論理回路

理工学部　電気電子工学科　教授
沼居　貴陽　(Numai, Takahiro)

研　究　歴

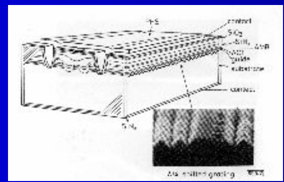
内容　　年	1985	1990	1995	2000

光通信

光伝送

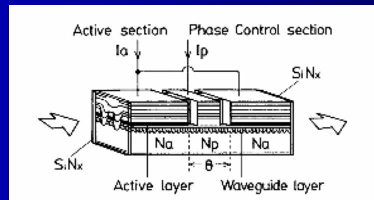
光交換

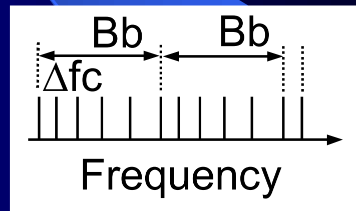
位相シフト
DFB-LD
（回折格子）



偏波変調LD
FDMシステム
（四光波混合）

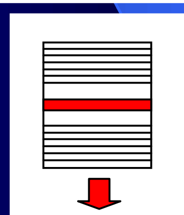
波長可変光フィルタ
(WDM)



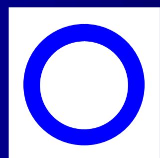


光情報処理

面発光型光機能素子
面発光レーザー



光センサ



半導体リング
レーザー

NEC　　北大助教授　キヤノン

位相シフトDFB-LD

日本経済新聞

日電

光通信、伝送ロス最少

1.55ミクロン帯の半導体レーザー

日電の開発した1.55ミクロン帯単一波長半導体レーザーの概念図

日本電気は光通信の伝送ロスが最も少ない一・五五ミクロン（一ミクロンは千分の一ミリ）帯の単一波長半導体レーザーを開発した。同じ波長帯のレーザーがこれまでも試作されているが、周辺の波長光が同時に出てしまい、実用になっていない。新レーザーは単一波長光を安定して発振でき、石英光ファイバーによる無中継の伝送距離を現在最長の三十キロから五十キロ以上に伸ばせる。同社はこの成果を六日、東京で開催中の電子通信関連大会で発表、実用化の詰めを急ぐ。

新しいレーザー発振器は化合物半導体の一種であるインジウム・リンを基板材料に使い、波長をそろえる部分（回折格子）に「位相シフト回折格子」を導入した。波状の回折格子の一カ所だけ波長を半分長くしたもので、独自の方法で製造した。これによってレーザー光を単一波長に絞ることに成功した。

また新レーザーは発振波長がわずかに短波長側にずれるよう設計してあり、超高速でレーザー光に変調をかける仕組みになっている。このため長距離伝送だけでなく、大容量の光通信が可能になる。

光通信は波長一・三ミクロン帯のレーザーを使っているが、伝送路の石英光ファイバーは一・五五ミクロンの光を最もよく通すため、その発振に適した半導体レーザーの開発が焦点になっていた。一・三ミクロン帯の光通信は信号を再生する中継器が三十キロごとに必要なのに対し、新レーザーは五十キロ以上無中継で送信、しかも約十倍の容量（電話回線で五万六千回線分）の伝送が可能。

新型半導体レーザーの「位相シフト回折格子」の部分

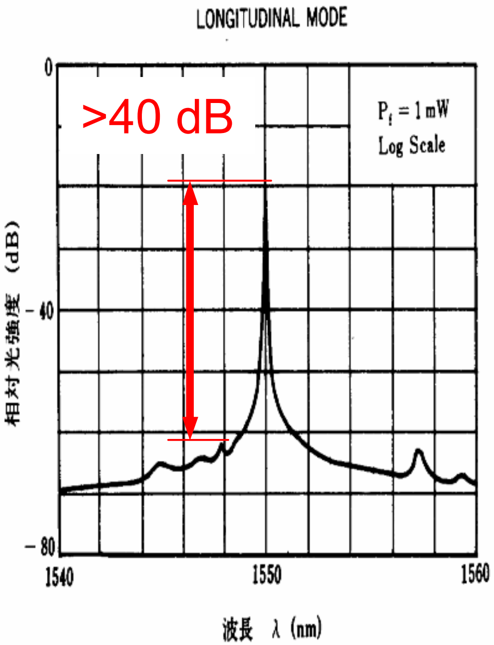
マイコン関連ソフト新会社

日電が設立

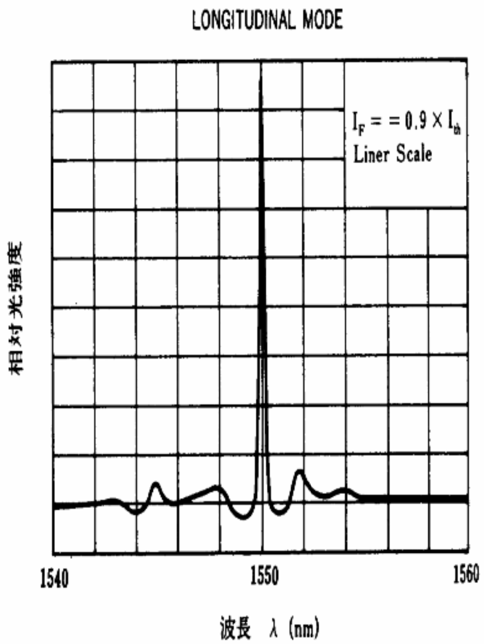
日本電気は五日、マイクロコ

1986年9月6日（土）日本経済新聞

特性：発光（発振）スペクトル



レーザー発振後



レーザー発振前

位相シフトDFB-LD 世界初の量産化

1988年1月21日（木）発表（新聞掲載1月22日）

位相シフト内蔵

単一軸モード半導体レーザー 初の量産化確立

日刊工業新聞

位相シフトDFBレーザーで量産技術

歩留り良く低価格

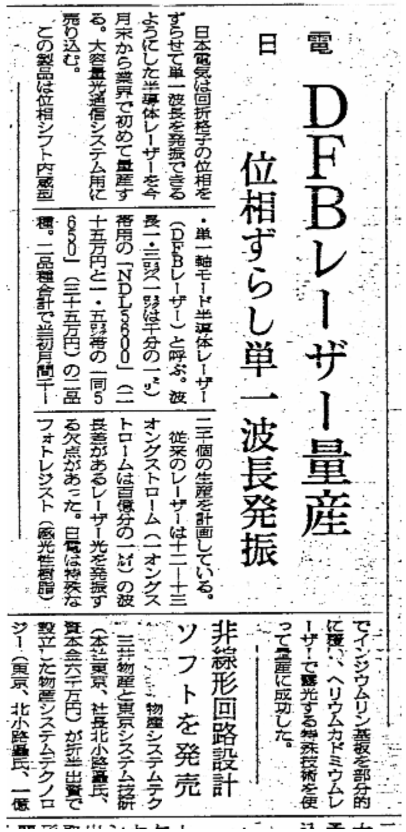
月末から販売

日本工業新聞

今月末から、一種発売

通信システムで安定した発振波長

電波新聞



DFBレーザー量産

位相ずらし単一波長発振

日本電気は回折格子の位相をずらせて単一波長を発振できるようにした半導体レーザーを今月末から業界で初めて量産する。大容量光通信システム用に売り込む。

この製品は位相シフト内蔵型・単一軸モード半導体レーザー（DFBレーザー）と呼ぶ。波長一・三㍃（一㍃は千分の一㍉）帯用の「NDL5600」（二十五万円）と一・五㍃帯の「同5650」（三十五万円）の二品種。合計で当初月間千二千個の生産を計画している。

従来のレーザーは十一～十三オングストローム（一オングストロームは百億分の一㍍）の波長差があるレーザー光を発振する欠点があった。日電は特殊なフォトレジスト（感光性樹脂）でインジウムリン基板を部分的に覆い、ヘリウムカドミウムレーザーで露光する特殊技術を使って量産に成功した。

非線形回路設計ソフトを発売

日経産業新聞

研究テーマ

エレクトロニクス

機器

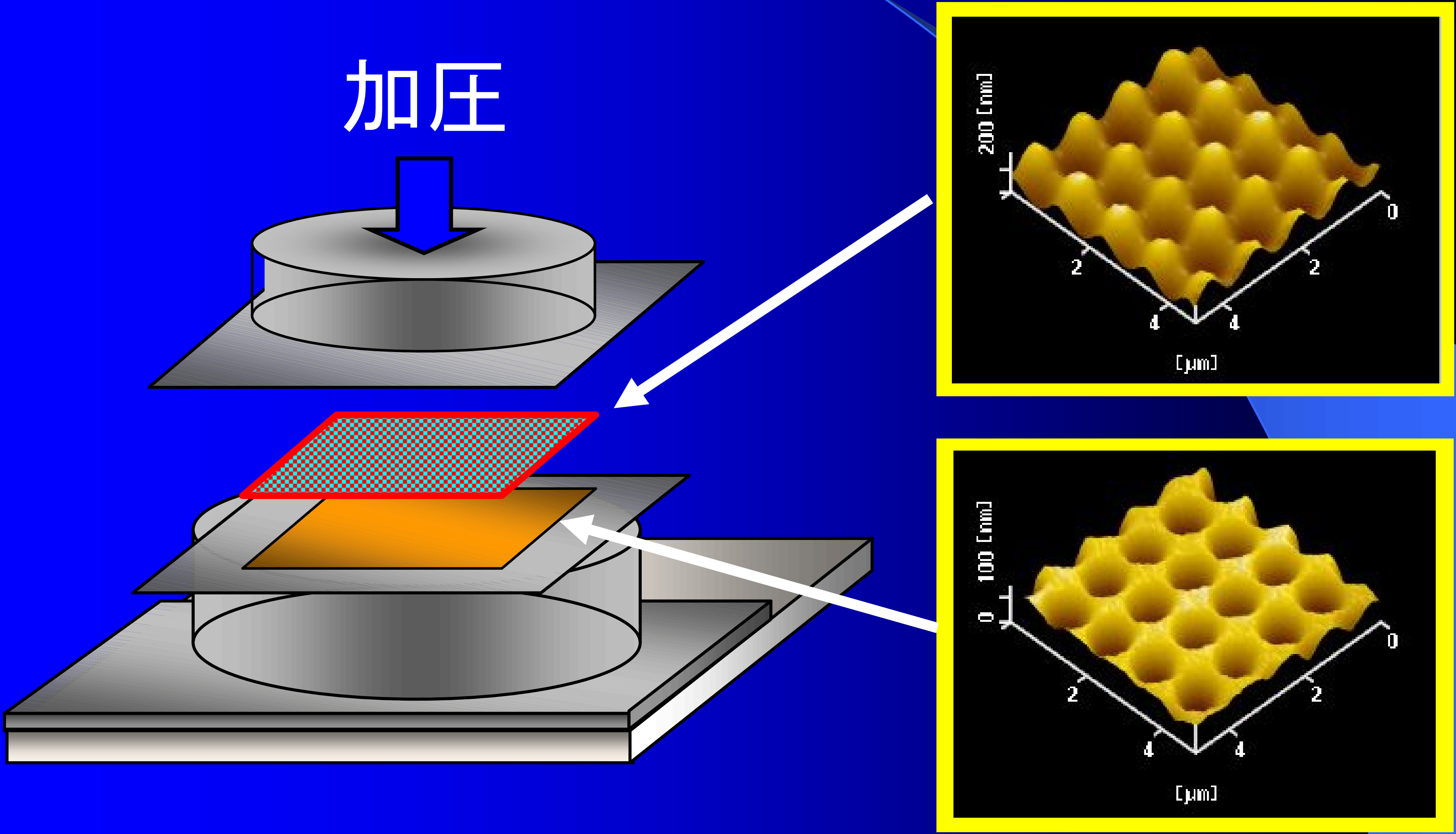
システム

デバイス

材料・物性

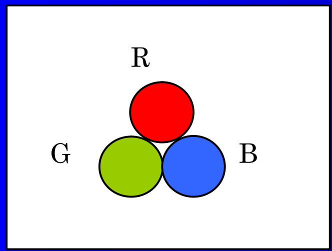
プロセス

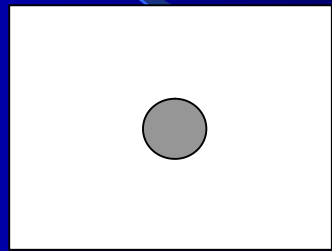
プロセス（ナノインプリント）



デバイス（イメージング）

従来



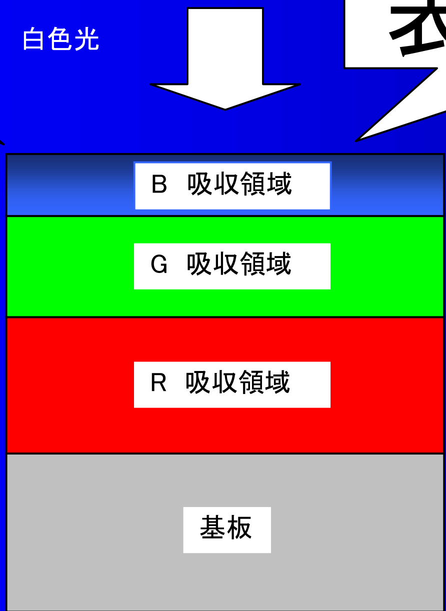


本研究

エッジ

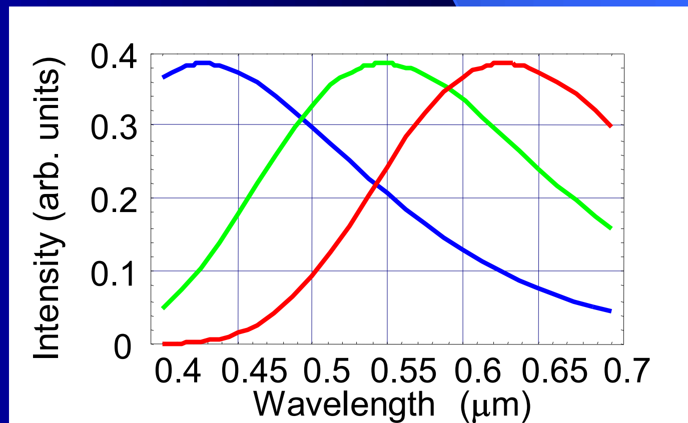
表面再結合

白色光

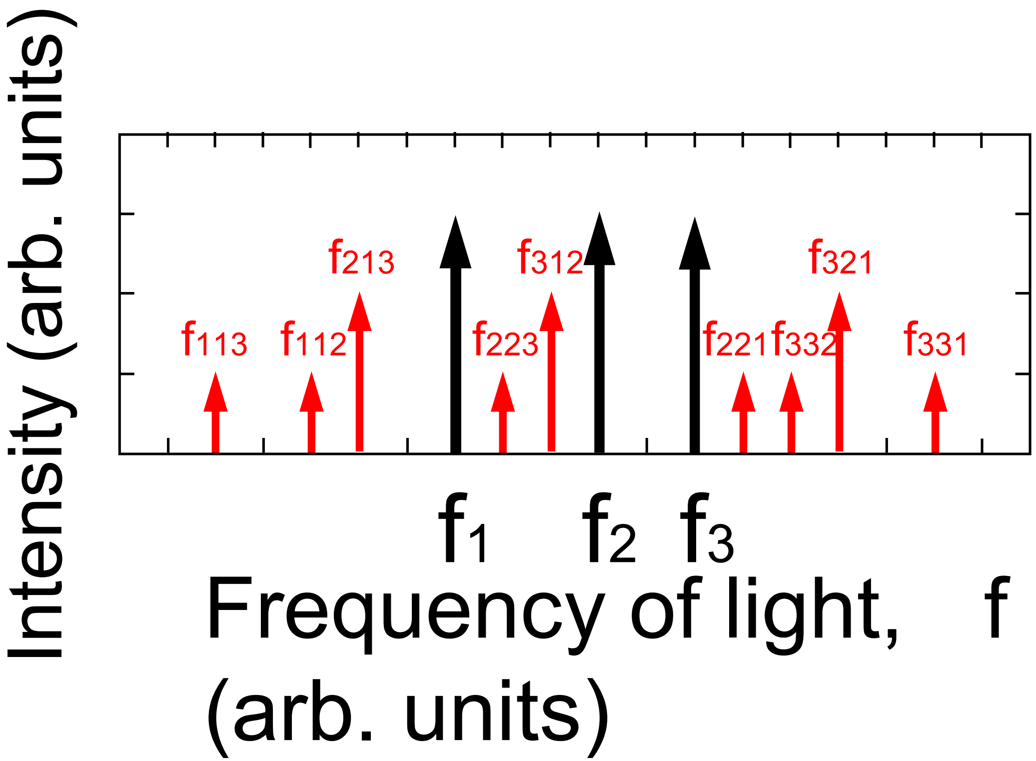


拡散分布

界面



システム（FDM光通信）



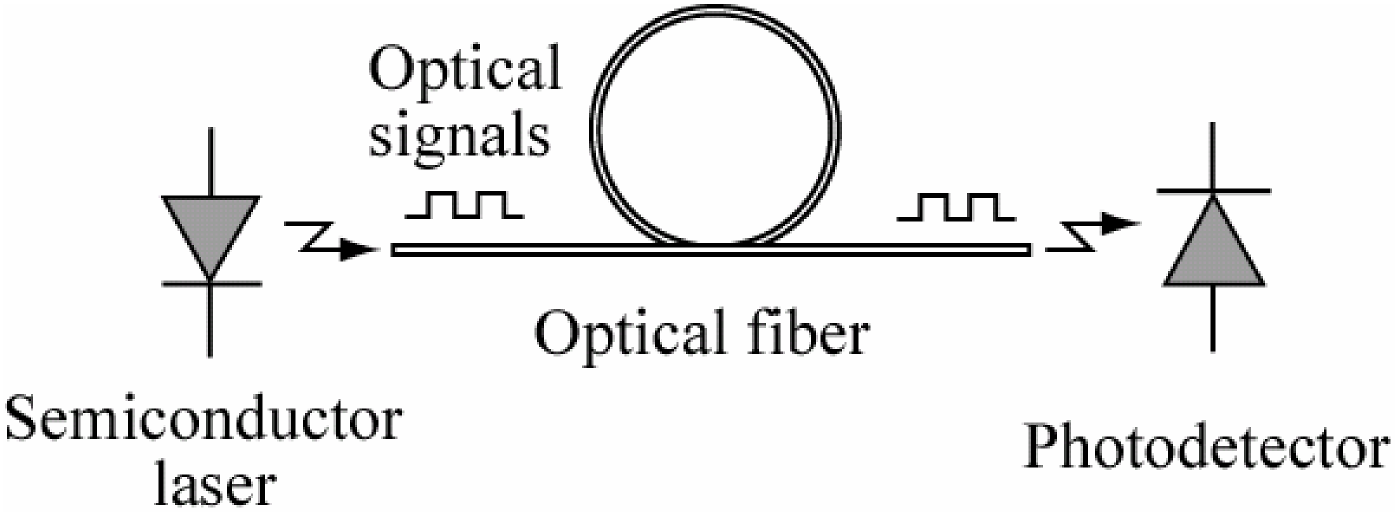
Signal:

f_1, f_2, f_3

Noise: f_{ijk}

光ファイバー通信

- 光通信システムと変調
  - 強度変調-直接検波方式



ディジタル信号 ⇨ 超長距離伝送

開講にあたって

- 成績評価
- 教科書
- 勉強にあたって
- 講義内容

成績評価

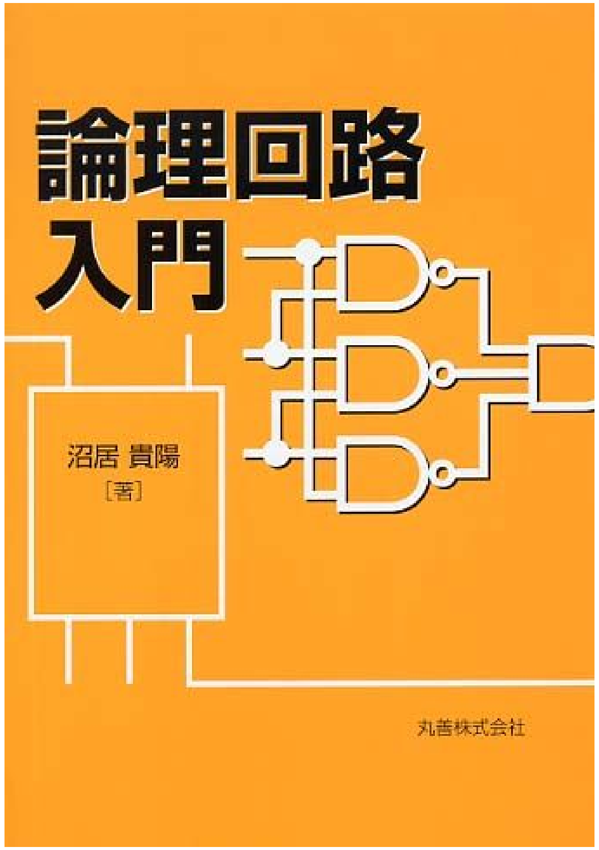
- 小テスト（奇数回の講義時）
  - 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15
- 1回　20点満点
- 上位5回の合計点数
  - 100点満点

開講にあたって

- 成績評価
- 教科書
- 勉強にあたって
- 講義内容

教科書

- 沼居貴陽
「論理回路入門」
（丸善）

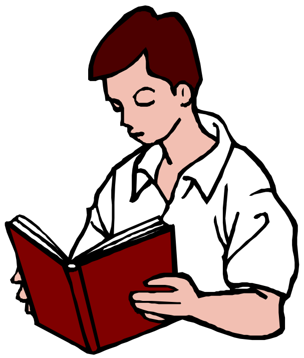


開講にあたって

- 成績評価
- 教科書
- 勉強にあたって
- 講義内容

勉強にあたって

内容＼時期	小・中・高	大学	大学院	社会人
授業				
講義				
研究・開発		「スムーズな移行」 卒業研究		情報発信



ノート作りのすすめ

自学自習

x	y	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\bar{x}y$	$x\bar{y}$	$\bar{x}y+x\bar{y}$
0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0

演算結果が0になるAND項

$(x,y)=(0,0)\Rightarrow \bar{x}\,\bar{y}$

$(x,y)=(1,1)\Rightarrow xy$

$$\overline{0}=\overline{\bar{x}\,\bar{y}+xy}=\overline{\bar{x}\,\bar{y}}\cdot\overline{xy}$$
$$=\left(\bar{\bar{x}}+\bar{\bar{y}}\right)\cdot\left(\bar{x}+\bar{y}\right)$$
$$=\left(x+y\right)\cdot\left(\bar{x}+\bar{y}\right)$$

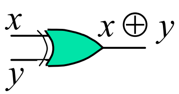
主乗法標準形

講義中

排他的論理和(Exclusive OR)

$x\oplus y=\bar{x}y+x\bar{y}$

主加法標準形



x	y	$x\oplus y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

0：否定，1：肯定

$(x,y)=(0,1)\Rightarrow \bar{x}y$

$(x,y)=(1,0)\Rightarrow x\bar{y}$

上記のAND項
（演算結果が1になるもの）
を＋で接続する

余白も活用

余白も活用

開講にあたって

- 成績評価
- 教科書
- 勉強にあたって
- 講義内容

講義内容

- ブール代数と論理ゲート
- 論理回路の表現
- ブール代数の性質
- 論理関数の簡単化
- 組合せ回路
- 順序回路
- 遅延と非同期動作

ディジタルの世界

- ブール代数
  - 2値変数(0と1のみ)を利用

    ⇒演算結果も0か1

    （例）　1+1＝1≠10

    ~~2進法~~
- 論理ゲート

ブール代数(歴史)

- George Boole(英国)

  論理の数式化

  - 1847年に発表(32歳, 着想は17歳)

    An investigation into the Laws of Thought, on Which are founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities (1854)

Born: 2 Nov 1815 in Lincoln, Lincolnshire, England
Died: 8 Dec 1864 in Ballintemple, County Cork, Ireland

- Claude E. Shannon(米国)

  ディジタルへ初めて応用

  - リレーによるコンタクト回路網の解析に利用(1940年　電気工学　修士論文)

    A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits

Born: 30 April 1916 in Gaylord, Michigan, USA
Died: 24 Feb 2001 in Medford, Massachusetts, USA

論理ゲート (NOT)

- 2値変数 x の否定　$\overline{x}$

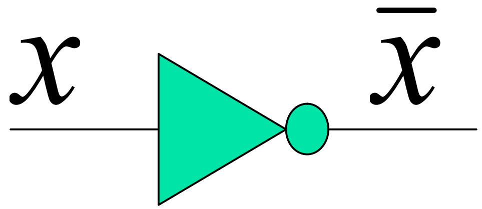
$\overline{0} = 1$　0ではない $\Rightarrow 1$

$\overline{1} = 0$　1ではない $\Rightarrow 0$

真理値表

x	$\overline{x}$
0	1
1	0

NOTゲート



論理ゲート (AND)

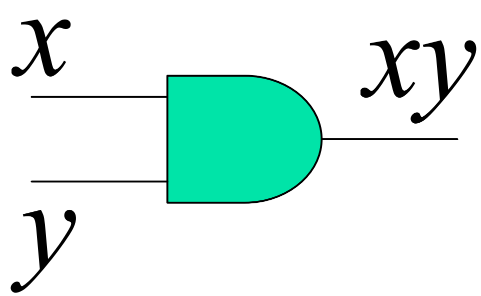
- 論理積

  cf. 和（Two and three is five.）

$$0 \cdot 0 = 0$$
$$0 \cdot 1 = 0$$
$$1 \cdot 0 = 0$$
$$1 \cdot 1 = 1$$

真理値表

x	y	$x \cdot y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



ANDゲート

論理ゲート (OR)

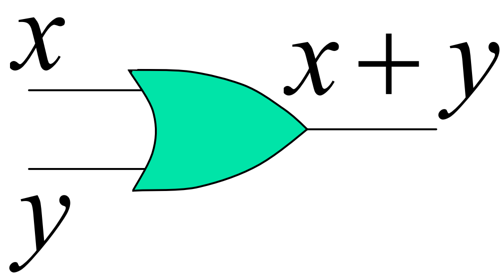
- 論理和

1+1＝1≠10 （2進法と異なる）

$$0+0=0$$
$$0+1=1$$
$$1+0=1$$
$$1+1=1$$

真理値表

x	y	$x+y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



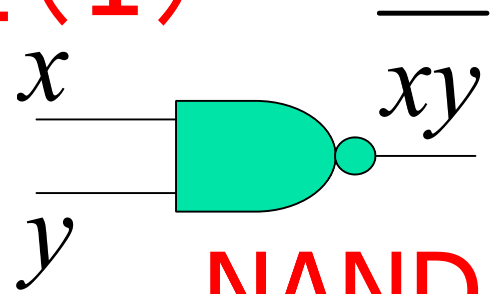
OR
ゲート

論理ゲート (NAND)

- ド・モルガンの定理(1)

$$x|y = \overline{x \cdot y} = \bar{x} + \bar{y}$$

↳ NAND



NAND
ゲート

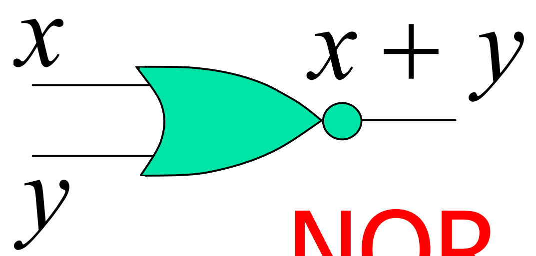
x	y	$x \cdot y$	$\overline{x \cdot y}$	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\bar{x}+\bar{y}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	0

論理ゲート (NOR)

■ド・モルガンの定理(2)

$$x \downarrow y = \overline{x + y} = \bar{x} \cdot \bar{y}$$

NOR



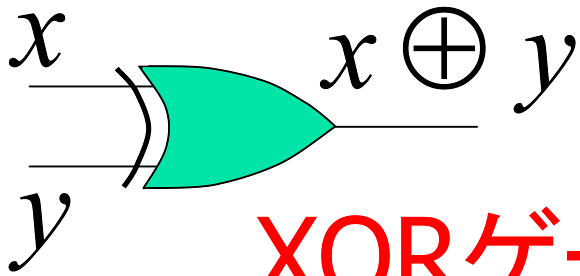
NOR ゲート

x	y	$x+y$	$\overline{x+y}$	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\bar{x}\cdot\bar{y}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0

論理ゲート (XOR)

- 排他的論理和 (Exclusive OR)

$$x \oplus y = \bar{x}y + x\bar{y}$$



XORゲート

x	y	$x \oplus y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

0 : 否定，1 : 肯定

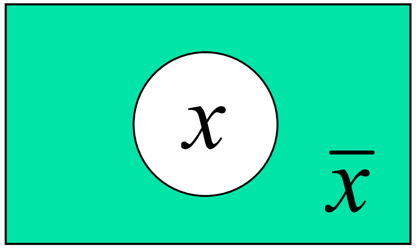
$$(x, y) = (0,1) \Rightarrow \bar{x}y$$

$$(x, y) = (1,0) \Rightarrow x\bar{y}$$

ベン図による演算表示

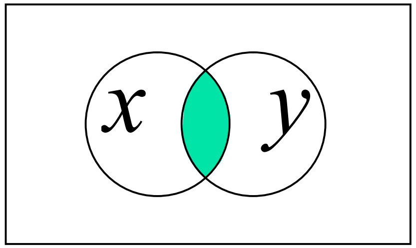
否定(NOT)

$\overline{x}$



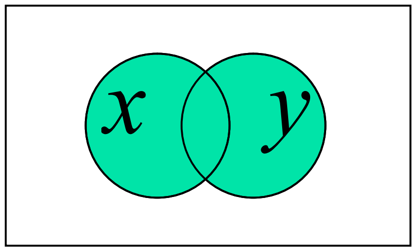
論理積(AND)

$x \cdot y$



論理和(OR)

$x + y$



John Venn

Born: 4 Aug 1834 in Hull, England
Died: 4 April 1923 in Cambridge, England