

電 気 技 術 史

The History of Electrical Engineering Newsletter

2024 年 2 月 13 日 (令和 6 年) 発行
 (一社) 電気学会 電気技術史技術委員会
http://www2.iee.or.jp/~fms/tech_a/ahee/index.html

CONTENTS

InSb 及び, InAs 多結晶, 単結晶薄膜
 量産装置の開発 柴崎一郎…p. 1

熊本大学工学部研究資料館のご紹介
 宮内 肇…p. 3

企業・研究所・大学ロゴの歴史 (39)
 電気学会電力・エネルギー部門の
 ロゴマーク 飯岡大輔…p. 5

INFORMATION 山口順一…p. 6

InSb 及び, InAs 多結晶, 単結晶薄膜量産装置の開発

公益財団法人野口研究所 学術顧問 柴崎 一郎



あまり語られないが, 製品の材料とデバイス開発だけでなく, センサ材料の製作装置作りも研究開発の重要な要素である。研究に於ける開発材料の重要性は論を待たないが, 製作装置は研究者の考えに依存した新たな成果や試みを取り込むマイ装置 (= 独自装置) である。機能を発揮させる装置を製作しても, その立ち上げは, マイ装置故に造り直しも含めて未経験のトラブルや改良等, 成功もあるが失敗もある。一言で言えばトラブルと苦難の歴史である。

筆者は, 化学会社で, 真空中で製作する薄膜をセンサ部に使う磁気センサ, 高感度薄膜ホール素子の開発と実用化を手掛けた。その過程で, InSb (アンチモン化インジウム) や InAs (ヒ化インジウム) の多結晶薄膜や単結晶薄膜, 量子井戸等を量産製作する蒸着装置や分子線エピタキシー装置技術を開発, 製作し実用化した。

化合物半導体の薄膜は, 成分元素の蒸気圧が異なり, 目的の組成での薄膜製作と優れた半導体特性の実現は研究においても容易ではない。その量産技術は, 更に難題で

あった。筆者が入社した 1974 年当時の課題は, 高感度ホール素子の動作部を造るための電子移動度の高い, 厚さが $1.0\mu\text{m}$ レベルで, 結晶性の良い InSb 薄膜の製作であった。更に, 工場生産向けに一度に大面積・多数枚の薄膜製造装置の開発も必要であり, InSb 薄膜特性の向上と InSb 薄膜の量産技術が最初の仕事であった。

研究休止など悪戦苦闘や曲折があったが, 7 年に亘る研究開発の末, 2 インチ角 36 枚を一度に蒸着する工場用の量産蒸着機を開発製作した。図 1 に真空蒸着装置 (図 1 右写真) と手書きした内部イメージ (図 1 左図) を示した。この装置は, 自分たちで工夫した蒸着法による最初の生産機であり, 工場で使われたマイ装置である。

この装置で, 製作した HW シリーズの高感度 InSb 薄膜ホール素子は, 単結晶半導体が全盛の時代に, 真空蒸着で工場生産する多結晶の薄膜が実用的な半導体デバイスの動作部に使われた世界初の例であり, 現在に至るまで, 世界で最も使われた高感度磁気センサである。

次の目標は, 上述の高感度 InSb 薄膜ホール素子の欠点を解消する温度依存性の少ない高感度ホール素子の製作が出来る InAs 薄膜, 望ましくは単結晶薄膜の製作であった。この為, 当時研究でのみ使われていた, 超高真空中で, 一原子層ずつの積層で, 単結晶 GaAs 基板上に化合物半導体の単結晶薄膜をエピタキシャル成長出来る MBE 法 (分子線エピタキシー法) に着目した。学会で

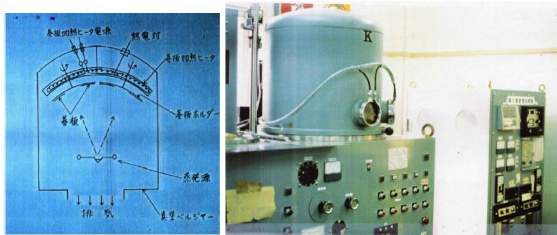


図1 量産用真空蒸着機のイメージ図と製作した蒸着装置

は、極めて難しいとされていたMBE装置を自作し、InAs単結晶薄膜の大面积製作に挑戦した。図2には、MBE法（装置）のコンセプト図を示した。

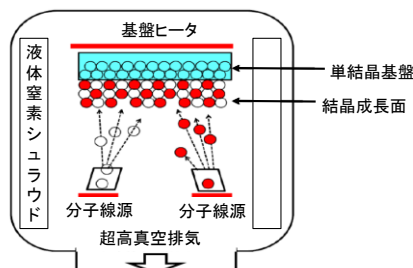


図2 超高真空室内で原子一層ずつ積層し単結晶薄膜製作を行うMBE法（装置）のコンセプト図

MBE装置では、超高真空下で薄膜を成長させるので、結晶成長室（薄膜製作室）は、大気に晒さないで基板交換をする必要がある。この為、基板交換室と結晶成長室（蒸着室）の2室構成で、基板を水平に置く縦型のMBE装置（MBE方式の蒸着機）を設計製作した。2インチ角のマイカ基板が7枚同時にセット出来る基板ホルダーを有する当時としては超大型の研究終了後は製造機に転用できるマイ装置であった。立ち上げでは、超高真空の実現に始まり、基板ヒーター、回転導入、蒸発源、水冷リークなどMBEの全てともいえるトラブルに遭遇した。

InAs薄膜が何とか製作出来るようになったのは、立ち上げ2年後であった。図3は、このMBE装置の写真である。この装置では、多大な苦労をしたが、マイカ基板上厚さ1.1 μm で電子移動度が8,000~10,000 cm^2/Vs のInAs多結晶薄膜による、温度依存性の少ないHYシリーズの高感度InAs薄膜ホール素子を開発、実用化し、最初の製造用装置として活用した。

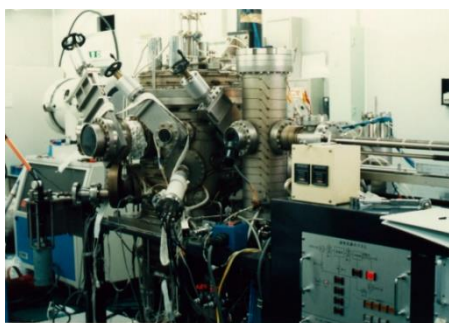


図3 縦型MBE方式によるInAs薄膜蒸着装置

その後、HYシリーズは好評で、増産が必要となり、新たにInAs単結晶が本格的に製作出来る、縦型の製造用MBE装置を製作した。直径1.1mの超高真空結晶成長室の立ち上げ、超高真空中のヒータ技術、大容量の蒸発

源（クヌードセンサー）の開発などと共に、製作後のトラブルや改善点も多く、立ち上げは極めて難渋した。図4には、2インチ径のGaAs基板上に単結晶のInAs薄膜が成長できる3室構成のマイMBE装置の結晶成長室（図4左写真）と基板ホルダー上の12枚のInAs単結晶薄膜（図4右写真）を示した。この装置により、上述のHYシリーズの他に、新たに開発のHZシリーズ、SiドープInAs単結晶薄膜ホール素子の製造が可能になった。

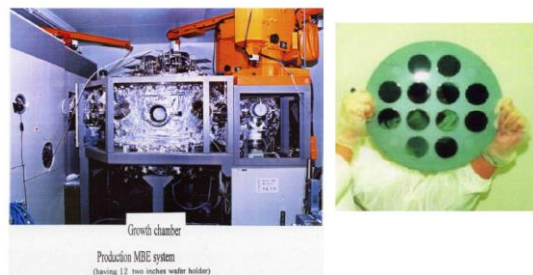


図4 製造用MBE装置とInAs単結晶薄膜の写真

この一度に2インチ基板12枚上にInAs単結晶薄膜が製作出来るMBE装置の立証は、InAs単結晶薄膜ホール素子だけでなく、量子井戸等のナノ構造のデバイス量産への道を開いた。そのインパクトは大きく、1996年米国開催の第9回分子線エピタキシー国際会議の招待講演「Mass production of InAs Hall elements by MBE」へとつながった。更に、この縦型MBE装置のコンセプトは、装置メーカーの量産用MBE技術に採用され、今やマイ装置ではない。その後、筆者も関わり旭化成で開発されたInAs深量子井戸（InAsDQW）ホール素子は、マイ装置ではない量産MBE装置で製作され、非接触電流センサや車載センサ等に広く使われている。

振り返れば、MBE装置開発は、生産技術の重要性、大切さを実感した研究開発の歴史的な体験であった。

最後は私見である。近年、日本のLSIデバイス技術の遅れが指摘される等、半導体デバイスの生産技術の進歩変遷は激しい。薄膜技術だけでなく、半導体デバイスの生産技術には、次代を支える重要技術が多い。しかし、メーカーの工場の終焉と共に多くは消えてしまう。大学には古くから、電気工学科があり、電気の生産工場である発電所等の電気の実用的な生産技術を守り、教育研究を担当している。

未来に向けて、半導体デバイス工学科等、教育システムの新設も含め、産業の米と言われる半導体技術の伝承、蓄積、教育が必要な時代となった。半導体工場の生産技術を守るには教育研究は欠かせない。

熊本大学工学部研究資料館の ご紹介

宮内 肇
(熊本大学)



熊本大学は、1887 年創立の旧制第五高等学校（のち第五高等学校）などを起源とし、現在 7 学部 9 大学院を有する総合大学である。本学黒髪北地区には、旧制第五高等学校の遺構として、1889 年に建設された赤レンガ造りの本館（現五高記念館）、化学実験場、表門（通称赤門）の 3 建造物が現存している。これらの建造物は、旧制高等学校の遺構として建設当時と同じ場所に 3 棟そろって現存していることが「当時の学校施設の規模を知る好資料」^[1]として評価され、1969 年に重要文化財に指定されている。また本学黒髪南地区には、旧制熊本高等工業学校の旧機械実験工場が現存し、1994 年に重要文化財に指定されている。これらキャンパス内の赤レンガ造りの建造物は、現代の学生たちに無言で本学の伝統と歴史を伝えている。本稿では、これらのうち旧機械実験工場についてご紹介する。

旧機械実験工場（現熊本大学工学部研究資料館）^[2]は、1908 年に建設された赤レンガ造り、一部中二階の平屋建て、屋根は木造トラス構造の建物で、図 1 に外観を示す。新工場が建設された 1970 年まで、学生の実習と学内外で使用する機械や実験装置の製作に利用されてきた。明治期の研究教育施設として評価され、図 2 に示す工作機械群と建物が重要文化財に指定されている。文化庁の許可を得て、1996～1999 年に表 1 の工作機械を動く状態に改修保存（動態保存）し、（一社）日本機械学会の機械遺産^[3]にも 2007 年に指定された。

これらの工作機械以外に、同館内には電気工学に関連する資料も展示されている。なかでも 1891 年 7 月に、我が国で 8 番目、九州では初めての電気事業者として開業した熊本電燈が、熊本城内須戸口門付近の電灯所に設置したエジソン発電機（図 3）が展示されている。当時、三吉正一が興した三吉電機工場が既に国産のエジソン発電機を製作していたが、

図 4 に示すように、本学所蔵のエジソン発電機には銘板・パテント板ともに付いていることから、間違いなくアメリカからの輸入品と言える。



図 1 熊本大学工学部研究資料館の外観



図 2 動態保存されている工作機械群

表 1 動態保存されている工作機械群

	名称	据付年	製造国
1	15 尺旋盤	1906 年	イギリス
2	10 尺旋盤	1906 年	イギリス
3	ボール盤	1906 年	アメリカ
4	平削盤	1906 年	アメリカ
5	6 尺旋盤	1907 年	アメリカ
6	ターレット旋盤	1913 年	ドイツ
7	8 尺旋盤	1914 年	アメリカ
8	曲がり歯傘歯車歯切盤	1926 年	アメリカ
9	マーグ歯車研削盤	1930 年	ドイツ
10	立削盤	1931 年	日本
11	実習用旋盤	1930 頃	本学製作

その他、1923年に運用を開始した154kV送電に対応し、1927年に芝浦製作所(1875～1939, 現(株)東芝)から11,315円で購入した2次側電圧250kV試験用変圧器(図5)や、芝浦製作所製の連続電流834A電圧120Vの複巻式回転変流機(1930年購入)、1960～70年代の電子計算機黎明期の情報機器なども展示している。



図3 エジソン発電機



(a) 銘板



(b) パテント板

図4 同機の銘板(a)とパテント板(b)



図5 250kV試験用変圧器

ところで、熊本地方は2016年4月14日と16日に「平成28年熊本地震」に襲われ、本学に近い震度観測点(熊本市中央区大江)で、14日の前震で震度5強、16日の本震で震度6強を記録している。これら赤レンガ造りの建造物も大きく被災し、重要文化財に指定されていることから慎重に復旧並びに耐震化工事を進め、2022年3月に完工した。これを機に熊本大学では、これら重要文化財に指定された建造物を核に、本学が所有する文化財、学術資料、研究成果を広く公開するキャンパスミュージアム構想^[4]を進めている。今後工学部研究資料館も展示計画を作成し、復旧工事のために他へ移動している物品も展示していく予定である。五高記念館(旧制五高本館)は毎日(ただし火曜日と年末年始を除く)10:00～16:00、工学部研究資料館は月1回、原則毎月第3木曜日13:00～16:00に、いずれも無料で公開している。熊本へお越しの際にお立ち寄り頂ければ幸いである。

- [1] 文化庁：国指定文化財等データベース「旧第五高等学校」解説文
<https://kunishitei.bunka.go.jp/bsys/searchlist>
- [2] 熊本大学：熊本大学工学部研究資料館パンフレット
- [3] (一社)日本機械学会：機械遺産
<https://www.jsme.or.jp/kikaiisan/index.html>
- [4] 熊本大学：キャンパスミュージアム構想
<https://museum.kumamoto-u.ac.jp/plan/>

企業・研究所・大学ロゴの歴史(39) 電気学会電力・エネルギー部門のロゴマーク

飯岡大輔（中部大学）

電気学会電力・エネルギー部門（B 部門）では令和元年にロゴマークを制定しました。当時、筆者はB 部門役員会においてSNS プロモーション担当という役を担当しており、ロゴマークの公募と選定に携わりました。本稿では、当時の経緯やロゴマーク制定後の活用状況について述べさせていただきます。

そもそものきっかけは、令和元年に開催された部門大会が 30 回目の記念大会であったこと、節目であるこの機会にロゴマークを作ろうという話がB 部門役員会で持ち上がったこと、と記憶しています。また、せっかく作るのであれば大々的に実施しようということになり、部門大会に合わせて公募して、大会期間中に投票を実施して、ロゴマーク制定を部門大会のイベントの一つとして実施いたしました。

約2ヶ月の公募を実施したところ、49件の応募がありました。B 部門役員会内の投票で最終候補を3件選定し、最終候補について大会参加者のみなさまにご投票いただきました。大会参加者のみなさまには電気学会ロゴマークのシールを事前に送付し、大会受付に設置した投票ボードにシールを貼ってもらう形で投票してもらいました。投票結果については懇親会内の表彰式で公表し（写真1）、選定されたロゴマークの作成者には最優秀賞として賞金10万円を授与しました。

図1はB 部門で制定したロゴマークです。制作者であります富士電機の神通川さんによりますと、以下のような想いを込めてロゴマークを制作されたそうです^[1]。

- 世界を表す球体をモチーフにし、その中に「電力とエネルギー」をイメージしてデザインしました。また、中央の球体は発電機（磁石・電機子）を表現し、そこから右上の小さな球体が電子・電流として流れ出る様子をイメージしています。
- 今後進展する電力に対し、会員が一丸となり活性化し、未来に向けて躍進する様を表しています。ダイナミックで躍動感あるロゴです。
- カラーはB 部門のピンクと、電気学会の青色を使用しています。

B 部門ではロゴマークにより会員同士の絆がより深まることを期待するとともに、各種イベント等で使用することでより親しみを持っていただければと考えており、実際に各種イベントで活用しています。

代表的な活用例として、部門旗を作成しています。中央部分に大きくロゴマークを記した縦 120cm、横 180cm の大きな旗です。ただ、旗制作当時はコロナ禍の最中で

あったため、はじめてのお披露目は部門大会の対面開催が復活した令和4年福井大会となりました。それ以降、部門大会において次回開催校への部門旗引き継ぎに活用しており、懇親会の一大イベントになっています（写真2）。

また、B 部門 YouTube チャンネル、B 部門 X (旧 Twitter) など各種 Web ページや SNS 関係のツールのアイコンとして活用されている他、学生ランチなどのイベントの表彰状にも活用されています。

今後もさまざまな場面にロゴマークが使われると思います。ロゴマークに込められた想いを胸に、会員のみなさまが気持ちを一つにして、電力・エネルギーに関する研究・教育活動に全力で取り組んでいただければ、と願っております。

[1] 神通川、電力・エネルギー部門のロゴマークに込めた想い、p. 14、電学論 B, 121 巻 4 号（2021 年）



写真1 ロゴマーク制定の表彰式（B 部門大会@広島）

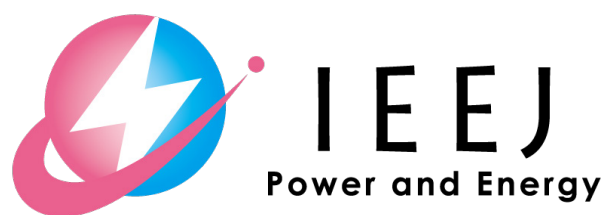


図1 B 部門ロゴマーク



写真2 B 部門大会における部門旗引き継ぎ式

[INFORMATION]： 香川大学 山口順一

1) [研究会案内] 第 91 回電気技術史研究会

【委員長】中川聡子（東京都市大学名誉教授）

【幹事】澤敏之（日立製作所），丸島敬（東芝エネルギーシステムズ）

【幹事補佐】大角智（三菱電機）

座長：澤敏之（日立製作所）

プロモーター：中村秀臣（科学史技術史研究所）

テーマ：電気学会顕彰「でんきの礎」，「オールラヒストリー」，「電気技術史一般」

日時：2023 年 11 月 13 日（月）13:00～17:00

場所：電気学会会議室および Web 開催

テーマ：電気学会顕彰「でんきの礎」

HEE-23-010 連結鉄心による高密度巻線モータ～ポキポキモータ～ ○坂上篤史，司城大輔，仲興起（三菱電機）

テーマ：「オールラヒストリー」

HEE-23-011 電気技術オールラヒストリー活動の課題と今後について ○中村格（鹿児島工業高等専門学校），丸島敬（東芝エネルギーシステムズ）

テーマ：「電気技術史一般」

HEE-23-012 1931 年の参宮急行電車

○眞保光男（日本鉄道技術協会）

HEE-23-013 鉄道信号の連動装置の歴史と進路制御論の展望 ○加藤尚志（大同信号）

HEE-23-014 戦前，戦時における配電系統・需要設備の効率改善に向けた取組 ○中村秀臣（科学史技術史研究所）

HEE-23-015 戦前，戦時における送電系統の安定度問題への対応 ○中村秀臣（科学史技術史研究所）

HEE-23-016 高感度薄膜ホール素子の開発の歴史と意義 ○柴崎一郎（野口研究所）

2) [研究会案内] 第 92 回電気技術史研究会

【委員長】中川聡子（東京都市大学名誉教授）

【幹事】丸島敬（東芝エネルギーシステムズ），森田裕（日立製作所）

【幹事補佐】大角智（三菱電機）

座長：岡本達希（関東学院大学）

プロモーター：山口順一（香川大学）

テーマ：電気学会顕彰「でんきの礎」，「オールラヒストリー」，「電気技術史一般」

日時：2024 年 2 月 26 日（月）13:30～16:10

場所：電気学会会議室および Web 開催

テーマ：「電気技術史一般」

HEE-24-001 磁気メディアを振り返る — 団塊ジュニア世代の視点から — ○林純一郎，山口順一（香川大学）

HEE-24-002 需要家向けエネルギーマネジメントシステムの開発 ○森一之（三菱電機）

HEE-24-003 ガス絶縁母線の歴史と 550 kV 器の開発 ○笹森健次，羽馬洋之，宮下信，樽床祐樹（三菱電機）

HEE-24-004 電力王・福澤桃介を支えた電気技術者 ○中村 秀臣（科学史技術史研究所）

HEE-24-005 電力の鬼・松永安左エ門を誕生させた電気技術者 ○中村秀臣（科学史技術史研究所）

特記事項：参加申込みは Peatix 経由で行われます。

参加希望者は下記の URL 又は QR

コードでアクセスして，「チケット

を申し込む」をクリックし，必要

事項などを入力して下さい。

<https://20240226-hee.peatix.com/>



3) [研究会案内] 第 93 回電気技術史研究会

座長：六戸敏昭（日立製作所）

プロモーター：岡本達希（関東学院大学）

日時：2024 年 7 月 3 日（水）

4) 研究会資料年間予約のお勧め

電気学会では研究会資料の冊子体発行を 2021 年 1 月より廃止しました。確実に入手する方法として年間予約を推奨しています。年間予約すると研究会の 3 日前からダウンロードが可能です。

https://www.iee.jp/tech_mtg/reserve/

*電気技術史技術委員会は，令和 6 年（2024 年）4 月以降，ニューズレターをメールによる送付あるいは電気技術史技術委員会 Web サイトからのダウンロードに移行致します。つきましては，ニューズレターの案内を電気技術史技術委員会からメール送信させて頂くために，お名前，送付先メールアドレスおよび御所属を記載頂き下記の幹事団メールアドレスにお送り頂けますようお願い致します。

電気技術史技術委員会・幹事団 AHEE-inquiry@ieej.org

メールタイトル：電気技術史ニューズレターの購読の連絡先について

電気技術史 第 94 号

発行日 2024 年 2 月 13 日（令和 6 年）

発行者 （一社）電気学会電気技術史技術員会
〒102-0076 東京都千代田区五番町 6-2
HOMAT HORIZON ビル 8F

委員長 中川聡子

編集者 Newsletter 委員会

鈴木浩，澤敏之，高橋玲子

Copyright：発行者 禁無断転載