

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501119

研究課題名(和文)環境教育とモノづくり教育を融合した電子デバイス実験の教育的効果

研究課題名(英文) Educational effects on a newly developed electrical device experiment combined with an environmental education

研究代表者

瀬戸 悟 (SETO, Satoru)

石川工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：50216545

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本申請課題は高専教育の特長である「ものづくり教育」をベースに「環境教育」の視点と融合させた新しい電子デバイス実験教材を開発し、その教育効果を検証した。実験は本校電気工学科4年生の創造工学実験で実施した。電子デバイスとして有機薄膜太陽電池を選び、学生には太陽電池の作製から評価までを一貫したプロセスを経験させた。実験中では太陽電池に関する現在の技術状況や電力需要全体における太陽光発電の役割などを調べさせ、環境問題への意識付け意識させるレポート課題を提出させた。アンケート結果から、学生には電子デバイス実験の面白さを実感させるとともに環境問題と太陽電池の関係の視点を意識させることができた。

研究成果の概要(英文)：This project is to verify educational effects on a newly developed electrical device experiment based on "Monozukuri" in Japanese and an environmental education. The experiment was performed for 4 year students in Department of Electrical Engineering of our college. The students have struggled with the fabrication of several organic solar cells from the fabrication of organic solar cells to their electrical characterizations by changing the thickness of the films. The attractive device experiment have bring a high level of interest in this research field on students. Furthermore, the students have learned about ecological point of view on solar cells through this device experiment.

研究分野：科学教育

キーワード：工学教育 ものづくり教育 電子デバイス実験 環境教育 太陽電池

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である。学生は、それらの原理は知らないまでも「有機EL」や「太陽電池」には現物を目にし、興味を持っている。さらに、環境問題については原子力発電や火力発電との対比から太陽光エネルギーの活用に関する議論が新聞・テレビ上で頻繁になされている。しかしながら、環境問題の視点から電気工学に関する専門分野を学ぶ機会が少ない現状がある。学生にとっては、例えば電子デバイスの授業で学ぶ太陽電池がどのように現実の社会で使われ、また電力需要における位置づけや環境問題との関連を意識させる授業内容を導入していく必要がある。同様に電子デバイスに関する実験においても環境問題を意識させた実験テーマの導入が望まれ、実際に検討を重ねてきた。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学生には魅力ある研究テーマとして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か、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し、学生に実施する必要がある。

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、環境問題との関係を意識した電子デバイス作製実験を導入した。具体的には「有機薄膜太陽電池」を作製させる新しい実験教材を開発し、当該実験教材を高専電気系の4年生にもものづくり実験として実施する。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と環境問題の視点を持つことの重要性を意識させることを目的とする。さらに、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12週かけて実験する課題にした。学生には最初、有機薄膜太陽電池の構造と発電原理について調べ、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。その際に現在ある太陽電池の種類とそれぞれの特徴、さらに有機薄膜太陽電池の現状についても報告させる。

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、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薄膜太陽電池を作製する。ここではデバイス作製の全体的なプロセスを把握と実験手順の理解・習得を目的とする。

(3) 2回目は学生が自立して1回目と同じ作製条件で有機薄膜太陽電池を作製する。このとき教員はアドバイザーに徹して、デバイス作製のプロセスを学生に完全に習得させる。

(4) 学生は教員からのヒントをもとに有機薄膜太陽電池の特性に影響する成膜条件を変えながら、最低3枚の有機薄膜太陽電池を作製する。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。

(5) 作製したデバイスは電気的特性として電流電圧特性、ソーラーシミュレータを使って変換効率を測定し、成膜条件の違いが太陽電池の特性に与える影響について考察させる。

(6) 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、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、作製したことを実験できる電子デバイス、具体的には「有機薄膜太陽電池」を作製させる新しい実験教材を開発し、ものづくりの楽しさと環境問題の重要性を意識できる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。



図1. 採用した有機薄膜太陽電池の構造

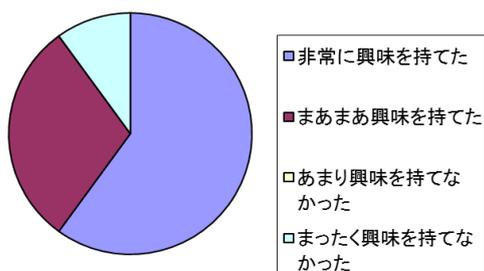
(1) 平成24年度では、まず実験装置の整備と実験プロセスの検討を行った。実際、この年の学生にはAl/C60(フラーレン)/CuPc(銅フタロシアン)/ITO構造(図1参照)の有機薄膜

太陽電池を製作し、成膜条件を変えて作製した太陽電池の特性を比較検討させた。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。

(2) 平成25年度からは実際に上記デバイス構造で有機薄膜太陽電池を作製する実験を実施した。実験では学生に発案でITO上に直接、銅フタロシアニンを蒸着する構造とは異なる積層構造の太陽電池の作製を試みた。それは有機ELでしばしば用いられるPEDOT:PSSをITOと銅フタロシアニンの間に挿入する構造で、実際に作製するとPEDOT:PSSを挿入すると変換効率が向上することが確認できた。学生にとっては自分たちの工夫で変換効率が向上したことに電子デバイス実験のものづくりとしての楽しさ、醍醐味を実感できたようである。また実験で作製した有機薄膜太陽電池の変換効率は1%以下であったが、さらに成膜条件を変化させた実験を進めたいとの意欲をもつ学生が見られた。いずれにせよ、学生は自ら製作した有機薄膜太陽電池が実際に起電力を発生し、太陽電池として動作することに感激していた。また教員にとっても最先端技術と思われた有機薄膜太陽電池が意外にも自分たちにも作製できる、このような経験は、学生の意欲を引出しことに効果的であること実感できた。したがって、ものづくり実験を重視する高専教育において、本実験課題のような最先端技術に近い実験を今後益々導入する必要があると考える。

(3) 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薄膜太陽電池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。さらに実験終了後のアンケートにおいては、例えば設問の「全体的に今回の電子デバイス系実験の内容に興味を持ってましたか」と問うたところ、下図のように9割の学生が興味を持ってたと答えた。

設問 全体的に今回の電子デバイス系の実験の内容に興味を持ってましたか。



設問 今回の実験を経て電子デバイス系の興味・関心はどう変化しましたか

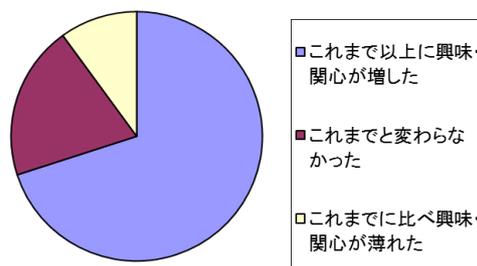


図2. アンケート結果

また「今回の実験を経て電子デバイス系の興味・関心はどう変化しましたか」という設問に対してはやはり7割の学生がこれまで以上に電子デバイスに興味・関心が増したと回答した。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。

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、学生をこの専門分野の面白さを実感させることができる実験課題を実施し、その教育効果を確認できた。特に最先端技術と思われた有機薄膜太陽電池の作製が、実は比較的単純なプロセスで作製できることを経験させることができた。このような成功体験を今回のような最先端技術に近い実験で実施する意義は大きい。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、学生に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モノづくり実験である。特に他の高専教員には今回の成果を発信して高専教育におけるものづくり実験の現代化に寄与し、更なる高専教育における電子デバイス系実験の内容の改善を行っていきたい。

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 "Development and Practice of An Attractive Electronic Device Fabrication Experiment as PBL", S. Seto, N. Tokui, S. Yamada, Proceeding of 8th International Symposium on Advances in Technology Education, 査読有, (<http://www.isate2014.nyp.edu.sg/site/assets/papers/B10.pdf>) (2014).

② ”Annealing Effects of ZnO Nanoparticles on Photoluminescence Spectra”, S. Seto, S. Yamada, K. Suzuki, AIP conference Proceedings, 査読有, Vol. 1583, (2014), pp.337-340.

〔学会発表〕(計 5 件)

① ”新規 Cu ドーピング法で作製した多結晶 CdTe 膜の PL 評価”, 瀬戸 悟, 小川洋平, 細野藍響, 岡本 保, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会(平成 27 年 3 月 12 日, 東海大学湘南キャンパス).

② “Photoluminescence of CdTe doped with a novel Cu doping for CdTe/CdS solar cells”, S. Seto, Y. Ogawa, A. Hosono, T. Okamoto, 第 6 回太陽光発電世界会議 (WCPEC-6) (平成 26 年 11 月 25 日, 国立京都国際会館)

③ ”Development and Practice of An Attractive Electronic Device Fabrication Experiment as PBL”, S. Seto, N. Tokui, S. Yamada, 8th International Symposium on Advances in Technology Education (Sept.28, 2014, Nanyang Polytechnic, Singapore).

④ ”高専電気系におけるモノづくり電子デバイス実験”, 瀬戸 悟, 山田 悟, 平成 26 年度全国高専教育フォーラム (平成 26 年 8 月 27 日, 金沢大学).

⑤ Web ブラウザを利用した電磁気学教育コンテンツの作成”, 山田 悟, 瀬戸 悟, 平成 26 年度全国高専教育フォーラム (平成 26 年 8 月 27 日, 金沢大学).

〔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・その他部局等・電気工学科・教授

研究者番号：5 0 2 1 6 5 4 5

(3) 連携研究者

山田 悟 (YAMADA, Satoru)

石川工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：4 0 2 4 9 7 7 7