

\*\*\*\*\* 2021年9月21日(火) 萩原良昭のつぶやき\*\*\*\*\*

発明は産業の起爆剤であるがその発明には高度の技術レベルの知識を必要とする場合が多い。なかなか専門外の人間にはその発明の重要性が理解できない。技術開発の進歩につれて別の人々が再発見して自分が初めての考案者だと誤解している場合も生じている。まわりの人間もそう誤解しつつも、企業の商品開発化の努力が加速されてゆく。特に戦塵を切る企業は他社の追従を避ける為に発明の内容を素人に詳しく説明・解説することはしない。無駄な努力と見なされる。発明は専門知識のある人間が理解できるレベルの説明で十分である。それで知的財産権が正当に主張できれば、それで発明として効力を有することになるからである。だれも発明者を認定する組織はない。特許庁や発明協会は一般世間からは発明に関する専門家集団と見なされているが、実は特許庁や発明協会の取り扱う発明項目は多種多様でその1つ1つの発明の専門家が存在するわけではない。しかし、特許の請求範囲を定義する文書に関しては十分に理解できる程度の専門弁理士をかかえている必要がある。

各特許の審査においてはそれなりに個別に委員会を設定して、その特許が本当に世界最初の発明特許であるかどうかの判断程度はできる能力があると世間一般は特許庁や発明協会には期待している。特許庁や発明協会権威ある組織である。今の最大の問題は日本の知的財産の日本国特許が日本語で記載されているだけで、英文で記載されておらず英文を公用語とする国際社会にはその存在が全く今迄知られないままになり真の発明は誰か誤解されたままになる危険がいつも存在する。1975年に出願の萩原の3件の特許もその典型的なケースである。

\*\*\*\*\* 2021年9月21日(火) 萩原良昭のつぶやき\*\*\*\*\*

すでに MOSFET のような素子の特許は最初にカナダで、1925 年 10 月 22 日に出願されていた。US 1745175 "Method and apparatus for controlling electric current" first filing in Canada on October 22, 1925.

その特許は「弱い」(実動しない)ものだった。理論は正しいが、MOS 容量構造の酸化膜とシリコン表面の界面準位( $Q_{ss}$ )の制御手段がまだまだ不完全である事が実は要因で 1960 年の後半まで待つ必要があった。

1945 年に戦争が終わると、米国のベル研究所に固体物理学部門ができた。そこで、ショックレーと化学者スタンレー・モルガンが指揮することになった。他のメンバーとしては、ジョン・バーディーン、ウォルター・ブラッテン、物理学者のジェラルド・ピアソン、化学者のロバート・ギブニー、電子工学者のヒルバート・ムーア、および数人の技術者がいた。彼らの当面の目標は、真空管増幅器の代替となる固体(半導体)を見つけることだった。

1946 年の冬までに十分な結果が得られ、バーディーンはフィジカル・レビュー誌に表面準位についての論文を送った。ブラッテンは表面準位の研究の為、半導体の表面に強い光を当てる実験を始めた。そこからさらに論文が書かれ、一部はショックレーと共同で、初期の実験が失敗した原因が推測できるようになった。

研究が軌道に乗ったのは、半導体と導体の導線の接触点を電解液に浸すという実験を行ってからのことである。ムーアは入力信号の周波数を容易に変更できる回路を組み立てた。

ショックレーの助言に従い、ピアソンは pn 接合の接合部分にホウ酸グリコール（蒸発しない粘性のある化学物質）の小滴を置き、そこに電圧を印加してみた。これによってついに増幅作用が観測されるようになった。ベル研究所の弁理士は間もなく、ショックレーの電界効果の原理が既に予測され、ユリウス・エドガー・リリエンフェルトが 1930 年にそれを利用した装置の特許を取得済みであることを発見した。

1947 年の暮れになり、バーディーンとブラッテンは 2 人で点接触型トランジスタの発明とその原理試作に成功した。その 2 人上司であったがショックレーはその 2 人の功績に全く関与していない出来ごとだった。

その後、今から 73 年前(1948)、米国のベル研究所で点接触型トランジスタが一般公開された。ベル研究所の弁理士はその時 4 つのトランジスタの関連特許を出願することを進めた。衝突を避けて 4 つの特許のうちの 1 つに関しては、バーディーンとブラッテンによる点接触型設計のみを扱った。

他の 3 つの特許（先に出願）は、バーディーン、ギブニー、ブラッテンを発明者として電解質を使ったトランジスタの特許（MOSトランジスタ型特許）とした。

つまり、ショックレーはこれらのトランジスタの基本特許出願書に発明人として名を一つも発明者として連ねていなかった。この事実はあまり知られていない。ショックレーは電界効果のアイデアが再発見し自分が最初のその発明者だと誤解した。

すでに MOSFET のような素子の特許は最初にカナダで、1925 年に出願されておりベル研究所の弁理士はショックレーの電界効果のアイデアは周知情報と見なした。

そこで、ショックレーは「点接触型トランジスタは壊れやすく製造が難しい」と考えた。むしろ、ショックレーは独自に点接触型ではなく接合型のトランジスタを作る作業を続けた。そちらの方が量産しやすいと予想したためである。ライバル意識が効果を発揮した。ショックレーはまた、点接触型トランジスタの動作原理の説明や少数キャリア注入の可能性についても完全には納得していなかった。ショックレーは「サンドイッチ構造」トランジスタと自ら名付けたものについてより徹底的な説明を考え、1949 年 4 月 7 日にその動作原理の証明を得た。

これによって生まれた発明が接合型トランジスタで、1951 年 7 月 4 日に報道陣に対して発表を行った。この発明の特許は 1951 年 9 月 25 日に発効。その後、様々な製造技法が考案されたが、最終的には拡散とフォトリソグラフィによる製造が急速に広まった。間もなく点接触型トランジスタを圧倒するようになり、しばらくの間市場を支配することになった。

ショックレーはさらに2年間、ベル研究所でトランジスタの改良に取り組むグループを指揮した。ショックレーの接合型トランジスタが実用化された。一方でショックレーは558ページの大著 *Electrons and Holes in Semiconductors* を書き上げ、1950年に出版した。その中でショックレーはドリフト-拡散モデルを説明し、半導体内の電子の流れを表す微分方程式を記している。ショックレーのダイオード方程式もその中に記されていた。トランジスタの改良や新たな半導体素子を発明しようとする科学者にとって、この著作は一種の「聖書」となった。

今から73年前(1948)、米国のベル研究所でトランジスタが一般公開された。その6年後には、テキサス・インスツルメンツ (TI)社が生産を開始、真空管が固体素子になることのインパクトがいくら大きいとはいえ、信じがたいスピード感であった。それから2年後にはショックレー、バーデイン、ブラッテンの3人がトランジスタの発明でノーベル物理学賞を受賞した。

ただ、最初のトランジスタは点接触型であって、その発明にはグループリーダーのショックレーは係わってはいない。その後TI社のトランジスタ生産開始の翌年にはショックレーはショックレー・セミコンダクタ社を設立している。

日本では発明にかかわっていなくても上司が発明者として名を連ねるのが慣例であった。一方、アメリカでは誰の発明ということだけが前面に出される。

こういったところにも本質を外した問題を抱えて日本は走ってきたと言える。

しかし、ショックレーはこれに刺激され、より実用化に有利な接合型の理論を打ち立てた功績は大きかった。またイオン注入の基本的な発明もショックレーが成し遂げていたことは驚くべきことだった。

そういう客観的な事実はあまり一般には知られていない。

半導体の世界で有名なムーアの法則を見出した、ゴードン・ムーアとともに後のインテルの創業者になったロバート・ノイスら若い技術者は、しかし、ショックレー・セミコンダクタ社のショックレーの人柄による為か、その経営方針と衝突を繰り返している間に、社長のショックレーがノーベル賞を取ってしまった為に社長を更迭できず、ゴードン・ムーアとロバート・ノイスは結局自分たちが飛び出すこととなった。

そして、ゴードン・ムーアは、1957年にフェアチャイルド社を設立した。

1960年には世界初の集積回路の発売を成し遂げられた。IBMが大型電子計算機を、DECがミニコンを発売した。1968年にはムーアはフェアチャイルド社の経営陣と意見が合わず、ムーアは再び飛び出し、ムーアはインテルを設立した。

ショックレーもゴードン・ムーアも同じカリフォルニア工科大学の卒業生であった。

萩原良昭は 1967 年にカリフォルニア工科大学に入学した。まだ何も知らない無知な学生だったが、後で、自分の大学の先輩の中に、ショックレーやゴードン・ムーア等がいることを知り、たいへん誇りに感じた。

萩原良昭は 1967 年にカリフォルニア工科大学に入学してすぐに大学 1 年生と 2 年生の 2 年間をかけて新しく刊行された Feynman Physics の 3 冊の赤い古典的な物理の本を教科書として古典物理、電磁力学、量子力学を学んだ。

2 年生の後期には半導体のバンド理論を学び、Bipolar Transistor の構造とその動作原理を Feynman Physics の 3 冊目の赤い物理の本の中で学んだ。

大学 3 年生になると、Andy Grove 著の Physics of Semiconductor を教科書にして Prof. James McCaldin の授業を受けた。

大学 4 年生になると、Prof.C.A. Mead の指導のもと、卒業研究実験テーマとして、酸化ガリウム ( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ) の半導体の金蒸着により、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$  ショトキーダイオードを試作してその特性を測定評価した。

大学院 1 年生の修士課程では、Intel 社と Caltech の産学協同研究プロジェクトに参画して Intel 社の DRAM プロセスを使って、128 bit data stream 高速並列処理プロセッサの設計に挑戦した。

MOS Transistor の集積回路設計の CAD Tool 環境学びその技術を習得して独自の CAD Program を構築しながらのすべて手弁当での大規模集積回路の設計への挑戦だったが見事に一発完全動作を実現した。

博士論文課程では、半導体デバイス物理学者の Prof. T.C. McGill が、萩原の PhD の論文の主管指導官として指導を受け、当時脚光を浴びていた、Buried Channel 型の Charge Transfer Device (CCD) ので半導体デバイス構造とその動作解析をテーマにして博士課程の論文を書いた。

1973 年の夏には、萩原に日本に夏休みで一時帰国していた。その時に 2 度に渡り、萩原の Caltech の先輩研究生からの紹介を受けて、ソニー厚木工場で学生実習生として指導を受ける機会をいただいた。その時に、ソニーが誇る、Bipolar Transistor のプロセス技術とその集積回路の信頼性技術について学んだ。

そのことがヒントになり、ソニー入社して間もなく、PNP double 接合の dynamic photo bipolar transistor 型と、PNPN triple 接合の thyristor Transistor 型の Pinned Buried Photodiode を発明することとなった。非常にラッキーな発明であった。

その発明がソニーのイメージセンサーのビジネスを、KODAK 社や Fairchild 社や NEC などからの特許攻撃から守った。



今でもソニーに裏照射型 CMOS Image Sensor の受光素子には、1975 年萩原良昭発明の PNP double 接合の dynamic photo bipolar transistor 型の Pinned Buried Photodiode (別名、Sony Hole Accumulation Diode, HAD) が活躍している。

特に Fairchild 社との特許戦争は 1990 年から始まり 2000 年までの 10 年以上も続いた。その時に Caltech の大先輩(萩原より 1 2 歳年上) で、当時 UC Davis の教授だった、Prof. Bob Bower は、ソニー側の弁護士の依頼で、ソニー側の証言者として法廷に立った。Prof. Bob Bower は、ソニーのためにソニーの CCD の製法プロセスが Fairchild 社の特許侵害にならない事を証言した。

Prof. Bob Bower は、イオン打ち込み技術開発の専門家として、また、ポリシリコン電極パターンをマスクにして、self-align 整合型のイオン打ち込み手法の発明者として著名な科学者である。

Prof. Bob Bower の出願特許 (USP3615934, filed on Oct 17, 1967 and USP3615934, filed on Oct30, 1967) を使って、Intel 社は self-align 整合型の S/D 領域を形成し Intel 社は MOS Transistor の実用化に成功し、DRAM LSI chip を生産した。Intel 社は大型顧客である IBM に納入し、当時、Intel は急成長していた。

またその ITIC 型の DRAM 構造の基本特許の発明者が実は国際社会では無名の NEC の技術者であることも現在あまり知られていない。

\*\*\*\*\* 2021年9月21日(火) 萩原良昭のつぶやき\*\*\*\*\*

発明は産業の起爆剤であるがその発明には高度の技術レベルの知識を必要とする場合が多い。なかなか専門外の人間にはその発明の重要性が理解できない。技術開発の進歩につれて別の人々が再発見して自分が初めての考案者だと誤解している場合も生じている。まわりの人間もそう誤解しつつも、企業の商品開発化の努力が加速されてゆく。特に戦塵を切る企業は他社の追従を避ける為に発明の内容を素人に詳しく説明・解説することはしない。無駄な努力と見なされる。発明は専門知識のある人間が理解できるレベルの説明で十分である。それで知的財産権が正当に主張できれば、それで発明として効力を有することになるからである。

だれも発明者を認定する組織はない。特許庁や発明協会は一般世間からは発明に関する専門家集団と見なされているが、実は特許庁や発明協会の取り扱う発明項目は多種多様でその1つ1つの発明の専門家が存在するわけではない。しかし、特許の請求範囲を定義する文書に関しては十分に理解できる程度の専門弁理士をかかえている必要がある。各特許の審査においてはそれなりに個別に委員会を設定して、その特許が本当に世界最初の発明特許であるかどうかの判断程度はできる能力があると世間一般は特許庁や発明協会には期待している。特許庁や発明協会権威ある組織である。今の最大の問題は日本の知的財産の日本国特許が日本語で記載されているだけで、英文で記載されておらず英文を公用語とする国際社会にはその存在が全く今迄知られないままになり真の発明は誰か誤解されたままになる危険がいつも存在する。萩原の1975年の3件の出願特許もその典型的なケースである。

\*\*\*\*\* hagiwara-yoshiaki@aiplab.com <http://www.aiplab.com> \*\*\*\*\*