

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500890

研究課題名（和文） ものづくりを実感できる電子デバイス実験教材の開発

研究課題名（英文） Development of Education Material Based on Manufacturing of Electronic Devices

研究代表者

瀬戸 悟 (SETO SATORU)

石川工業高等専門学校・電気工学科・教授

研究者番号：50216545

研究成果の概要（和文）：本研究では高専電気系学科の「モノづくり教育」の一環として、目で見える形の電子デバイス、具体的には「光る」電子デバイスを作製させる新しい実験教材「有機 EL の作製と分光特性」を開発した。開発した電子デバイス系実験教材を高専電気系4年生の学生実験として実施した。学生は作製した有機 EL が実際に光ることに感動し、また最先端技術と思われた有機 EL デバイスが自分たちでも比較的簡単に作製できることを経験した。さらにアンケート結果から本実験教材が学生の電子デバイス系ものづくりへの興味を喚起していることを確認できた。

研究成果の概要（英文）：We have developed a new education material based on manufacturing of electronic device. It was the organic electroluminescence device as a visible device in particular. We have conducted this education material as one course of experiment for four-year students in Kosen. The students were impressed by the fact that the organic electroluminescence devices fabricated by themselves have emitted light clearly. Furthermore, the students have confidence in the fabrication of electronic devices through this experiment. We have confirmed the effectiveness of this proposed education material through the responses from the students.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：科学教育，電子デバイス・機器

## 1. 研究開始当初の背景

近年は有機材料を用いた表示・発光デバイスや太陽電池の研究開発も盛んになっており、その原理は知らないまでも「有機 EL」なる言葉を知らない学生がいないほどである。しかしながら、今ひとつ現実の最先端テ

クノロジーでつくられた電子デバイスと授業で学んだ電子デバイスの知識や実験課題の内容とのギャップを感じているのも事実である。このことが、電気工学の他の専門分野と比較して電子デバイス系の専門分野は座学中心となり、実際に自分たちにも最先端

技術に近い電子デバイスを作製させる経験を提供できないでいた。このことが電子デバイス系の専門科目に興味を持ってない大きな要因のひとつと考えられる。また従来、本校で実施してきた材料系の実験とえば真空装置を使った金属薄膜の作製実験であり、何ら能動的に肉眼で確認できるデバイスではないために学生に興味を持って実験に取り組む課題とは言い難いものであった。一方、80年から90年代の学生にとって半導体の研究分野は大学においても人気のある研究分野であり、多くの優秀な学生を惹きつけてきた。しかしながら最近では、韓国や台湾の企業のこの分野での躍進を報道するテレビや新聞の影響のせい、大学でも関連する研究室の人気は低いと聞く。

このような背景のもと高専教育において従来の電子デバイス系実験を一新するような魅力的な実験教材を開発する必要性を感じ、学生に実施する必要があった。

## 2. 研究の目的

本申請課題では、高専電気系学科の「ものづくり教育」の一環として、目で見える形の電子デバイス、具体的には「光る」電子デバイスを作製させる新しい実験教材「有機ELの作製と分光特性」を開発し、当該実験教材を高専電気系学生にもものづくり実験として実施する。さらに学生は本実験教材をとおして電子デバイス系のものづくりの楽しさを実感できたかを検証する。また上述したように、従来日本の産業を牽引した電子デバイス系ものづくりの分野に学生を再び興味を持てるようにすることも本申請課題を提案した目的のひとつである。

## 3. 研究の方法

本校・電気工学科の4年生後期の学生実験（創造工学実験）として約10週かけて実験する課題にした。学生には最初、有機ELデバイスの構造と発光原理について調べ、小レポートとして提出する。その後、教員側から作製するデバイス構造を提案する。学生はその構造で使われる有機材料について調べて報告する。その後の実験の進め方は以下のとおりである。

- (1) 真空装置による有機材料の蒸着法、スピコート法による有機薄膜の作成方法、さらに基板洗浄法などデバイス特有の実験技術を説明する。真空装置等の実験機器は学生にとって初めて見るものであり、装置の原理を含めて丁寧に説明する。
- (2) 1回目デバイス作製の際には教員が指導しながら、典型的な作製条件で有機ELを作製する。ここでデバイス作製の全体的なプロセスを把握してもらう。
- (3) 学生は自立して作製条件を変えながら

最低3枚の有機ELデバイスを作製する。例えばデバイスを構成している有機層の膜厚を系統的に変化させてデバイスを作製する。なお、この段階では教員が適宜アドバイスを加えて実験進度を調節する。

(4) 作製したデバイスは電気的特性として電流電圧特性、光学的特性として発光スペクトルを測定する。また時間が許せば、電流電圧特性を評価する自動化プログラムの作成や光強度を測定するための光検出器用の電流増幅器を製作させる。

(5) 最後にクラス全員の前で実験成果のプレゼンテーションをさせ、レポートとして報告させる。プレゼンテーションはグループメンバー全員が必ず発表させるようにして、各学生の発表内容および発表態度を点数化して評価する。また点数がある合格レベルに達しないものは再発表させる。

## 4. 研究成果

本申請課題では、高専電気系学科の「モノづくり教育」の一環として、目で見える形の電子デバイス、具体的には「光る」電子デバイスを作製させる新しい実験教材「有機ELの作製と分光特性」を開発し、楽しさを実感できるものづくり実験の実施とその有効性をレポート内容やアンケート結果から検証することができた。

(1) 平成21年度では、まず実験装置の整備と実験プロセスの検討を行った。実際、この年の学生にはAl/Alq3/PVK/ITO構造（図1）とAl/Alq3/TPD/ITOの2つの構造で有機ELデバイスを試作させて比較検討させた。このうちAl/Alq3/TPD/ITO構造による有機ELは電圧を印加しても発光に至らなかった。発光に至らなかった原因はガラス基板の洗浄が不十分であるためにスピコートしたPVK膜に厚みのムラによるものと推察された。なお、ガラスはパターンされたITOが蒸着されたものを購入して使用した。

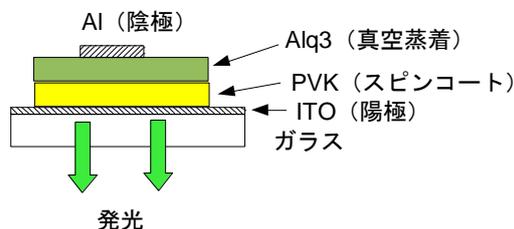


図1. 実験で採用した有機ELの構造

(2) 平成22年度は、前年度の問題点を解決するために基板の洗浄方法としてアセトン、アルコールによる有機洗浄に加えてオゾン洗浄を行った。その結果、Al/Alq3/PVK/ITO構造の有機ELデバイスでは駆動電圧が約1.5

VでAlq3特有の緑色に発光した。しかしながら、Al/Alq3/TPD/ITO/glass構造では依然として安定的に発光する有機ELデバイスの作製には至らなかった。なお、学生は自ら製作した有機ELの発光を観察した瞬間には大きな歓声をあげるほど感激していた。レポート報告においても学生は本実験をとおして最先端と思われた有機ELデバイスが自ら作製できることに驚いたこと、さらに電子デバイス系のものづくりにもこれまで以上に興味を持つことができたとの記述が多くあった。またアンケートにおいて、例えば設問1の「創造工学実験はこれまでの実験と比較して積極的に取り組めましたか」と問うたところ、図2のように68%の学生が積極的に取り組めたと答えた。また「今回の実験を終えてものづくりへの興味・関心はどう変化しましたか」と問うた設問2では77%の学生がこれまで以上の興味・関心が増したと答えた。

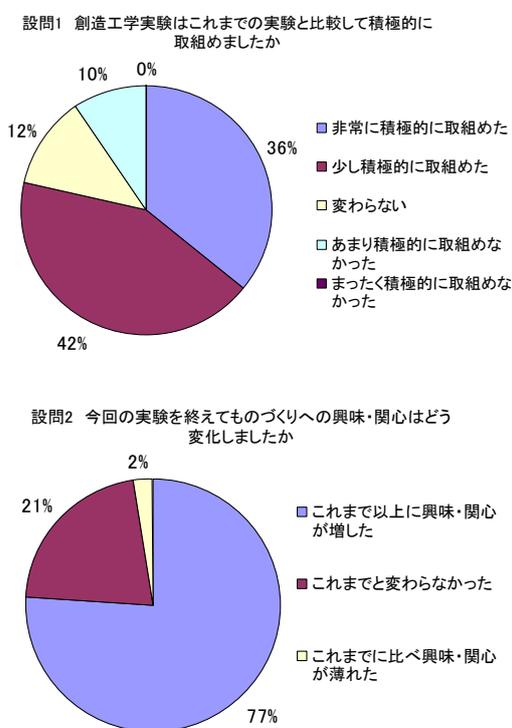


図2. アンケート結果

このようにレポート報告の感想およびアンケート結果からも本実験課題の実施による教育効果が確認できた。

(3) 平成23年度は学生が普通に実験すれば安定して“光る”有機ELデバイスの構造としてAl/Alq3/PVK/ITO/glass構造を採用し、さらに学生実験課題としての実験内容の整備改善を行った。特に成膜コントローラによる正確な膜厚制御と基板洗浄法を行うことによって図3の写真のように安定して“光る”有機ELデ

バイスを作製できるようになった。さらに各層の膜厚の変化による特性への影響を調べるなど、学生はより進んだ実験課題にも取り組むことができるようになった。具体的には、クロロホルムに溶かすPVK濃度を系統的に変化させてデバイス作成を行い、PVKの濃度（膜の厚み）がそのように電流電圧特性に影響を与えるかを調べる実験を行うグループがあった。また別のグループは蒸着するAlq3の膜厚を変化させてデバイスを作製して、電流電圧特性への影響を調べていた。

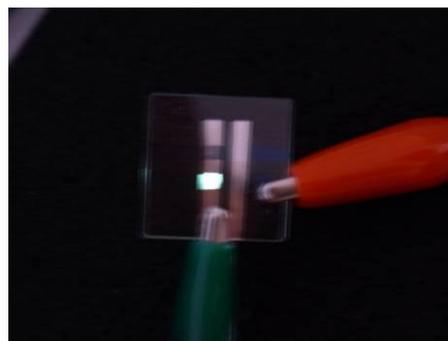


図3. 作製した有機ELが光っている様子

以上、本研究課題によって電子デバイス系のものづくりの一貫したプロセスを体験させることができる実験課題「有機ELの作製と分光特性」を完成させることができた。特に最先端技術と思われた有機ELの作製が、実は比較的単純なプロセスで容易に作製でき、世の中の有機ELテレビはこの作製プロセスを高度化させただけのものであることが、実験をとおして理解できる。今後は、本電子デバイス系モノづくり実験を継続して実施していくことによって学生には、材料系モノづくりの楽しさを実感させていく。なお、本実験課題は特殊な実験装置を必要としないために他高専はもとより、大学の電気系学科においても実施できる内容の電子デバイス系のモノづくり実験である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

(1) "Crystalline Phase in Alq3 Films Grown by the Hot-Wall Method", S. Seto, S. Yamada, A. Kitazaki, K. Sebald., I. Rueckmann, J. Gutowski, Journal of Crystal Growth **318** (2011) pp.1067-1070.

(2) "In-situ Experiments in Early-Stage Engineering Education", S. Seto, N. Tokui, S. Yamada, T. Kanmachi, Y. Kawai, Proceedings of

International Symposium on Advances in Technology Education (DVD として配布).

〔学会発表〕 (計 2 件)

(1) "In-situ Experiment in Early-Stage Engineering Education", S. Seto, N. Tokui, S. Yamada, T. Kanmachi, Y. Kawai, International Symposium on Advances in Technology Education (Sept.28, 2011, Republic Polytechnic, Singapore).

(2) “有機 EL デバイスの作製と評価”, 五十玉祐也, 瀬戸 悟, 平成 23 年度北陸地区学生による研究発表会 (平成 24 年 3 月 10 日, 石川工業高等専門学校)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ishikawa-nct.ac.jp/lab/E/seto/www/setoHP.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

瀬戸 悟 (SETO SATORU)

石川工業高等専門学校・電気工学科・教授  
研究者番号 : 50216545

### (3) 連携研究者

山田 悟 (YAMADA SATORU)

石川工業高等専門学校・電気工学科・准教授  
研究者番号 : 40249777