

第67回CIS研究所パートナー会 議事録(一般用).

日時 2017年5月21日(日) 13時~17時

場所 CIS会議室

課題 シリコン半導体デバイスのお話し 講師 西村 靖紀 様

講師は1964~1977年に、バイポーラ型IC、高入力インピーダンストランジスタ、MOSトランジスタ、電卓用MOSLSI、CCD、イオン注入法による可変容量ダイオード等の開発に携わってきた。これらのデバイスをまじえてシリコン半導体デバイスの原理や製法の概略が話された。



会議風景

### 1.半導体の歴史(1947~1978年)

- 1947年 点接触トランジスタの発明 (バーディーン、ブラッテン)
- 1948年 接合型トランジスタの発明 (ショックレー)
- 1952年 テキサス・インスツルメンツ(T.I)が半導体ビジネスを開始
- 1953年 接合型FET BTLの G. C. Dacey I. M. Ross
- 1954年 Si表面酸化膜 BTL C. Frosch

- 1954年 Si 接合型トランジスタの開発 (T.I)
- 1957年 FET (電界効果型トランジスタ) の開発
- 1957年 トンネルダイオードの発明 (江崎玲於奈氏)
- 1958年 集積回路の発明 (T.I のキルビー)
- 1959年 トランジスタ式コンピュータの開発 (IBM)
- 1959年 シリコン・プレーナーIC の開発 (フェアチャイルドのノイス)
- 1960年 MOSFET 発明 BTL の J. Attala と D. Kahng
- 1960年 トランジスタ式白黒テレビの発売 (ソニー)
- 1963年 集積回路の製品出荷開始(バイポーラ型集積回路)
- 1964年 MOS-IC の発表 (T.I 他)
- 1965年 “ムーアの法則” を提唱 (集積度が 2 年ごとに倍になる)
- 1966年 IC 電卓の発表 (シャープ)
- 1968年 インテル社設立 (グローブ、ノイス、ムーア)
- 1968年 1K ビット RAM 構想を発表 (インテル社)
- 1968年 CMOS-IC の発表 (RCA)
- 1969年 MOSLSI 電卓の発表 (シャープ)
- 1970年 CCD を発明 ベル研の Boyle、Smith
- 1970年 1K ビット DRAM の開発 (インテル)
- 1972年 8 ビットマイクロプロセッサの開発 (インテル)
- 1974年 8 ビットマイクロプロセッサの開発 Z-80 (Zilog)、68000 (モトローラ)
- 1976年 64K ビット DRAM の開発
- 1978年 16 ビットマイクロプロセッサの開発 (インテル)

## 2. シリコン集積回路(IC)

IC に関するキルビー特許とプレーナー特許という二つの基本特許をもとにした技術改良により、回路パターン露光、エッチング、不純物の拡散などの工程を一枚の基板上で集中してできるようになり、回路の小型化・量産化が可能になった。IC は改良がすすむにつれてどんどん小さくなり、極めて多くのトランジスタを小さな面積の中に詰め込むことができるようになった。小型化とともに、小さな消費電力で極めて高速に大量のデータ処理が可能になった。最初にバイポーラ型集積回路が製品化された。

### バイポーラ型集積回路

モノリシック型 シリコン半導体基板上に複数のトランジスタ (NPN, PNP Tr)、ダイオード、抵抗、コンデンサを形成し、金属配線で相互に接続し、回路を構築する。PN 接合の逆バイアスにより、夫々の素子を電氣的に分離する。

バイポーラ型集積回路製造工程は、プレーナ技術により作られるが、その内容は、酸化膜、フォトリソ、拡散、エピタキシャル成長、配線蒸着等の技術が駆使される。

### 3. 高入力インピーダンス・トランジスタの開発

接合型 FET とバイポーラトランジスタを同一シリコン基板に形成し、接合型 FET の非常に高い入力インピーダンスとバイポーラトランジスタの高い電流増幅を合わせ持つ素子を開発した。種々試行錯誤の試作の結果、3 極管特性、5 極管特性の接合型 FET が得られ、所望の高入力インピーダンス・トランジスタ特性がえられた。

### 4. MOS トランジスタ

MOS エネルギーバンドダイアグラムで MOS トランジスタの原理が説明された。また、MOS FET の閾値電圧( $V_{th}$ )と MOS FET 特性安定化、信頼性の向上についても話があった。

### MOS トランジスタ集積回路 MOS LSI

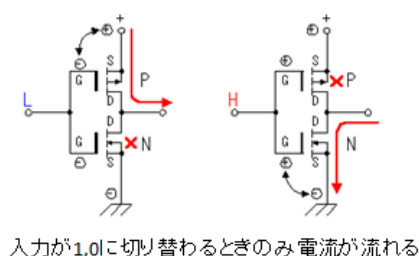
電卓用 PMOS トランジスタ集積回路の開発 1967~1969

10 桁電卓用 13 個の PMOS LSI で構成 PMOS LSI を試作、電卓動作確認したが、同時期にシャープが米国のノースアメリカンロックウェル社と技術提携し、民生用の製品として MOS-LSI を世界初採用の LSI 電卓を発表。ロックウェルの LSI は 4 個の PMOS LSI。これは民生用として世界初の MOSLSI であった。

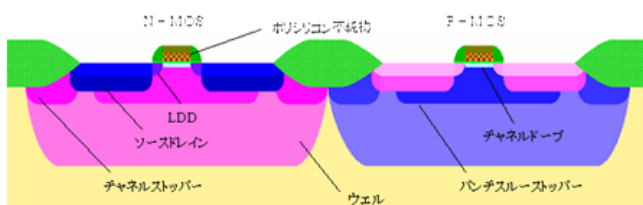
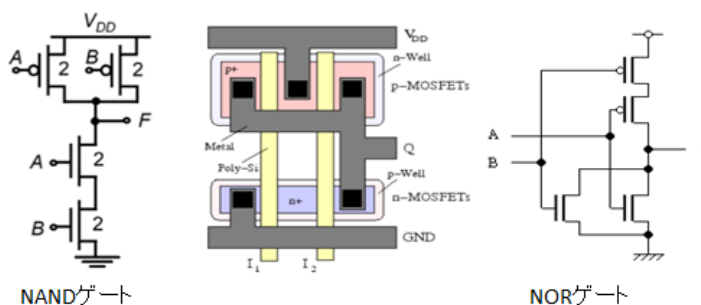
### CMOS IC の説明

#### CMOS LSI

#### CMOSスイッチング特性



#### CMOS論理ゲート



CMOS断面構造

- CMOSトランジスタは、LSIの主流。
- 80年代はバイポーラトランジスタが使われていた。
- MOSトランジスタは、バイポーラトランジスタに比べ、
  - スピードが遅い。
  - 消費電力が少ない。
- CMOSトランジスタは、片方のトランジスタが必ずOFFしており、さらに消費電力が少ない。
- 高集積化のためには、低消費電力が最も重要。

## 5. CCD

MOS 構造半導体素子の一種で、シリコン基板表面の酸化膜上に多数の電極を設け、MOS 構造の各電極に隣同士で異なる電圧を与えることによりポテンシャル・ウェルを作り出し、これを利用して半導体中で電荷を保持・転送できるようにしたもので、MOS エネルギーバンドダイアグラムを用いて、ポテンシャル・ウェル（表面型 MOS キャパシタ）、電荷の蓄積、電荷の転送等により、CCD、CCD イメージセンサの原理の説明がなされた。

## 6. イオン注入法

精密な不純物濃度が要求される P 型、N 型層、高濃度で浅い P 型、N 型層、セルフアラインドーピングに使用される。イオン注入の原理の説明

## 7.イオン注入法による可変容量ダイオードの開発

AM, FM, TV チューナー用の可変容量ダイオードを夫々開発した。イオン注入法により要求される電圧-容量を得るためには、ハイパーアブラクト接合が必要であり、これをイオン注入による精密で急峻な不純物プロファイルをもつ、ハイパーアブラクト接合の形成と、直列抵抗、接合リーク電流の最小化を行ない、所望の特性が得られ、量産化につながった。



会議風景

4) 第68回以降のパートナー会議

6月25日(日) 講師 竹内 学 様

7月23日(日) 講師 中尾 元一 様

ホームページURL

<http://www.cis-laboratories.co.jp/>

以上