライトにもLEDが使われていますが、2色では正しく色再現できないため、問題です。

テレビのバックライトでは、3色それぞれを発光するLEDを設置したり、青色光を他の2色に変換する量子ドットと呼ばれる技術が使われています。

医療の世界では、例えば手術の際に正しい色が見えないと病気の臓器の様子が分からないので、光源の発色には厳しい要求が課されています。

レーザー

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
の略でLASERと書く。誘導放出による光増幅。

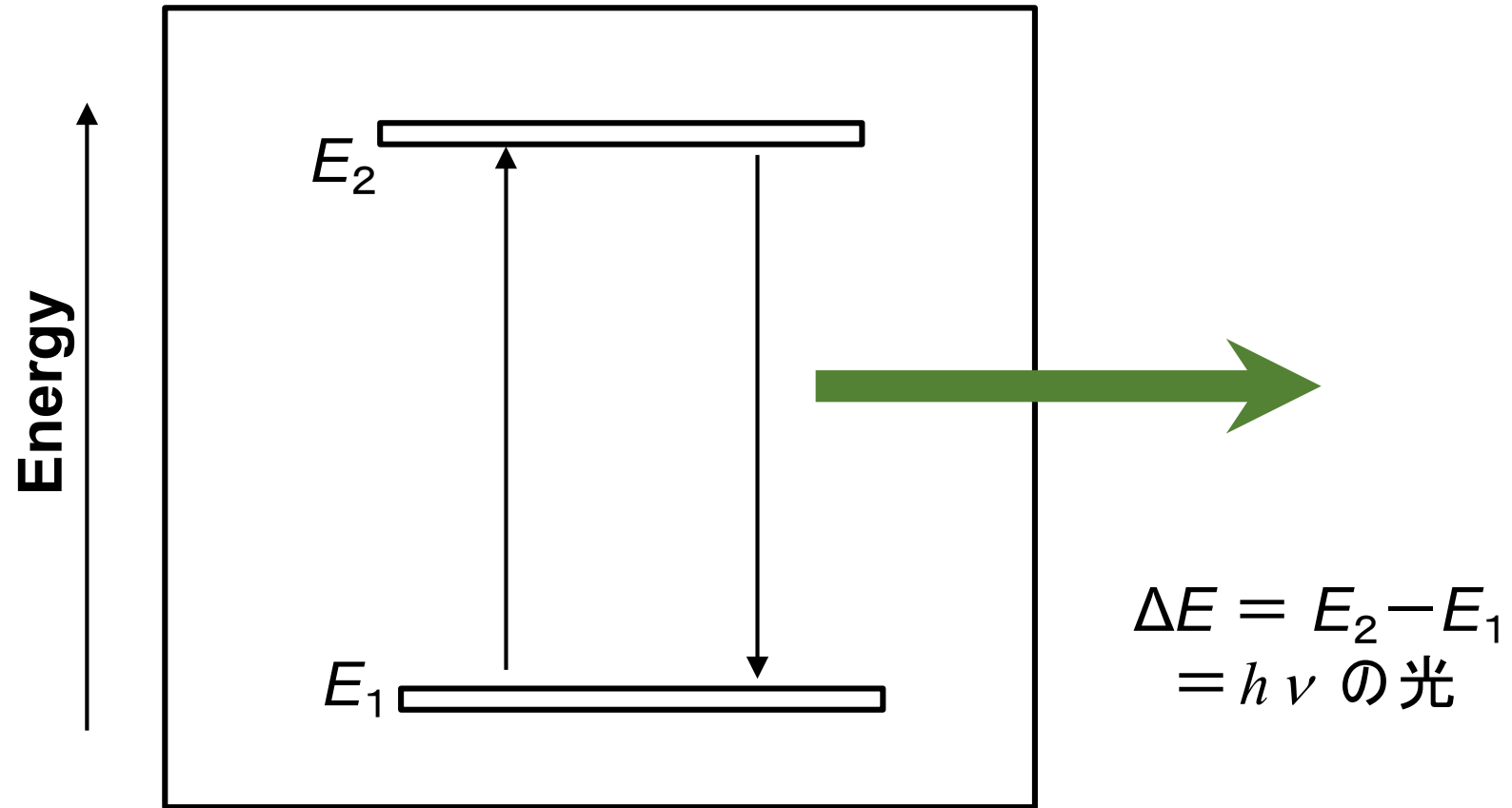
特徴は：

- 単色光
- コヒーレント
- 発散が小さい
- エネルギー密度が高い
- 高出力が得られる

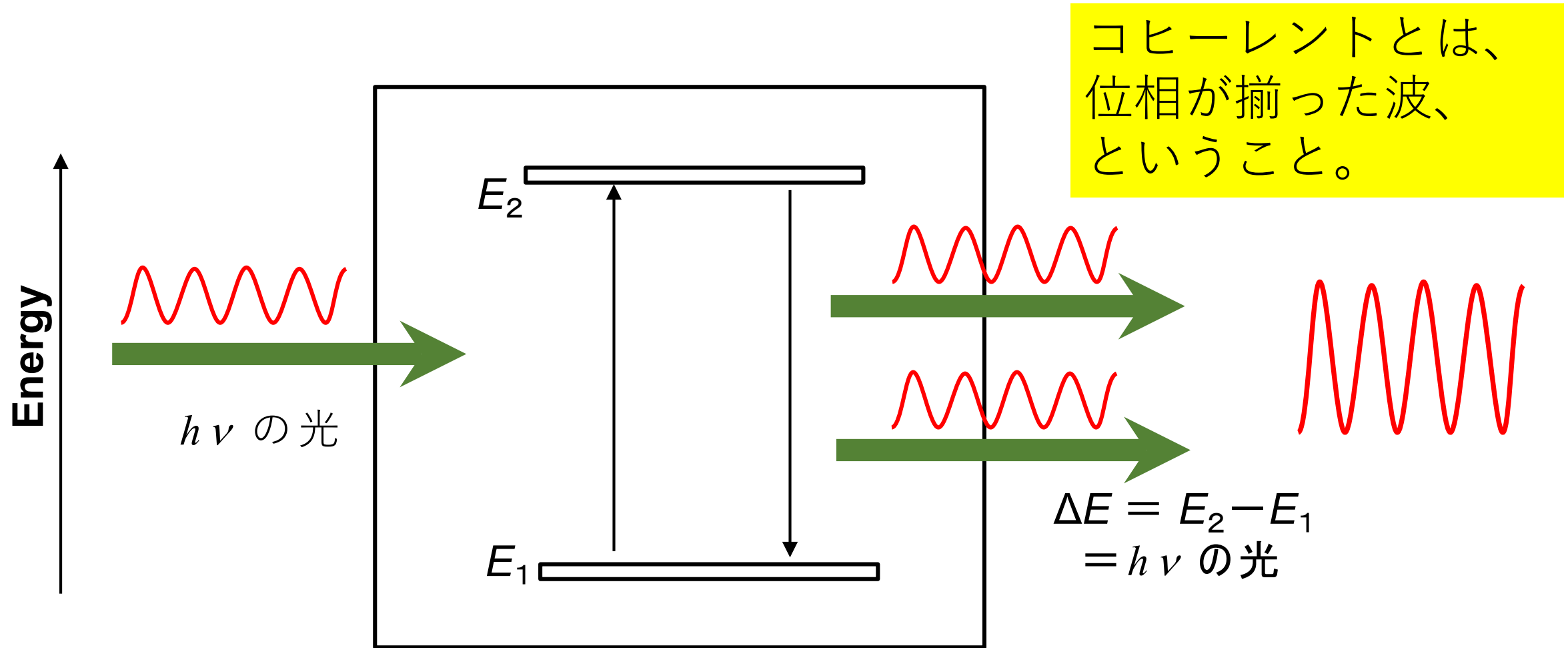


レーザー加工機：パールライト工業(株)Webより
<https://www.pearl-light.jp/labo/20180315121131/>

自然放出

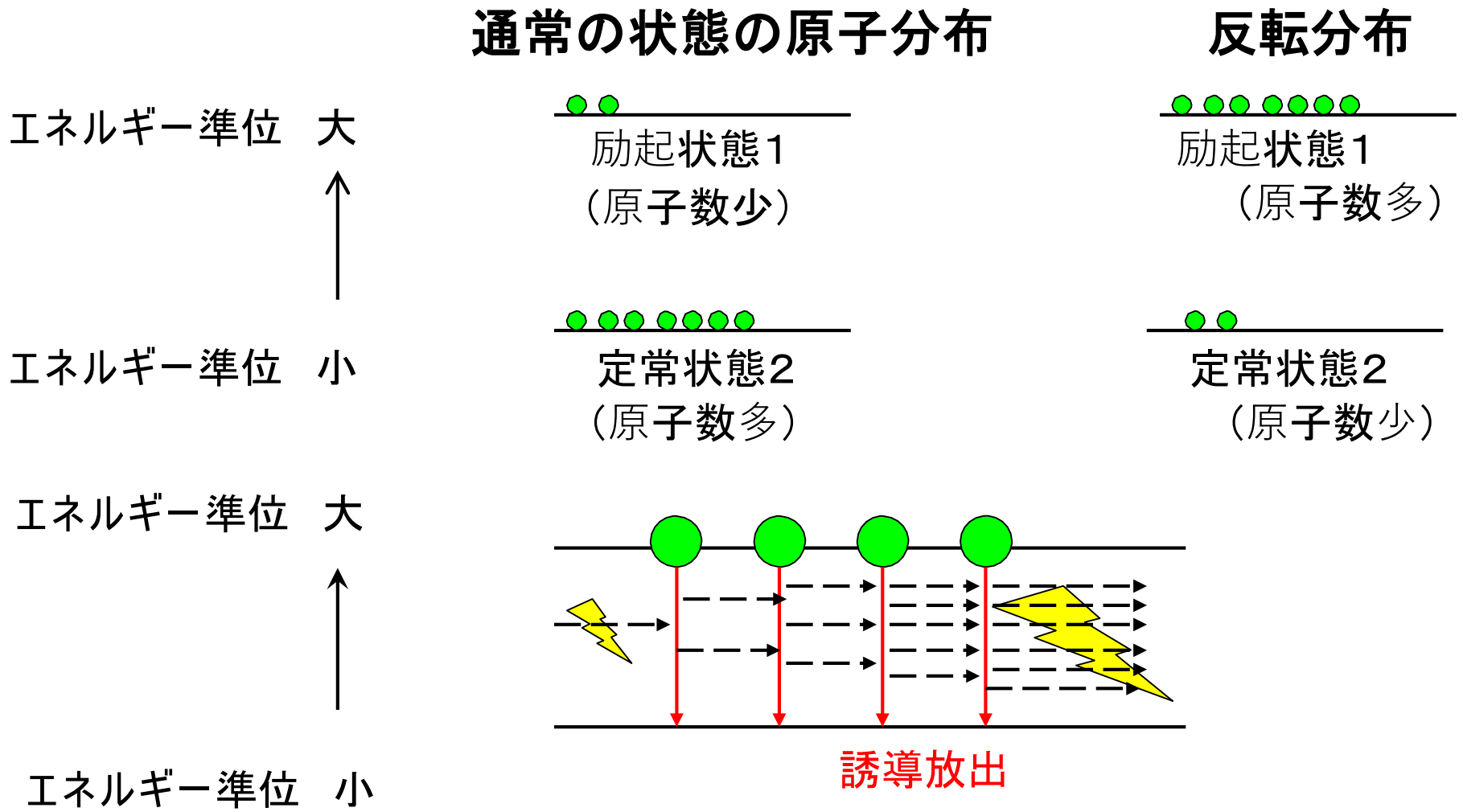


誘導放出





誘導放出



なだれ式に増えていく.....

ファブリペロー共振器

励起媒体(フラッシュランプ)

レーザー媒質

鏡

鏡 (少し透過する)

(平行に鏡を置く)

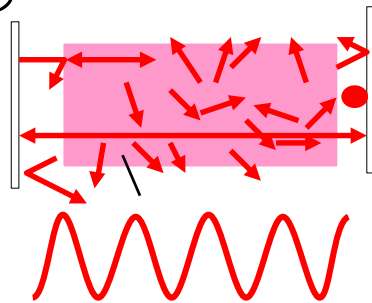
(1) フラッシュランプの光をレーザー媒質が吸収します。それにより、媒質が反転分布状態(高エネルギー状態)になります。

ファブリペロー共振器

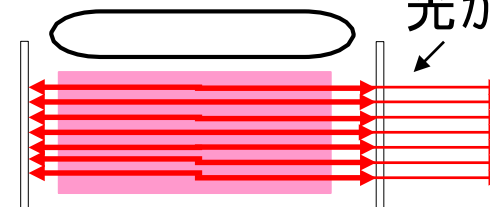
光が強くなると漏れだす

(3) レーザー光が出力されます。鏡面に垂直な光のみが閉じこめられ、出力されます。

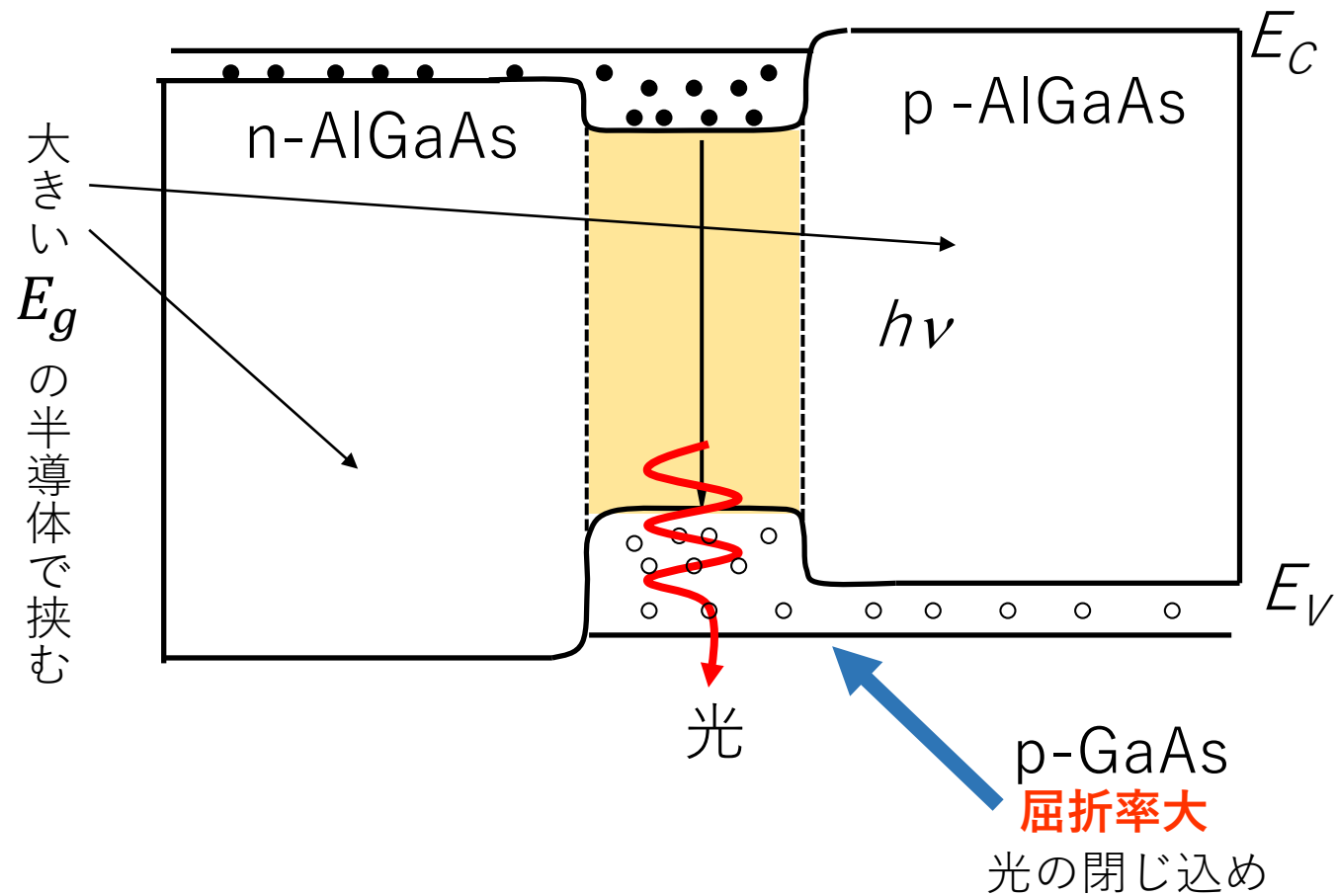
鏡面に垂直な光は
反射を繰り返す



(2) 自然放出により光が放出されます。鏡に垂直な光が誘導放出により増幅されます。



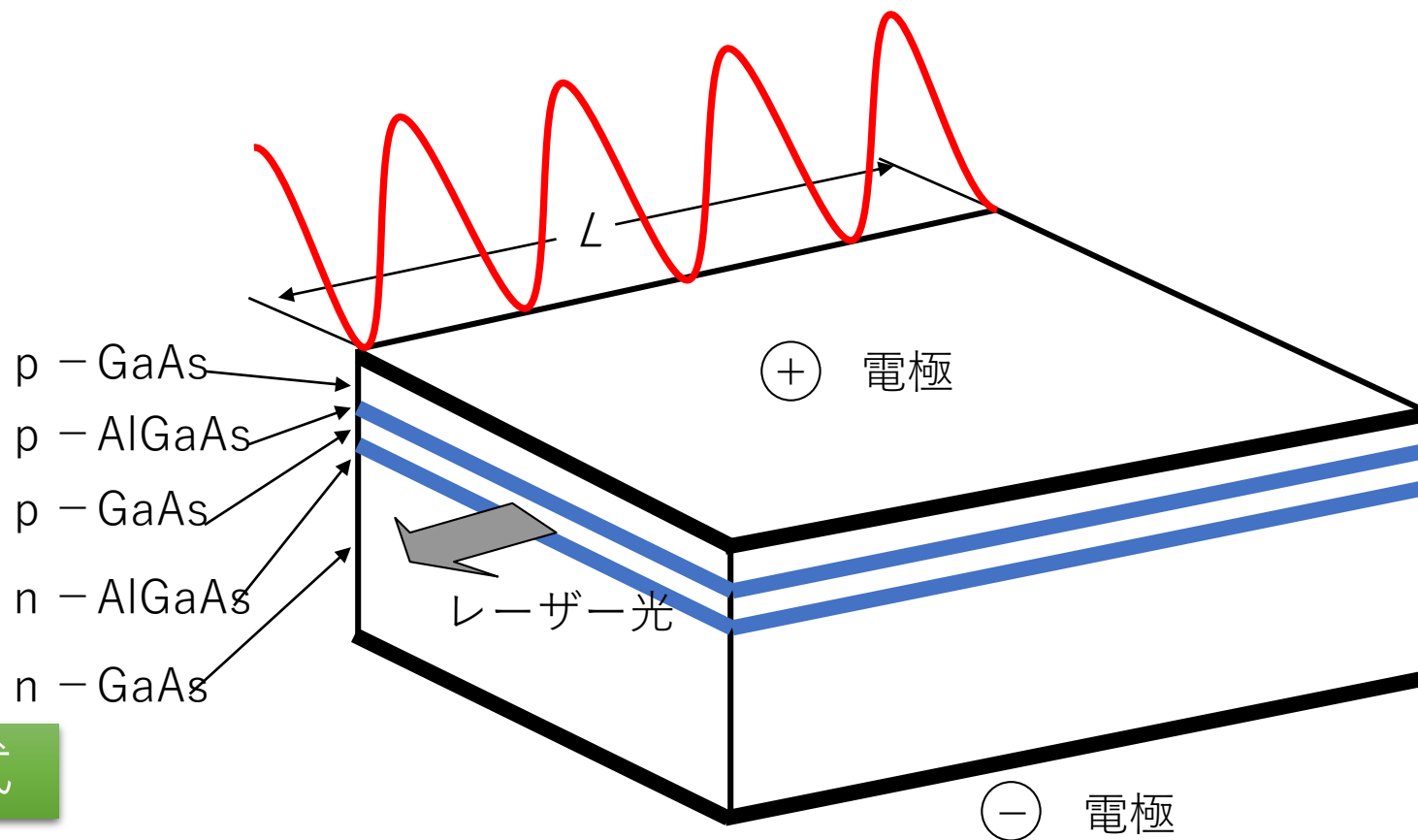
ヘテロ接合によるキャリアの閉じ込め



キャリアを閉じ込め、反転分布を得る

ダブルヘテロ接合構造レーザー

ダブルヘテロ接合構造レーザー



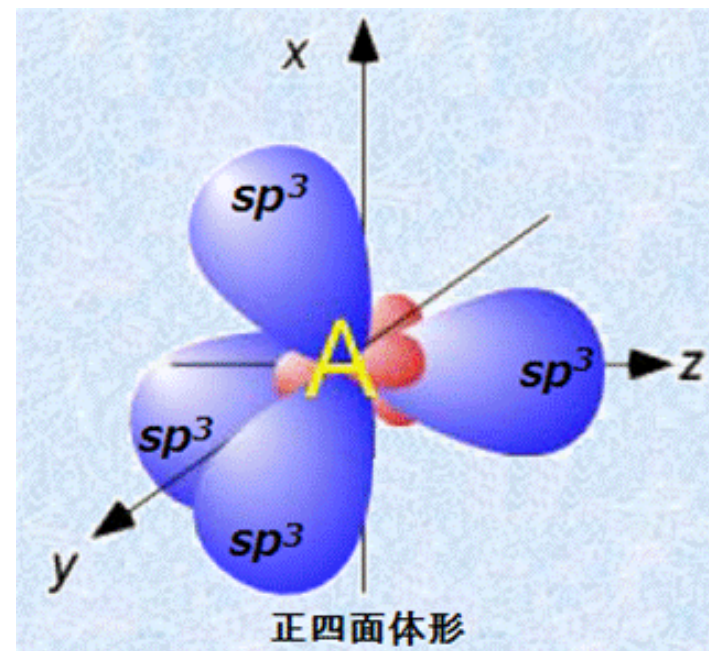
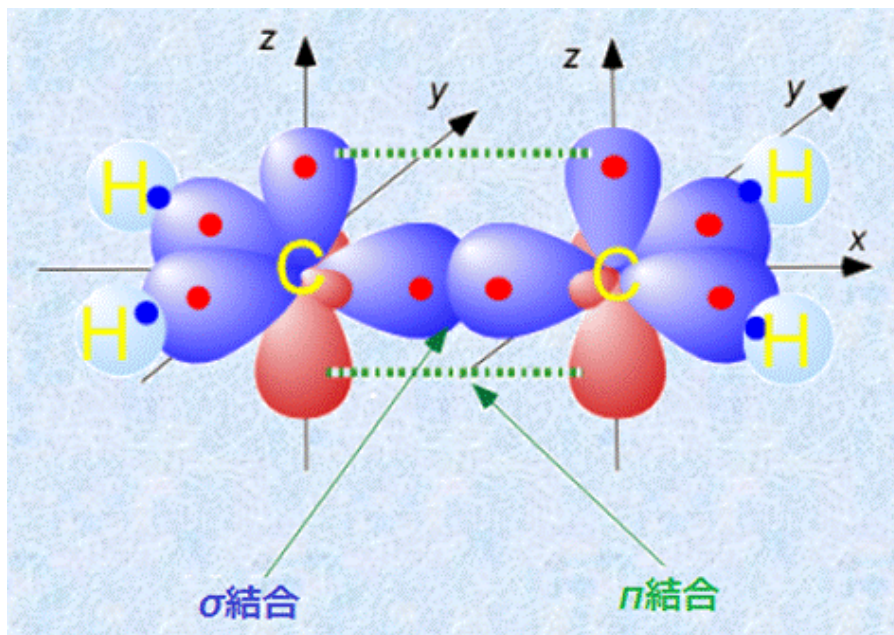
超重要な式

$$\lambda / (2n) \times \text{整数} = L$$

モード次数

ダブルヘテロ接合レーザーの構造

有機電子デバイス



高校レベルの化学では、 σ 結合は単結合と同じ意味

- 二重結合では、その結合は σ 結合と π 結合によるもの

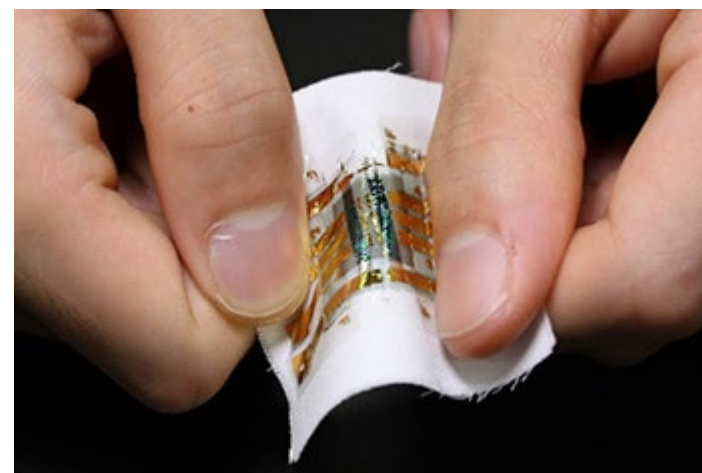
有機電子デバイスの利点



没入感が高い、湾曲した液晶ディスプレイ

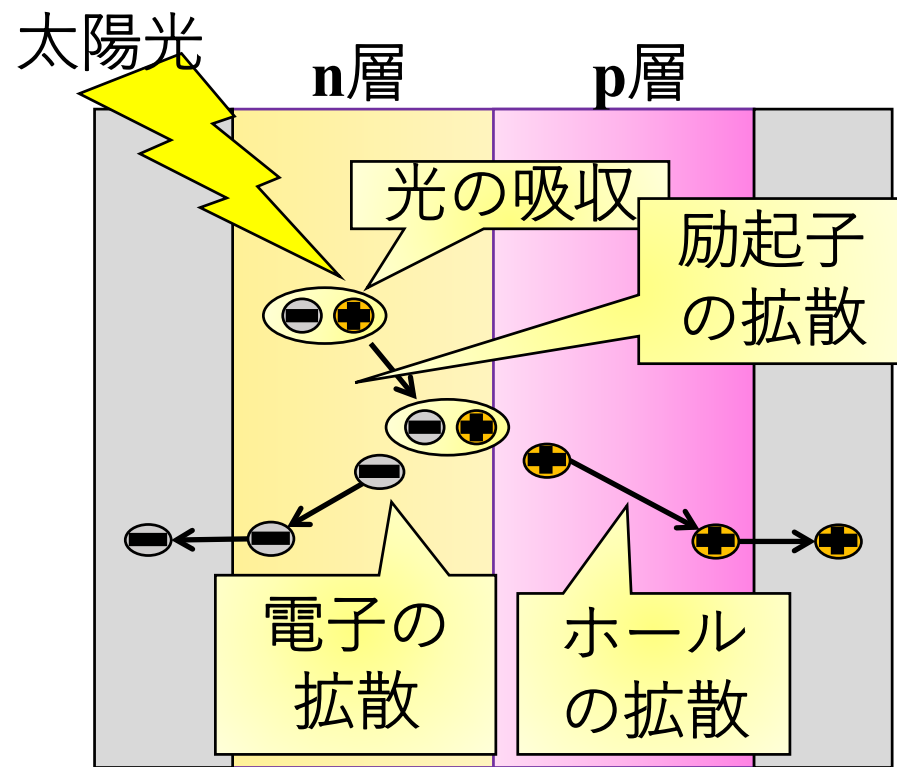


有機EL搭載の折り畳みスマホ
FlexPai



東レ・東大で開発された、布の上に形成された有機薄膜大洋電池。
将来は、着衣で発電しスマホ充電ができる時代に。

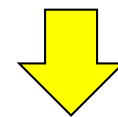
有機太陽電池の動作



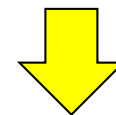
n層 : 電子輸送層(n型有機材料)

p層 : 正孔輸送層(p型有機材料)

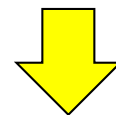
1. 太陽光の吸収より励起子が生成



2. 励起子は拡散し接合界面へ到達

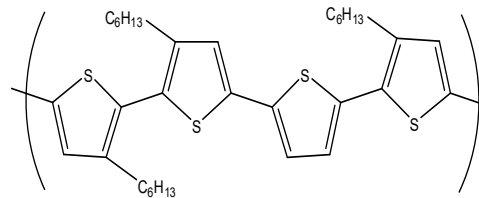
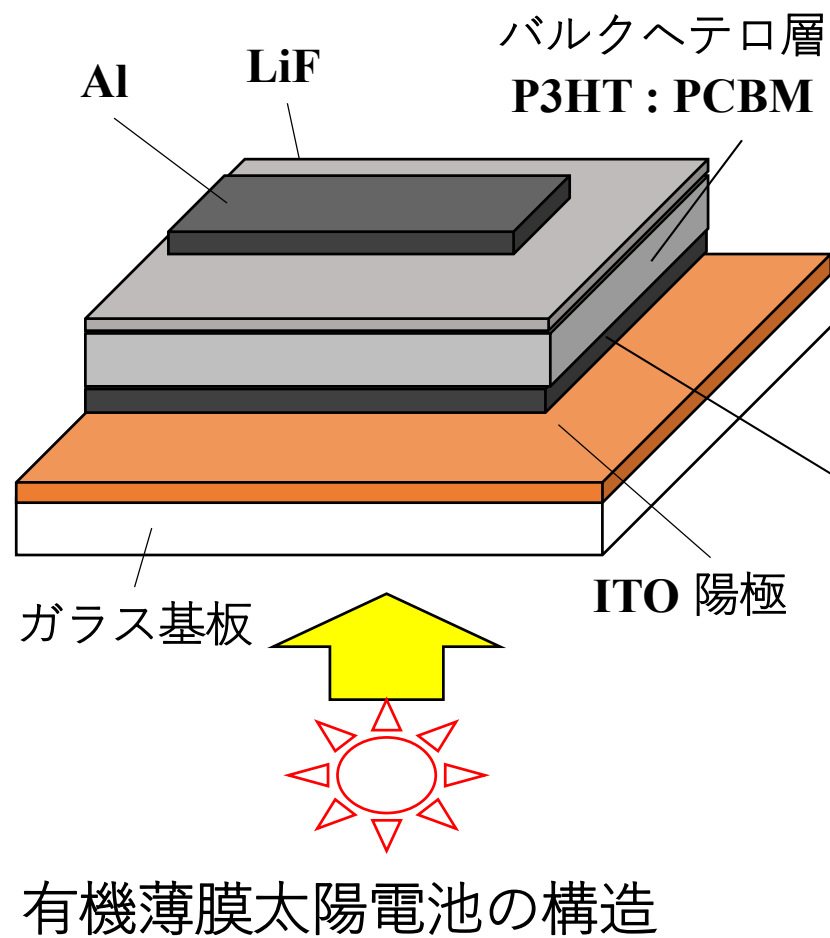


3. 接合界面に到達した励起子はフリーキャリアへと解離する

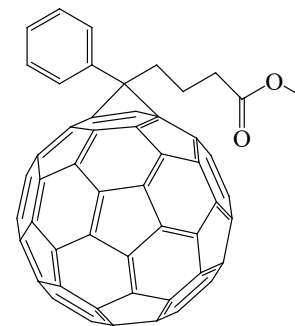


4. 解離したフリーキャリアは電極に向かい輸送外部回路へと取り出される

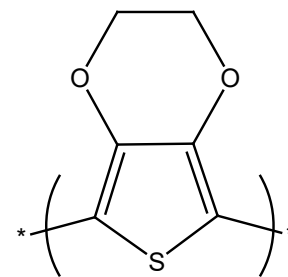
有機太陽電池に使われる材料



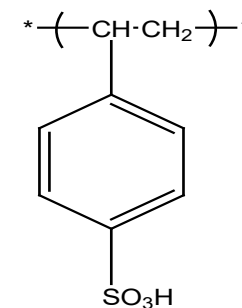
P3HT
p型(donor)



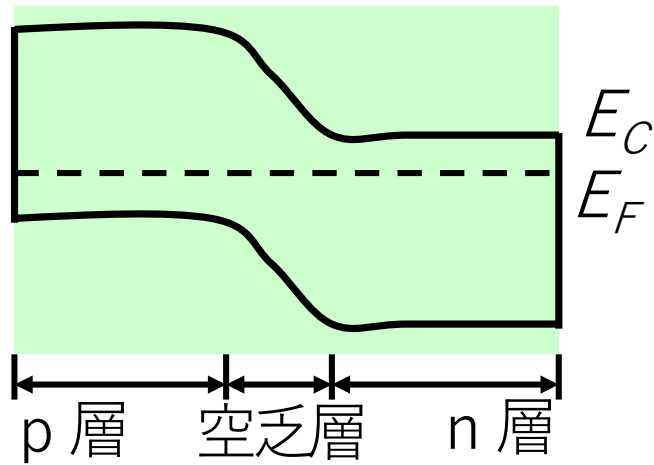
PCBM
n型(acceptor)



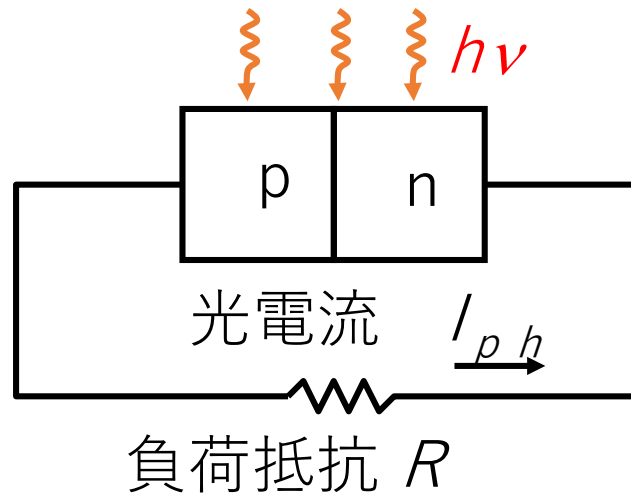
PEDOT:PSS
ホール輸送層



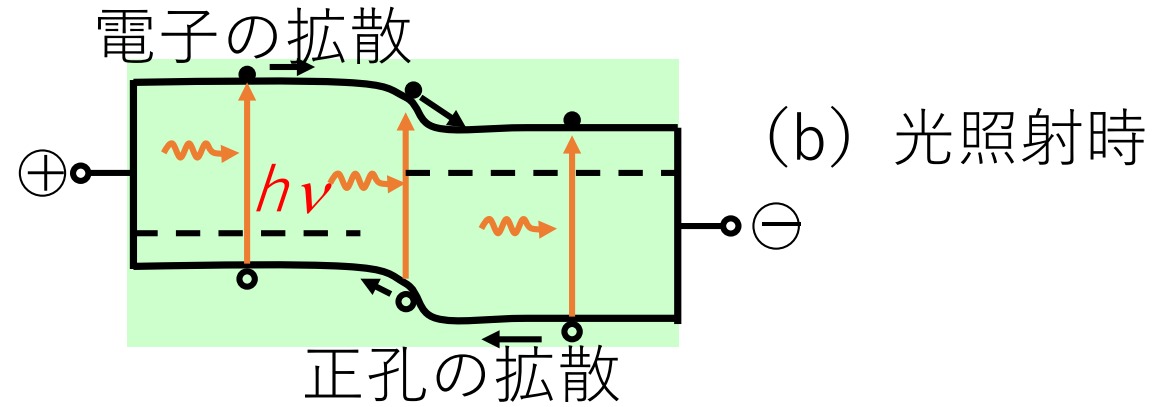
太陽電池の発電



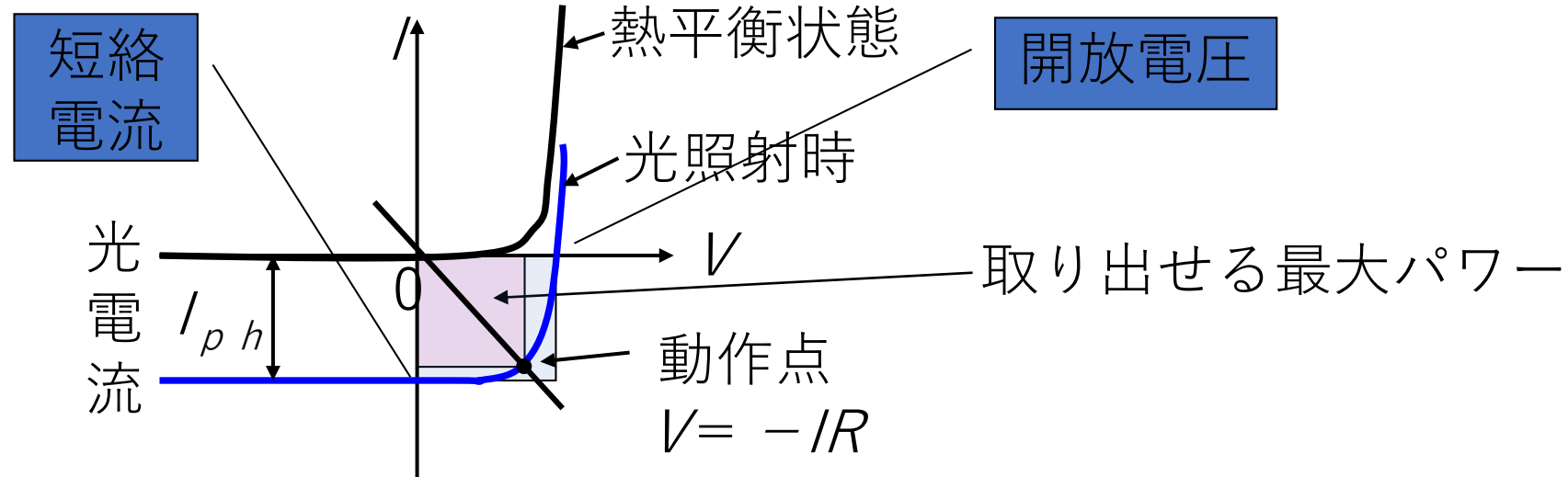
(a) 熱平衡状態



(c) 太陽電池の回路図



(b) 光照射時



(d) 太陽電池の電圧
—電流特性

$$\text{形状因子} = \frac{\text{ピンクの面積}}{\text{緑の面積}}$$

太陽電池の発電効率 η

$$\eta = (\text{開放電圧}) \times (\text{短絡電流}) \times (\text{形状因子}) \div (\text{太陽光エネルギー密度})$$

例えば、開放電圧0.7V、短絡電流50mA、形状因子0.7、太陽光エネルギー密度が100mW/cm²の場合、

$$\eta = 24.5\% \quad \text{となる。}$$

課題レポート (Homework)

以下のレポートを作成し、ILIASを使って提出してください。

MSWordで作成すること。テンプレートはILIASに置いてあります。提出期限は6月7日(日)13時JST.

ファイル名は、必ず学籍番号の数字を含めて「例：20310185-HW04.docx」のような名前にして提出すること。
(未だにテンプレと同じファイル名のまま提出する人がいて、採点する法としても困っています)

課題1 (字数は200字程度。適宜、数式も入れて説明して下さい)

スライド #44をもとに考えてみましょう。緑色のレーザーをInGaP(屈折率3.2)を活性層にして、ヘテロ層をInGaAlPとした半導体レーザーを作るとします。モード次数を4000とした場合、共振器長はいくらになりますか。

課題2 (字数は200字程度)

プレゼンテーションで使うレーザーポインターは緑色だと赤色よりも8倍明るいという人がいるが、本当か？
講義の内容に沿ってその真偽を説明して下さい。

課題3 (字数は500字程度)

NAND型フラッシュメモリとNOR型フラッシュメモリの特徴と、適した用途をまとめましょう。CPU周りのキャッシュに使うならどのメモリが適しているか、考えよう。さらに、HDDとSSDも適した用途を纏めましょう。皆さんのPCにはどちらが向いているか？ 計算サーバーにはどちらが向いているか？ SNSサーバーにはどちらが向いているか？ データの出し入れの頻度、使用年限の観点で考えましょう。