

KOSEN

高専発

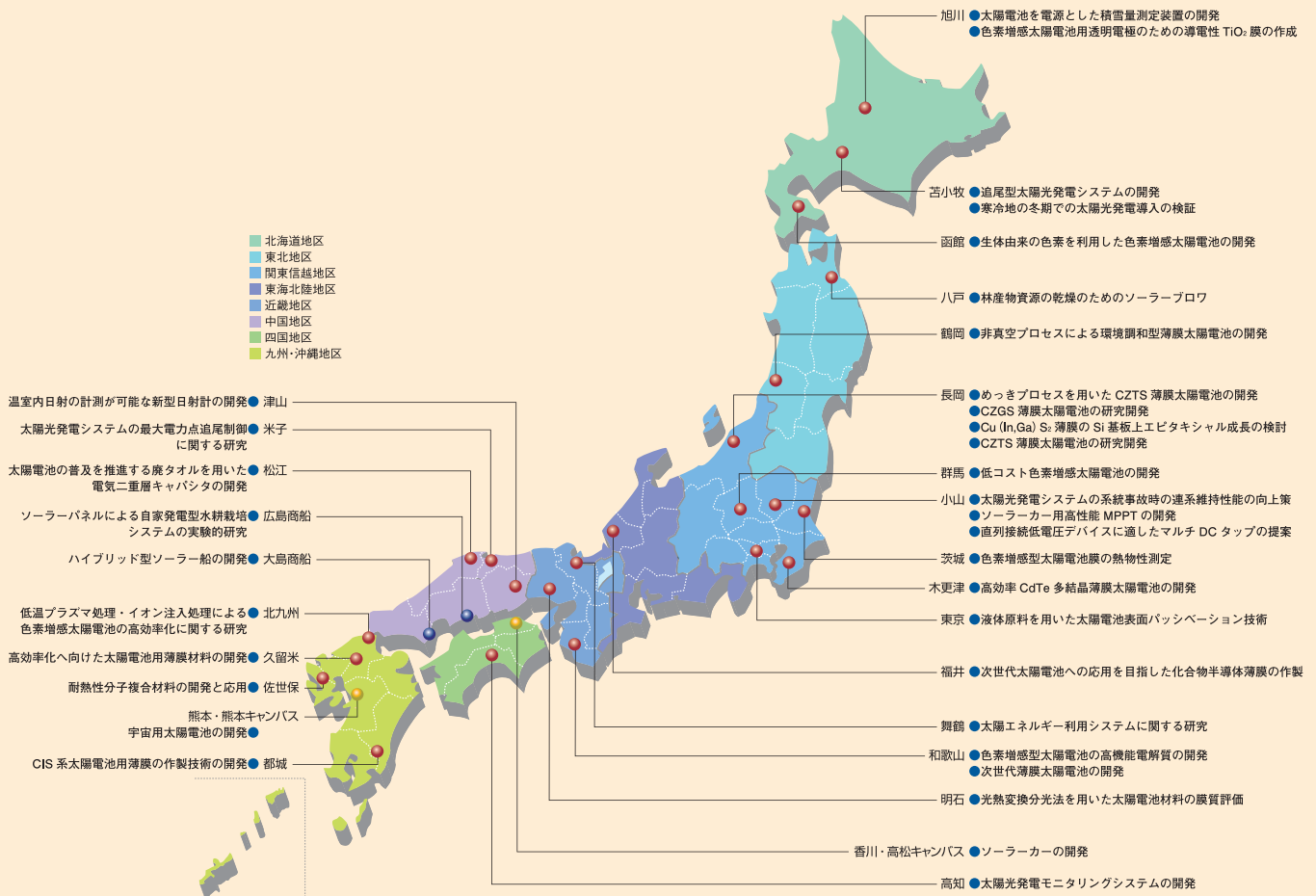
太陽電池技術シーズ集



独立行政法人 国立高等専門学校機構

Institute of National Colleges of Technology, Japan

太陽電池技術シーズ分布図





太陽電池技術シリーズ集

KOSEN

KNTnet (技術マッチングシステム)



Needs Meet Seeds Here.

私たちはあなたとの出会いを求めています。

高専-技術大連合・スーパー地域産学官連携本部

URL <https://kosen-nut.net/>

特許情報の更新情報 最新更新:2010/05/21 発行分 公開日:2010/05/20 公告日:2010/03/05

KNTnet企業様の訪問ありがとうございます。 ログオフ Topへ

情報検索 キーワード登録 シーズ登録 ニーズ登録 今週の情報配信 ID情報変更 質問メール

超簡単検索 簡易検索 特許詳細検索 ID情報検索 私のコンタクト 特許番号検索

超簡単検索
全文検索 国立高等専門学校機構 三崎 幸典 すべて AND OR 8件 検索

期間設定 日から まで 直接入力可 例2006年1月1日=20060101

特許公報種別日付

結果のソート順 出願日 公開日 公告日 国際出願日 公表日 国際公開日

特許 8件 シーズ 0 ニーズ 0

国立高専+長岡技科大・豊橋技科大
研究者 0
作成された検索式
(FULL=?国立高等専門学校機構? * FULL=?三崎? * FULL=?幸典?)

保存式一覧 検索式保存(情報配信へ使用できます) 検索式で検索

検索結果一覧 ページは 1/1 SDIダウンロード

体動検知センサーおよび体動検知方法 PDF TEXT

特開 特開2009-172194(P2009-172194A) 平成21年8月6日(2009.8.6) 発明者:三崎幸典 織田有希子 岩崎政幸 土橋章二
出願人:独立行政法人国立高等専門学校機構 新光電装株式会社 代理人:須藤阿佐子 須藤晃伸

【要約】
【課題】検知精度が高くしかも小型化可能な構造を有する、圧電フィルムを用いた体動検知センサーおよび体動検知方法の提供。【解決手段】圧電フィルムの伸縮により生じる出力電圧により体動を検知する体動検知センサーにおいて、圧電フィルムを収納するカバー部材と、カバー部材に接続されるバンド部材と、巻回部材(4)と、係回部材(5)と、係回部材に係回される環状弾性部材とを有し、圧電フィルムの第一の端部を巻回部材に巻回し、圧電フィルムの第二の端部をバンド部材の端部に接続して構成される体動検知センサーおよびそれを用いた体動検知方法。【選択図】図2009172194.tif 000002

閲覧回数:0回 詳細表示 表示終了

★全国51の国立高専と長岡技術科学大学・豊橋技術科学大学に関する、約4,500人の研究者情報を一度に検索できます。

独立行政法人 国立高等専門学校機構・長岡工業高等専門学校
Institute of National Colleges of Technology, Japan

〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町888番地
TEL.0258-32-6435 FAX.0258-34-9700
◆技術シーズに戻る ◆Topに戻る

English

更新日 2010-05-23

研究分野 電子・電気材料工学
電子デバイス・電子機器

研究テーマ 1. 気相酸化法によるCu₂ZnSnS₄薄膜の作製と評価
2. Cu₂ZnSnS₄系薄膜太陽電池の開発
3. Cu₂ZnSnS₄系薄膜太陽電池の開発

アピール(シーズ) 1. シーズ
新型薄膜太陽電池
01_200906-u08.pdf

教授 写真: 研究者の顔写真

所属 工学部 電気電子システム工

★研究者の顔写真付シーズ情報が照会できます。
★各教員への技術相談が可能です。

目 次

● 生体由来の色素を利用した色素増感太陽電池の開発 地域産業に根ざした研究事業の遂行 函館高専 湊 賢一	1
● 追尾型太陽光発電システムの開発 センサレス追尾による安定・高効率発電システムの開発 苫小牧高専 上田 茂太	2
● 寒冷地の冬期での太陽光発電導入の検証 日射量が少ない冬期での雪・温度の影響を考慮する太陽電池の最適運用 苫小牧高専 土田 義之	3
● 太陽電池を電源とした積雪量測定装置の開発 積雪量の変化を測定しそのデータを活用するシステム 旭川高専 佐藤 陽亮	4
● 色素増感太陽電池用透明電極のための導電性 TiO ₂ 膜の作成 粉末焼結ターゲットによる安価な導電性 TiO ₂ 薄膜の開発 旭川高専 篁 耕司・吉本 健一	5
● 林産物資源の乾燥のためのソーラーブロー 八戸高専 土屋 幸男	6
● 非真空プロセスによる環境調和型薄膜太陽電池の開発 環境調和型半導体を用いた薄膜太陽電池の開発 鶴岡高専 森谷 克彦	7
● 色素増感型太陽電池膜の熱物性測定 プラスチック板上酸化チタン膜の主軸熱伝導率および主軸角測定 茨城高専 根本 栄治	8
● 太陽光発電システムの系統事故時の連系維持性能の向上策 太陽光発電システムの大量導入に対する課題解決 小山高専 甲斐 隆章	9
● ソーラーカー用高性能 MPPT の開発 アナログ制御回路による最大電力動作点追尾装置の開発 小山高専 鹿野 文久	10
● 直列接続低電圧デバイスに適したマルチ DC タップの提案 直列接続太陽電池アレイに適した太陽光発電システム 小山高専 北野 達也	11
● 低コスト色素増感太陽電池の開発 金属基板と炭素材料による低コスト化 群馬高専 藤野 正家	12
● 高効率 CdTe 多結晶薄膜太陽電池の開発 集光型 CdTe 多結晶薄膜太陽電池の開発 木更津高専 岡本 保	13
● 液体原料を用いた太陽電池表面パッシベーション技術 東京高専 永吉 浩	14
● めっきプロセスを用いた CZTS 薄膜太陽電池の開発 非真空プロセスを用いた低コスト環境調和型薄膜太陽電池 長岡高専 荒木 秀明	15
● CZGS 薄膜太陽電池の研究開発 ワイドギャップ材料 Cu ₂ ZnGeS ₄ を用いた薄膜太陽電池の開発 長岡高専 荒木 秀明	16
● Cu(In,Ga)S ₂ 薄膜の Si 基板上エピタキシャル成長の検討 Cu(In,Ga)S ₂ /Si タンデム太陽電池の創製を目指して 長岡高専 大石 耕一郎	17
● CZTS 薄膜太陽電池の研究開発 「Next 次世代」を見据えた環境調和型薄膜太陽電池 長岡高専 片桐 裕則	18
● 次世代太陽電池への応用を目指した化合物半導体薄膜の作製 二元化合物を出発材料とする CuGaTe ₂ 薄膜の作製 福井高専 山本 幸男	19

●	太陽エネルギー利用システムに関する研究		
	太陽エネルギー計測と関連システムの効率的制御の検討		
	舞鶴高専	中川 重康	20
●	光熱変換分光法を用いた太陽電池材料の膜質評価		
	表面粗さの異なる基板上に製膜した微結晶 Si の膜質評価		
	明石高専	堤 保雄	21
●	色素増感型太陽電池の高機能電解質の開発	“イオン液体”による電解液の高機能化	
	和歌山高専	綱島 克彦	22
●	次世代薄膜太陽電池の開発	CIGS系及びCZTS系薄膜太陽電池の開発	
	和歌山高専	山口 利幸	23
●	太陽光発電システムの最大電力点追尾制御に関する研究	PCを用いた安価なMPPT実験装置の開発	
	米子高専	宮田 仁志	24
●	太陽電池の普及を推進する廃タオルを用いた電気二重層キャパシタの開発		
	松江高専	福岡 眞澄	25
●	温室内日射の計測が可能な新型日射計の開発	センサ面に生じる部分影の影響を受けない日射計	
	津山高専	桶 真一郎	26
●	ソーラーパネルによる自家発電型水耕栽培システムの実験的研究		
	省エネルギーによる地域ブランドの開発と市場流通戦略		
	広島商船高専	岐美 宗	27
●	ハイブリッド型ソーラー船の開発		
	大島商船高専	山口 伸弥・三原 伊文	28
●	ソーラーカーの開発	FIAソーラーカーレース競技用ソーラーカーの開発	
	香川高専 高松キャンパス	岩田 弘	29
●	太陽光発電モニタリングシステムの開発	発電電力の公開と学内系統連系システム	
	高知高専	吉田 正伸	30
●	高効率化へ向けた太陽電池用薄膜材料の開発		
	太陽電池の高効率化を目指した $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{Cy}/\text{Si}$ 薄膜材料の作製		
	久留米高専	奥山 哲也	31
●	低温プラズマ処理・イオン注入処理による色素増感太陽電池の高効率化に関する研究		
	物理的複合処理による高効率太陽電池の開発		
	北九州高専	山田 憲二・山根 大和・中村 裕之	32
●	耐熱性分子複合材料の開発と応用	無色透明性耐熱フレキシブル基板の開発	
	佐世保高専	古川 信之	33
●	宇宙用太陽電池の開発	民生太陽電池の宇宙利用を目指した耐放射線性評価	
	熊本高専 熊本キャンパス	高倉 健一郎	34
●	CIS系太陽電池用薄膜の作製技術の開発		
	低コストで高品質な CIS 系太陽電池用薄膜の作製技術の開発		
	都城高専	赤木 洋二	35

生体由来の色素を利用した色素増感太陽電池の開発

E-mail : minato@hakodate-ct.ac.jp

電気電子工学科 湊 賢一

地域産業に根ざした研究事業の遂行

【要約】

1991年にスイスのローザンヌ工科大学のグレッツェル教授により報告された色素増感太陽電池はシリコン以外の材料を用いた次世代太陽電池として大きな注目が集まっている。しかし、光吸収材料（色素）として主に希少金属であるルテニウム錯体が用いられているため、資源的制約と作製したデバイスが市場に出回る際の価格高騰が問題になると予測されている。そこで本研究では、ルテニウム錯体に替わる色素として「未利用資源」に着目し、北海道・函館地区の水産業によって排出される水産系廃棄物の色素を用いた色素増感太陽電池の開発を試みた。

【きっかけ】

太陽電池用電極の研究を始める段階において、本校シーズ集を眺めていたところ、物質工学科上野教授が「天然黒色色素粒子の精製に成功！¹⁾」という記事を書かれていたのを発見したのがきっかけである。現在は、色素と太陽電池用電極の両面から、高い効率を有する色素増感太陽電池の開発について共同研究事業を行っている。

【プロセス】

函館高専（上野教授）と道立工業技術センターとの共同研究事業によって、単分散状態でのイカ墨粒子化が可能となる精製技術を確立した²⁾。精製されたイカ墨粒子を色素増感太陽電池に用いた際の特性評価や問題点に関して、定期的に打ち合わせを行い、共同研究事業を進めている。道立工業技術センターや北海道教育大学と協力し、色素や太陽電池としての特性評価実験を行っている。

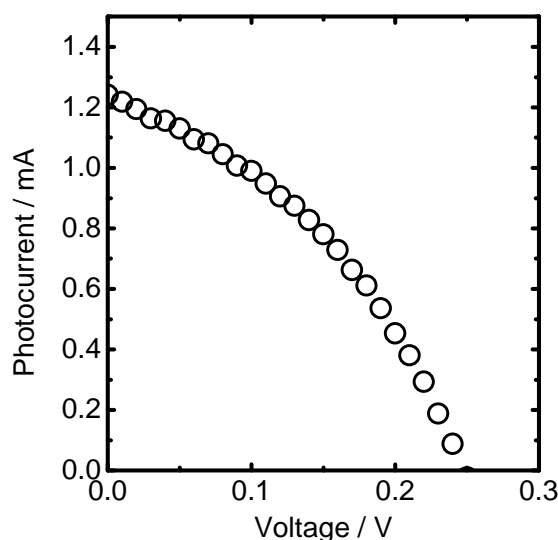
【成果】

生体由来の色素を利用した色素増感太陽電池は、光変換効率0.13%を示した。

これまで廃棄処理されていた材料に光が照らされる結果となった。しかしながら、ルテニウム錯体に替わる色素としては、まだまだ大きな課題が山積みである。光電変換効率についても、実用化には程遠い状態であるため、今後さらなる研究開発が必要である。

【文献】 1) 上野孝, 函館高専研究シーズ集, p.24(2007).

2) 上野孝他, 特開2009-46621.



生体由来の色素を利用した色素増感太陽電池における電流－電圧特性

追尾型太陽光発電システムの開発

E-mail : suedata@el.tomakomai-ct.ac.jp

電気電子工学科 上田 茂太

センサレス追尾による安定・高効率発電システムの開発

【要約】

赤道座標系から計算した太陽位置に向かってパネルが正対するように方向をスケジュール操作することによって追尾センサを省略し、安定かつ大きな電力を得る。安価なワンチップマイコンによる演算を可能にするためのアルゴリズムとして、等間隔追尾法を考案した。同一仕様のパネルを用いて追尾式と固定式の装置を試作し同一設置条件で比較した結果、追尾式では発電電力量が最大で50%程度増加することを確認した。

【きっかけ】

センサで太陽を追尾する方式では曇った日など動作が不安定になり、条件によっては追従不能になるなどの不具合が生じた。また、太陽位置の計算には三角関数による複雑な演算を必要とするためワンチップマイコンによる演算には不向きである。これらの課題を解決するための方式について検討を行うことにした。

【プロセス】

太陽の方位角 A 、高度 h は次式で計算することができる。

$$h = \sin^{-1}(\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos t)$$

$$A = \tan^{-1} \left[\frac{-\cos \delta \sin t}{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \cos \phi \cos t} \right] \dots\dots (1)$$

ただし、 δ : 太陽の赤緯、 t : 太陽の時角、 ϕ : 観測地の緯度

方位と高度を変えるために2個のステッピングモータを使用し、制御にはマイコンを利用した。(1)式の計算をマイコンで実行する場合に、三角関数による演算量が多いこと、ステッピングモータのステップ角は一般的に1.8[deg]であること、角度誤差が ± 10 [deg]以内なら発電電力への影響は小さいことなどから、ステッピングモータを進ませる時間間隔を一定にする等間隔追尾法を考案した。データのテーブル化などによりプログラムのステップ数は150程度と非常に簡素になった。

図1に試作した小型試験装置を示す。右側は追尾式、左側は同仕様のパネルを南向き傾斜角45[deg]に固定にした装置である。パネルはともに6枚直列で最大電力1.34[W]である。

【成果】

測定例を図2に示す。この日の天候は晴れであったが、雲の影響で大きく落ち込む部分が2箇所生じた。それぞれのカーブを積分して電力量を算出した結果、追尾式1.55[Wh]、固定式1.02[Wh]となり、追尾により1.52倍の発電電力量増加となった。その他の日についても同様に測定した結果、1.2倍から1.5倍程度の増加が見込めることが分かった。

図3はフェリーターミナルの省電力化を目的に苫小牧港開発(株)との共同研究で進めている40W試験装置である。現在は追尾センサ付だが、今後、センサレス駆動による実証試験を行い、センサレス追尾の効果を検証していく予定である。



図1 小型試験装置

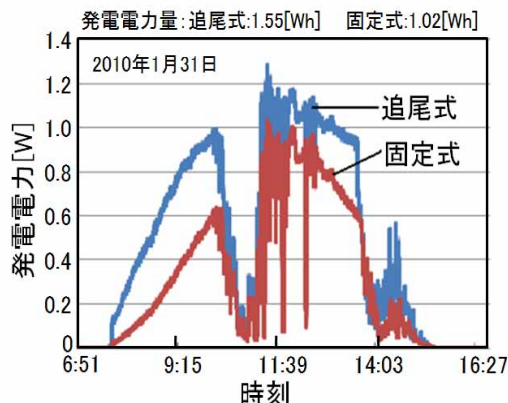


図2 測定結果(小型試験装置)



図3 40W試験装置

寒冷地の冬期での太陽光発電導入の検証

北海道地区産学官連携コーディネーター
土田 義之

E-mail : tsuchida@office.tomakomai-ct.ac.jp

日射量が少ない冬期での雪・温度の影響を考慮する太陽電池の最適運用

【要約】

天然資源の枯渇、CO₂排出抑制、地球環境保全の観点からクリーンエネルギーとして再生可能エネルギー有効活用が注目されている。しかし再生可能エネルギーは地域、気候等の状況に大きく左右され易い欠点がある。

本研究では太陽光発電を寒冷地導入に向け旭川地域導入を進めた場合、①冬季間の日射量が他地域に比べて少ない、②夏季温度が30℃を超え、冬季の温度は-30℃を超える、③積雪が1 m以上に達する等の運用には厳しい環境問題がある。

これらの問題に対して、寒冷地の冬期に太陽光発電導入を推進するに、雪と温度の影響を考慮する太陽電池の最適運用の検証を実施した。

【きっかけ】

東京と旭川の年間の日射量の差約300時間の日射量の差を解消し、夏・冬の寒暖差が大きく、積雪等の寒冷地の環境条件に最適な運用を推進するために調査を実施(図1)。

太陽電池は、サンパワー社(SPR-210)の単結晶Si電池を使用。(図2)

【プロセス】

冬季の12月と1月の調査結果を比較すると、太陽電池の出力電圧にほとんど変化が見られない。

原因は冬期の雪の反射光の要因が考えられる。12月から2月は積雪状態での雪の影響と推測される(夏季は、出力電圧が冬季間よりも低い)。

(図3)

【成果】

寒冷地域での導入の問題点(日射量が少ない、夏と冬の温度差が大きい、積雪が1 m以上)は、雪の反射光の影響により、日射量が少ない地域の問題が解消されることが判った。よって冬季での低い温度でもセル温度の上昇を防ぎ、高い変換効率を維持することができ、寒冷地に導入可能である。

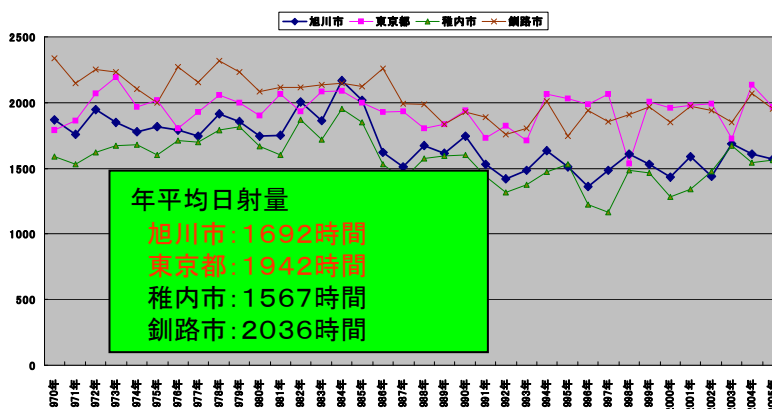


図1. 各都市の日射量比較

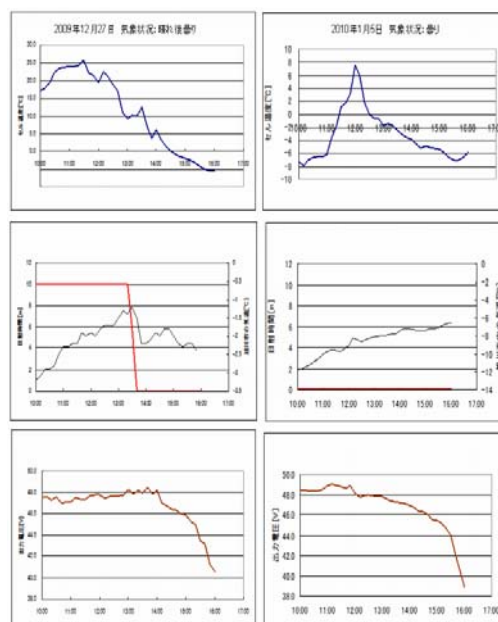


図3. 冬季の調査(12月)、(1月)

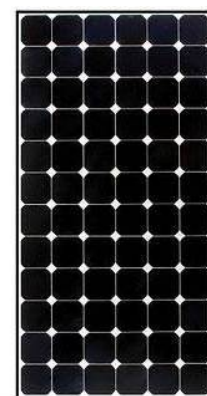


図2. 太陽電池
SPR-210
(単結晶型シリコン)

【発表論文】佐藤、土田:「太陽光発電導入に向けた調査報告」、平成22年電気学会全国大会(明治大学駿河台キャンパス)、6-080、2010年3月

太陽電池を電源とした積雪量測定装置の開発

E-mail : y_satoh@asahikawa-nct.ac.jp

技術創造部 佐藤 陽亮

積雪量の変化を測定しそのデータを活用するシステム

【要約】

旭川市では冬になると一晩での降雪が50cm以上にもなる場合があり、除雪作業が必要かどうかの判断のためには積雪量の情報が必要で、適当な時点で積雪量を測定し知らせてくれる装置があれば便利である。

本研究では、超音波センサを用いた積雪量測定装置の開発を行い、測定した積雪量のデータを無線通信において屋内で受信しそのデータを利用すること、また屋外に設置する測定装置のすべての電源としてクリーンなエネルギーとして活用が期待されている太陽電池を用いて屋外完全独立型の実験装置の製作を目標とし、システムの研究・開発を行なった。

【きっかけ】

旭川工業高等専門学校では制御情報工学科の工学実験において、マイコンを用いた機器制御実験を行っている。その実験では様々なセンサを用いて測定を行い、その測定データを利用して機械を制御するという検出・判断・駆動の一連のシステム作りを目標にしている。

そこでよりいっそう学生が意欲的に、興味を持って実験に取り組めるように、また、より実戦的な技術や知識を身につけることができるように実用的かつ身近な題材を用いた実験テーマを考案したいと考えこの研究・開発を行なった。

【プロセス】

1. 超音波センサを用いた距離測定装置を製作し、冬季屋外において積雪に対する有効性を検証した。
2. 平成21年度科学研究費補助金（奨励研究）に採択され、超音波の温度補正用として強制通風温度計の製作、無線によるデータ通信、太陽電池による屋外型独立電源の設置を行なった。



図1 装置全景

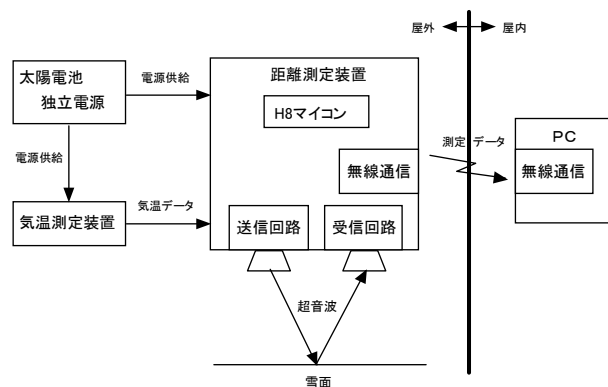


図2 システム図

【成果】

超音波センサによる距離測定装置の積雪に対する有効性を確認することができ、積雪量の測定データを無線により屋内と通信することに成功した。また太陽電池による独立電源からの電源供給により屋外における電源をすべてまかなうことができた。

今後の課題として測定した積雪量のデータをユーザーにお知らせするシステムを構築していきたいと考えている。

色素増感太陽電池用透明電極のための導電性TiO₂膜の作成電気情報工学科 篁 耕司
吉本 健一

E-mail : webmaster@asahikawa-nct.ac.jp

粉末焼結ターゲットによる安価な導電性TiO₂薄膜の開発

【要約】

シリコン系太陽電池の不得意とする領域で、製造コストの安い色素増感太陽電池の開発が進められている。色素増感太陽電池は、透明電極にITOを用いており、希少金属であるインジウムを使うため、枯渇問題や価格高騰が避けられない。本研究では、この代替として、チタン系酸化物を用いた、色素増感太陽電池用導電性TiO₂膜の安価な作製方法を開発している。

【きっかけ】

Nbドーパされた酸化チタンに還元アニール処理を行うと透明のまま低抵抗化することが名古屋大学のグループ等により報告された。色素増感太陽電池の電極として、ITOに代わる材料の開発、安価な透明導電膜作成方法の模索を行っている。

【プロセス】

RFスパッタリング法を用いたTiO₂薄膜を作製する。酸化ニオブを混ぜたTiO₂粉末焼結ターゲットを自作し、ニオブを用いないターゲットの場合と比較する。測定にはX線回折、オージェ電子分光を用いる。またアニール処理によりアナターゼ型の結晶化及び、抵抗率減少の検証する。

【成果】

酸化ニオブを用いた粉末焼結ターゲット(Fig.1)による成膜方法で、成膜後大気中でのアニールによりアナターゼ型の成膜に成功した(Fig.2)。現在Nbをドーパした試料でも導電率の向上はみられなかったため、今後水素雰囲気中でアニールすることにより、低抵抗化を目指したいと考えている。

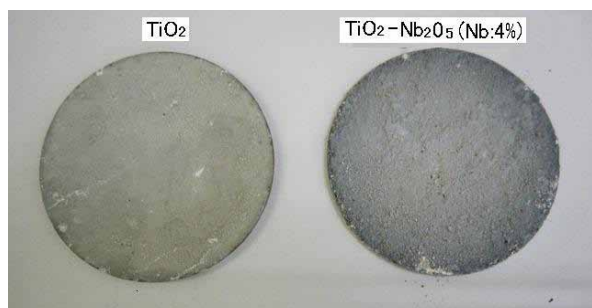


Fig.1 粉末焼結ターゲット (スパッタ後)

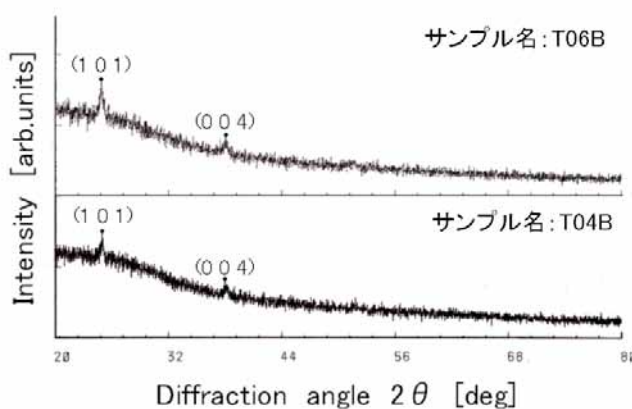


Fig.2 X線回折解析結果

- T04B 試料名: TiO₂
- T06B 試料名: TiO₂-Nb[Nb濃度2%]

林産物資源の乾燥のためのソーラーブロワ

E-mail : tsuchiya-e@hachinohe-ct.ac.jp

電気情報工学科 土屋 幸男

【要約】

青森県や岩手県をはじめとして日本にはさまざまな林産物資源がある。これらの資源のいくつかは乾燥を行うことでその負荷価値が高められる。ここでは生産技術の高度化が産業振興の課題である。しかし、現行の林産物資源の乾燥技術の主流は化石燃料の燃焼や電気エネルギー利用による加温と除湿である。このためCO₂排出量の増大と、運転コストの面で問題がある。

本研究では、林産物の初期乾燥の促進と運転コストの削減を同時に達成するソーラーブロワの利用に関する試作の経過と提案を行なった。本乾燥装置は初期投資を必要とするが、太陽光発電エネルギーのみで稼働するため、CO₂排出量や運転コストの低減に貢献する。

【きっかけ】

2002年当時、電力系統に依存しない形で太陽光発電の出力を利活用する技術を模索していた。ここで太陽光から風を作る技術に注目し、蓄電池を使用する形で産業用ブロワを稼働させる基礎技術を提案し、ソーラーブロワと名付けて3つの学会で発表したことがきっかけである。

基本原理は太陽光放射強度に風動力が比例する、すなわち光強度に見合う風動力が得られるシステムの構築である。

【プロセス】

1. 太陽電池、産業用三相誘導電動機型90[W]級ブロワ、蓄電池、コントローラ、インバータを主要部品とするソーラーブロワの基本回路を提案した(2003年6月)。
2. 1台のインバータで太陽光強度の変化にブロワ出力を対応させるため、90[W]級と300[W]級ブロワを連続的に切り替える制御方式を提案した(2003年8月)。
3. 太陽電池の出力電流に追値するブロワのガイド周波数(インバータの出力周波数指令値)の決定方式とその連続運転を2年間継続し、実証試験を行い、これを報告した(2005年3月)。
4. 太陽電池の出力の向上を目指し、最大出力点追跡制御方式としてキャパシタを使用する方法を提案した。結果として蓄電池を使用したこれまでの方法に比べて、システム全体の軽量化が達成できた(2007年9月)。図1. にシステムの構成図を示す。

【成果】

- ・キャパシタを用いるソーラーブロワの導入調査を開始(2007年4月~11月)。
- ・岩手県三陸地域においてヒヤリングを実施し、その結果、林産資源分野で特に久慈地域の特産である南部アカマツ材の初期乾燥業務においてソーラーブロワの適用の可能性があることが判明し、これを報告した(2008年3月)。(財団法人さんりく基金、平成19年度の助成研究)。

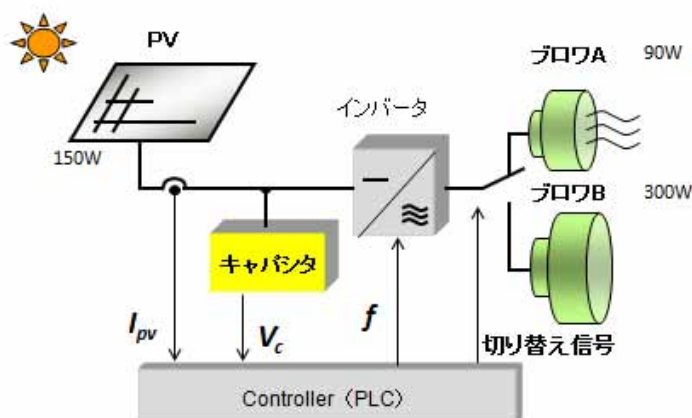


図1. 開発したソーラーブロワの構成

非真空プロセスによる環境調和型薄膜太陽電池の開発

E-mail : moriya@tsuruoka-nct.ac.jp

電気電子工学科 森谷 克彦

環境調和型半導体を用いた薄膜太陽電池の開発

【要約】

太陽光発電が注目され始めてからこれまでの間、政府、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）主導の太陽電池研究では、低コスト化、高効率化、長寿命化が声高に叫ばれ続けてきた。そして近年、NEDOは、太陽光発電を普及させるためのロードマップ「PV2030+」を発表した。PV2030+は、太陽光発電を普及させるための技術的なステップを示したもので、今後の研究機関や政府の参考にされるものである。その中でも、やはりこれまでと同様に低コスト化、高効率化、長寿命化が叫ばれており、更には「Cool Earth 50」の発動により、環境負荷、製造時エネルギーも懸念されるようになってきた。

そこで本研究ではこれらの問題を解決するための手段として元素戦略を提案する。本戦略により、例えば低効率であったとしてもコストを100分の1にすれば高効率セル以上もしくは同等の効果がもたらされると考えられる。そのため、本研究ではレアメタルであるIn（インジウム）、Ga（ガリウム）、Se（セレン）などを用いた化合物半導体は使用せず、またSiの高騰を考慮に入れSi（シリコン）も使用しないこととした。そして、将来の大量生産を考え、日々生活していく中で身近に存在する元素であるCu（銅）、Zn（亜鉛）、Sn（錫）、S（硫黄）を構成元素としている毒性元素を含まない材料（＝環境調和型半導体）である $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ （以下CZTS）を採用した。本材料は次世代の薄膜太陽電池材料として期待されている材料であり、近年、注目され始めている材料である。

また本研究室では、作製手法を非真空プロセスにすることにより更なる低コスト化を目指し、更に作製プロセスに硫化水素を用いないことにより、より環境負荷の低減を目指し、最終的には「環境にやさしい太陽電池を安く簡単に作ること」を目標として研究を行っている。

【きっかけ】

1. 各半導体層の最適化

(1) 窓層n-ZnO:Alの低抵抗率化

Al添加量、アニール条件の最適化およびマイクロ波照射により $10^{-1}[\Omega\text{cm}]$ 台の抵抗率を得た。

(2) CZTS薄膜の高品質化

各種作製法を試みたが、現在のところ非真空プロセスの中ではゾルゲル・スピコート法が最も均一な膜を得られる。また、組成の制御も容易である。

【プロセス】

現在検討中の研究テーマは以下の2つである。

(1) 3Dセル構造

微粒子状の酸化チタンにCZTSをコーティングすることにより、3Dセル構造を構築し、発電を試みる。

(2) 透明薄膜太陽電池の作製とタンデム構造への応用

非真空プロセスによりp-CuAlO₂を用いた透明薄膜太陽電池を作製し、タンデム構造太陽電池へ応用する。

【成果】

1. 本研究を行うことにより、地域の方々からの太陽電池全般に関する技術相談なども増え、講演、講義を通して地域の方々へ貢献できた。

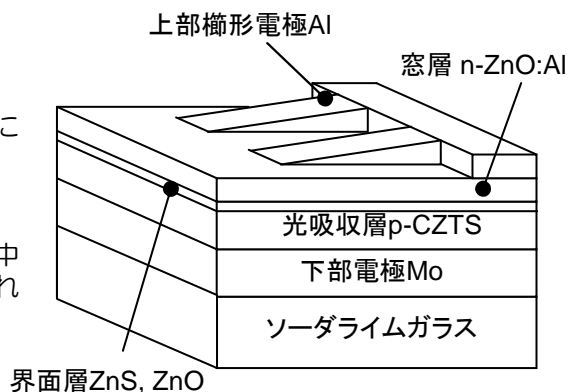


図1 CZTS系薄膜太陽電池構造図

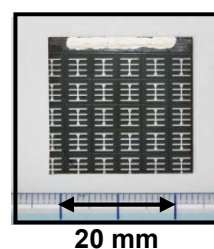


図2 実際に作製したセル

色素増感型太陽電池膜の熱物性測定

E-mail : konignem@mech.ibaraki-ct.ac.jp

機械システム工学科 根本 栄治

プラスチック板上酸化チタン膜の主軸熱伝導率および主軸角測定

【要約】

プラスチックDSSc Filmの表・裏の主軸熱伝導率および異方化率を比較すると、ITO-PET FilmにおけるITO膜の影響は小さいことが確認できる。これは、ITOの膜厚がPETに比べて1/181であるために影響が出ていない、もしくはITO FilmとPET Filmの主軸熱伝導率等がほぼ等しいためであると考えられる。また、PETの厚さ方向の熱伝導率は $0.152\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ であることが知られているが、今回測定したPET Filmの平面方向の熱伝導率は $10.2\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ であった。これよりDSScで発生する熱の大部分は、膜の平面方向に逃げていると考えられる。次に酸化チタンを塗布した膜と塗布してない膜を比較すると、まず主軸熱伝導率が約10.8%程度下がっていることが分かる。これから、酸化チタンの平面方向の熱伝導率はITO-PET Filmより低いと判断できる。異方化率のほうは、それほど変化が無い。最終的に、プラスチック色素増感型太陽電池の主軸熱伝導率は、 $\lambda_{p1}=9.11\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、 $\lambda_{p2}=8.89\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ でその異方化率は約1.10であることが分かった。

【きっかけ】

色素増感型太陽電池(dye-sensitized solar cell : DSSc)は従来のシリコン型太陽電池に比べて色や形状を変更することができ、かつ安価に製造できることから世界的に広く研究が行われている。このDSSc膜に使われている酸化チタンは10~50nmの超微粒子であり、光触媒として注目を集めている。だが、この酸化チタンを使用した膜表面の熱伝導率等は知られていない。酸化チタンを使用したDSSc膜の熱物性を知ることは、DSScの放熱性向上、および高効率化のために重要であるので研究を行った。

【プロセス】

スキージ法によりITO-PET Film上に低温成膜用酸化チタンペースト（酸化チタン+水+アルコール）を塗布することで、膜厚18~22 μm の酸化チタン膜を形成した。色素分子はDSScで頻繁に使用され、かつ吸着力が強いエオシンYを採用し、吸着後水分が飛んだ後に測定を行った。色素吸着による膜厚の変化は見られなかったため、(4)DSSc filmの膜厚は(3)TiO₂ on ITO-PET Filmと同じ膜厚であり、これらの膜を使って主軸熱伝導率などを測定した。

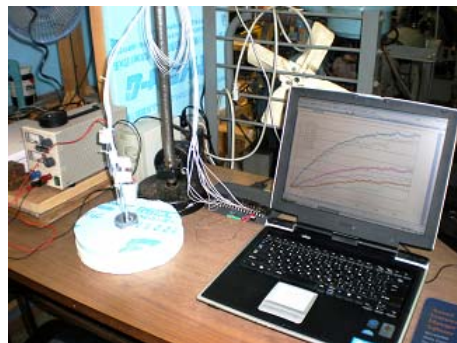


図1 異方性熱物性測定装置の外観

【成果】

1. ITO-PET Filmにおける平面方向の熱伝導率は、膜厚方向より67倍程度大きい。
2. ITO-PET FilmにおけるITO膜の主軸熱伝導率への影響は小さい。
3. ITO-PET Filmに超微粒子である酸化チタンを塗布すると、熱伝導率が約10.8%下がる。
4. プラスチック色素増感型太陽電池膜は異方性を示す。
5. 今回測定したプラスチック色素増感型太陽電池膜の主軸熱伝導率は $\lambda_{p1}=9.11\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、 $\lambda_{p2}=8.89\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、異方化率は約1.10と確認出来た。
6. プラスチック太陽電池の主軸熱伝導率測定装置の開発を行った。（図1に示す測定装置）
7. 本技術は、「パルス・周期法による多点温度測定を用いた二次元異方性熱伝導物質の主軸熱伝導率測定方法並びにその測定装置」として登録された。（特願2010-29494号）

表1 色素太陽電池構成膜の主軸熱伝導率測定値

Sample	principal thermal conductivity[W/(m K)]		principal axis angle	anisotropic factor
	λ_{p1}	λ_{p2}	$\phi [^\circ]$	ξ
(1) ITO-PET Film (back)	10.4	10.0	-8.8	1.04
(2) ITO-PET Film (front)	10.1	9.87	44.4	1.05
(3) TiO ₂ on ITO-PET Film	9.10	8.81	12.9	1.03
(4) Dye solar cell Film	9.11	8.89	15.4	1.10

太陽光発電システムの系統事故時の連系維持性能の向上策

E-mail : sangaku@oyama-ct.ac.jp

電気情報工学科 甲斐 隆章

太陽光発電システムの大量導入に対する課題解決

【要約】

現政権は主要排出国の参加を前提に、温室効果ガスを2020年までに1990年比で25%削減というこれまでに比べて飛躍的な目標を国連で表明した。低炭素社会の実現のためには省エネ、電気自動車、燃料電池車、再生可能エネルギー、二酸化炭素の回収・貯蓄(CCS)などのコア技術・関連技術の育成が求められる。

我が国の太陽光発電導入量は2008年度末で約200万kWであり、住宅50万軒分である。2020年に1990年比25%削減するためには、少なくとも2020年迄に2800万kWの太陽光発電を導入する前政府の目標を達成しなければならないと考えられる。これが現実のものになると2軒に1軒の割合で太陽光パネルが設置され、住宅地域の配電線の負荷へは太陽光発電だけ供給できる可能性がある。本研究は、太陽光発電システムを電力系統に大量に導入するための課題である系統事故時の系統連系維持性能の向上に関するものである。

【きっかけ】

太陽光で発電される電力は直流であるので、電力用半導体素子で構成されるインバータであるPCS(Power System Conditioner)によって交流電力に変換されて自家消費される。その余剰電力は、電力系統へ送られる。電力系統の短絡事故などで系統電圧が数百msの間低下するとPCSは正常に動作できないので電力系統から解列される。電力系統に太陽光発電システムが大量に導入された場合、系統短絡事故時にこれらが同時に解列されると電力供給不足となって電力系統の周波数が低下して電力系統が不安定になり、最悪時には大停電に至ることが予想される。このため、電力系統短絡事故時における太陽光発電システムの系統連系維持性能の向上策について研究した。

【プロセス】

1. 電力系統事故にはPCSは正常に動作できないのでPCSのゲートブロックして機能を停止する。
2. この間、太陽電池で発電した電力はPCSの直流回路のキャパシタまたは電気二重層キャパシタに充電する。
3. 電力系統の事故が除去されて系統電圧が正常に復帰するとPCSのゲートブロックを直ちに解除する。
4. この結果、需給アンバランスは解消され電力系統は安定になる。事故中に太陽電池で発電した電力はコンデンサに充電されるが、コンデンサ電圧は定格値に制御されるのでその電力は徐々に電力系統へ送られる。

【成果】

図1に、太陽光発電システムの構成を示す。系統短絡事故時の連系維持性能の向上策は制御回路のシーケンスに付加される。

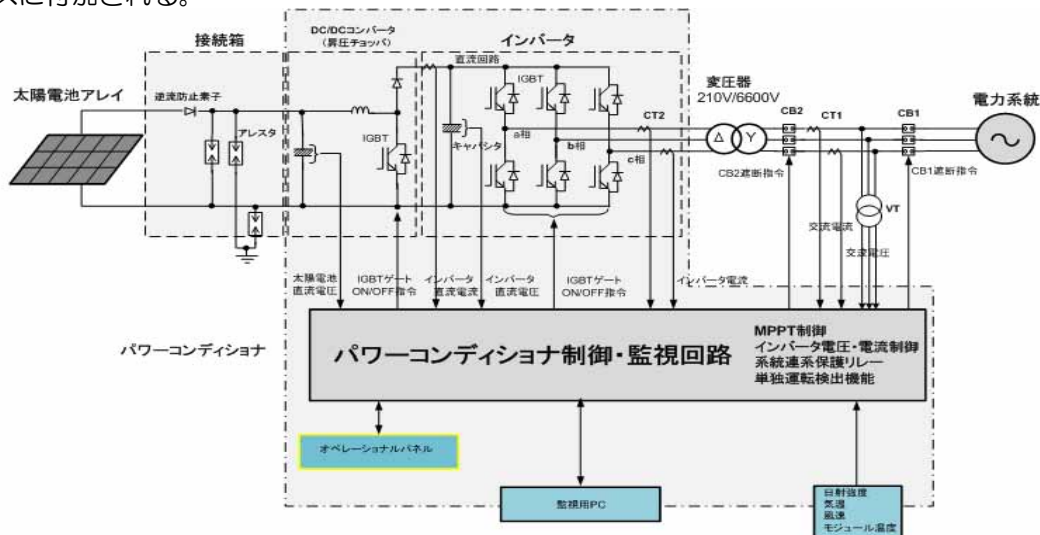


図1 太陽光発電システム(パワーコンディショナ)の構成

ソーラーカー用高性能MPPTの開発

E-mail : sangaku@oyama-ct.ac.jp

電子制御工学科 鹿野 文久

アナログ制御回路による最大電力動作点追尾装置の開発

【要約】

効率よく太陽電池からエネルギーを取り出すには発電電力が最大になるように太陽電池の動作電圧を制御する必要がある。この制御装置がMPPT(Maximum Power Point Tracker)である。産業用や住宅における太陽光発電ではMPPT 1台ですべての発電制御を行っても大きな問題にはならない。しかしソーラーカーに搭載するMPPTでは、車両の空気抵抗低減を目的に曲面ボディに太陽電池を貼り付けるため、複数台数の分散制御が必用となる。さらに影など発電特性変化への追従性がMPPTには要求される。そこで本研究室では高効率かつ軽量の回路が要求されるソーラーカー用MPPTに、独自のアナログ制御を考案することで制御装置の部品数を少なくし、軽量化とともに高い変換効率を持つMPPTを開発するに至った。

【きっかけ】

1992年8月に能登で開催されたワールド・ソーラーカー・ラリーin能登大会に参加するため、小山高専チームのソーラーカー製作を開始。この際モーター以外の回路すべての設計をおこなうべく、太陽電池制御においては軽量で高効率なMPPT制御回路の実現に電子総合技術研究所（現：独立行政法人産業技術総合研究所（AIST））の協力を得て研究開発に着手した。

【プロセス】

1. 480W太陽電池のソーラーカーに必要な小型軽量・高効率の昇圧型MPPTを製作して小山高専ソーラーカーに搭載しその有効性を確認した。
2. WSCに参戦するアモルファス太陽電池を使用したソーラーカー用に降圧型MPPTを開発し1996年WSCにおいて世界初完走記録に協力した。
3. 2001年WSCにおいて東海大学チームに19分割MPPTを供給しMPPTによる分割制御の有効性を実証した。

【成果】

1. AISTと共同で知的財産として「最大電力動作点追尾方法およびその装置」の名称で特許申請し、平成15年度に特許登録（第3394996号）された。
2. AISTと三島木電子の協力を得てより高速なスイッチング制御ができるデジタル制御+アナログ制御MPPTを開発（図1）し、98%の電力変換効率と発電変動への優れた追従性を実現。
3. 2009 Global Green Challengeに人工衛星用高性能太陽電池1.8kWを用いて参加する東海大学ソーラーカーチームにMPPTを搭載。3日間平均時速100.54km/hで走破しGGC総合優勝（図2）。



図1 デジタル制御+アナログ制御MPPT



図2 GGC総合優勝の東海大学ソーラーカー
(写真提供：東海大学木村研究室)

直列接続低電圧デバイスに適したマルチDCタップの提案

E-mail : sangaku@oyama-ct.ac.jp

電気情報工学科 北野 達也

直列接続太陽電池アレイに適した太陽光発電システム

【要約】

市販されている太陽電池モジュールの発電電圧は20~70V程度と低いため、一般家庭用の太陽光発電システムに利用する場合、図1のように複数の太陽電池モジュールを直列に接続し入力電圧を高くし電流を減らしたシステム構成となっている。しかし、部分影等により各太陽電池にアンバランスが生じると発電電力が大きく低下するため、太陽電池モジュール単位で電圧調整することが望まれている。本研究では、直列接続低電圧デバイスに適したマルチDCタップ(図2)を利用することで、複数の太陽電池モジュールが直列に接続されたシステムにおいて、モジュール単位に電圧調整が可能となり、部分影等の影響を受けないシステム構成となり太陽電池から得られる出力電力の向上につながる。

【きっかけ】

電力変換器には電圧型・電流型の2種類あり、一般的に変換器を直列接続するには電流型の変換器が用いられる。しかし、電流型変換器は制御が難しく素子の導通損が多いなどデメリットが多く、電圧型変換器が汎用的に用いられている。通常、電圧型変換器は利用し易さから並列に用いられ、電圧型変換器を直列に接続したシステムが容易に構成できないか検討し、制御法の工夫により制御信号のORをとれば容易に実現できることができたため。

【プロセス】

1. 平成19年度においてDCチョッパを2台直列に接続したシステムにより、電圧型変換器が直列接続された場合の制御法を検討した。このときは、直列接続されるシステムのスイッチングデバイスがAND接続されており、AND接続ではスイッチがオンとならないためOR接続されるように制御信号のORを取ったものを与えた。ORを与えることで容易に従来の制御法が使えることを明らかにした(成果1)。
2. 平成20年度において、平成19年度で制御信号のORを取れば制御できる理由を、DCチョッパを2台直列に接続したシステムの出力電流に着目しスイッチング動作解析より明らかにした(成果2)。
3. 平成21年度においてマルチDCタップの拡張性を示すため、低電圧デバイスにバッテリー(12V)と太陽電池を混在したシステムの提案をし、その有用性を示した(成果3)。さらにマルチDCタップを2本用いることで交流出力が得られるため、そのアプリケーション例を示した(成果4)。平成19年度から平成21年度までの成果を国際会議にまとめた(成果5)。

【成果】

1. 「直列接続太陽電池アレイに適したチョッパ回路の一構成法」平成20年 電気学会全国大会 No4-O40
2. 「直列接続方式昇降圧チョッパ回路の最大電力点追尾制御」平成21年 電気学会全国大会 No4-O54
3. 「Multi-DC Tap方式バッテリー充電器の最大電力点追尾制御」平成22年 電気学会全国大会 No4-O69
4. 「DCAF機能を備えたMulti-DC Tap方式単相PWMコンバータ」平成22年 電気学会全国大会 No4-O34
5. 「A proposal of a Multi-DC Tap family suited for series-connected low voltage devices」 Ipec-Saporo2010

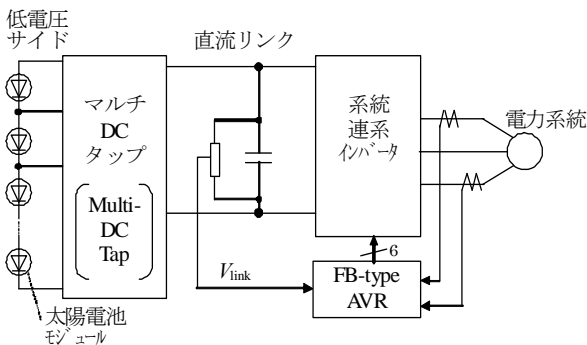


図1 直列接続太陽電池アレイに適した太陽光発電システム

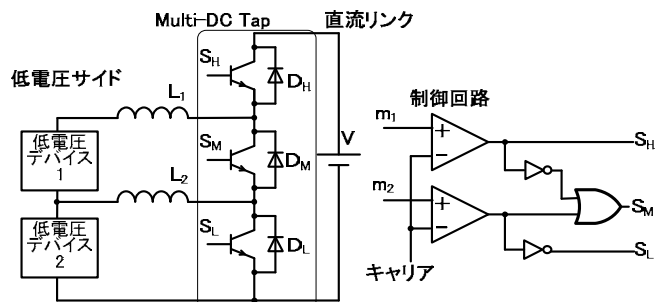


図2 直列接続低電圧デバイスに適したマルチDCタップ

低コスト色素増感太陽電池の開発

E-mail : fujino@chem.gunma-ct.ac.jp

物質工学科 藤野 正家

金属基板と炭素材料による低コスト化

【要約】

高価な透明導電性基板の代わりに安価な金属基板を陽極に用い、白金の代わりに炭素を陰極に用いた色素増感太陽電池（DSC）を開発し、低コスト化に一定の見通しをつけた。金属基板は光を透過しないことから、陰極の炭素電極に開口を設けてDSC内部に光を導入する。

【きっかけ】

地球温暖化問題に端を発したグリーンエネルギー政策が各国で積極的に推進されている。本邦の教育界においても環境・エネルギー教育が重要視されるようになり、平成21年度に改訂された小・中学校の学習指導要領では、理科で環境教育を充実させることが謳われている。環境への負荷がなるべく小さいエネルギー資源の開発と利用が今後の課題であることを生徒に認識させ、新たなエネルギーの開発の現状や課題に触れることが要求されている。

太陽光エネルギーを直接電気エネルギーに変換する太陽電池は、このような教育に打って付けの教材である。しかしながら、現在普及しているシリコン太陽電池は未だ高価であり、その作製には専用の製造設備を必要とすることから、授業の中で発電原理を学びつつ太陽電池本体を作製することはできない。

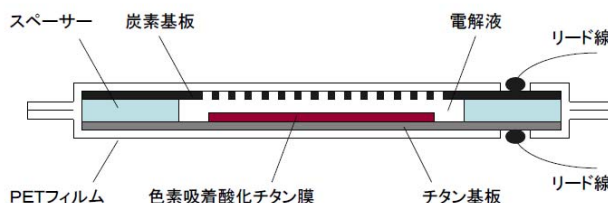
今回、作製方法が簡単なDSCを、従来よりも安価な材料を使ってつくることに成功した。

【プロセス】

図1に、本技術のDSC構造の一例を示す。チタンの薄板上に酸化チタンペーストを塗布し、焼成により多孔質酸化チタン膜を作製する。金属基板にチタンを用いることにより、基板表面に必要な逆電子移動を防止する緻密な酸化チタン膜を多孔質化と同時に形成することができる。色素を吸着した後にスペーサーを配し、50%程度の光透過率が得られるように直径約100ミクロンの貫通孔を多数設けた炭素基板を重ねてPETフィルムで封止する。最後に、チタン基板にあらかじめ設けた細孔から電解液を注入・封止する。

このDSCの発電効率は、炭素の代わりに白金を用いた場合に比べて多少低いものの、教材として十分な水準にある。

図1 PETフィルムで封止されたDSCの断面構造



【成果】

原材料費の大幅なコストダウンにより、費用対効果に優れたDSCを実現できる。これにより、生徒が自ら太陽電池をつくり学ぶ安価な実習教材の提供が可能となる。

知的財産 「色素増感型太陽電池」 藤野正家、特許公開2010-55935

現在、教材の商品化に向けたパートナー企業を募集中。

高効率CdTe多結晶薄膜太陽電池の開発

E-mail : okamoto@e.kisarazu.ac.jp

電気電子工学科 岡本 保

集光型CdTe多結晶薄膜太陽電池の開発

【要約】

太陽光発電の性能を飛躍的に向上させるために、大面積化が可能な薄膜系でエネルギー変換効率40%を実現することを目指した5~6接合からなる低倍率集光型薄膜太陽電池の開発を行っている。その中で、CdTe多結晶薄膜太陽電池は、禁制帯幅が1.5 eV程度の薄膜太陽電池では低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の構成要素として最も有望な太陽電池の一つである。そこで、低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発の一環として、集光型CdTe多結晶薄膜太陽電池の開発を行っている。

【きっかけ】

CdTe多結晶薄膜太陽電池は、禁制帯幅が約1.5 eVと単接合太陽電池として最適な禁制帯幅を有しており、簡単なプロセスで高速に作製できることから、低コストで高効率な薄膜太陽電池として有望である。日本ではCdの毒性のために製造・販売されていないが、欧米では実用化され、低価格な太陽電池パネルとして生産量を急速に伸ばしている。また、CdはZnなどの金属製錬の副産物として必然的に発生してしまう物質であり、Cdの安全な有効利用という観点では、リサイクルを前提としたCdTe太陽電池は環境保護に貢献できる製品であるといえる。このような背景の中、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受け、「新エネルギー技術研究開発 革新的太陽光発電技術研究開発(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業) 低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発」の一環として集光型CdTe多結晶薄膜太陽電池の開発に取り組んでいる。

【プロセス】

図1に開発しているCdTe多結晶薄膜太陽電池の構造を示す。CdTe光吸収層は近接昇華法(CSS法)と呼ばれる方法で製膜を行っている。CSS製膜装置の概略図を図2に示す。

このプロジェクトで開発を行っている集光型太陽電池では、太陽光を集光させて、高密度の光を太陽電池に入射させる。集光することによって、変換効率が増加することが知られているが、短絡電流密度が増加するので、直列抵抗の影響が無視できなくなる。そこで、CdTe多結晶薄膜太陽電池の直列抵抗の低減を目指して、裏面電極の改善やCdTe光吸収層の低抵抗化などの課題に取り組んでいる。

【成果】

1. CdTe多結晶薄膜太陽電池の作製プロセスの最適化、裏面電極の改善を試み、変換効率15.2%を達成した。
2. CdTeソース中へのCdCl₂添加効果を明らかにした。
3. CdTe多結晶薄膜太陽電池の集光特性を明らかにした。

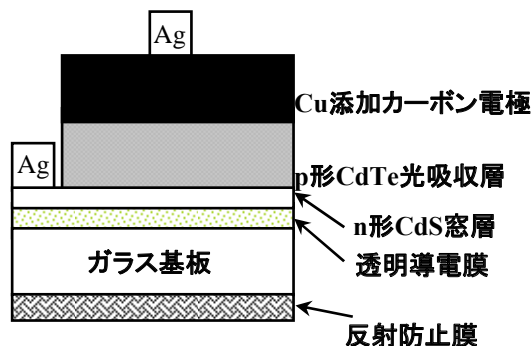


図1 CdTe多結晶薄膜太陽電池の構造

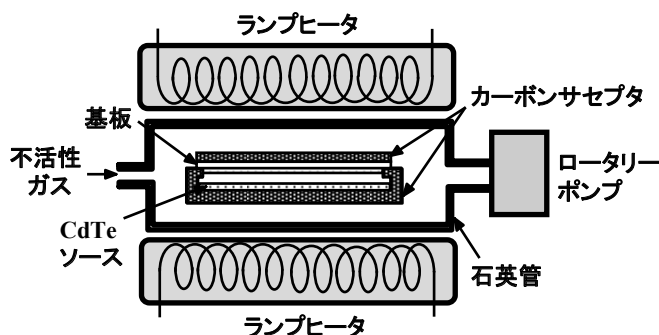


図2 CSS製膜装置の概略図

液体原料を用いた太陽電池表面パッシベーション技術

E-mail : kikaku@tokyo-ct.ac.jp

電子工学科 永吉 浩

【要約】

結晶シリコン系太陽電池は資源が豊富であり環境にやさしい材料で構成されているので今後も太陽電池の主流であると考えられる。一方、製造コスト削減の要望と急激な市場拡大によるシリコン原料不足から厚さ $100\mu\text{m}$ 以下の薄型セルの開発が急がれている。太陽電池セルが薄くなるとセル表面保護層／反射防止層による表面パッシベーション技術が大変重要になる。

我々は液体原料であるポリシラザンを用いて SiO_2 層形成を試み、水蒸気処理、水素ラジカル処理と組み合わせることによって従来法に比べて非常に安価かつ有効な太陽電池表面処理ができることを示した。

【きっかけ】

これまで $\text{SiO}_2/\text{SiN}_x\text{:H}_2$ 層構造などを用いて効果的なパッシベーション効果が得られることを示してきたが、CVDプロセスを使用するためにどうしても製造コストが大きくなる。このため安価なプロセス技術の必要性を痛感した。液体原料プロセスは高度な真空装置を使用しないために低コスト化に有利であるが、ゾルゲル法による液体原料は高い処理温度が必要であり、高価な原料が多い。安価かつ処理温度を下げることでできる液体原料を模索し無機液体原料であるポリシラザンを用いて水素ラジカル処理、水蒸気処理と組み合わせることで有効なパッシベーション効果の得られることを見出した。

【プロセス】

単結晶シリコン上にスピンコートまたはディップコートによって液体原料を塗布しポストアニール処理をすることによって SiO_2 層を形成する。ポストアニール処理方法として水蒸気処理、水素ラジカル処理による界面特性の改善効果を調べた。

【成果】

表面再結合速度、CV特性によって評価し太陽電池への適用について検討した。

- 1) 液体原料で形成したにもかかわらず水蒸気処理、水素ラジカル処理による界面特性改善を図ることで良好な界面特性の得られることをCV特性評価によって確認した。(図2)
- 2) マイクロ波PCD法による実効ライフタイム評価を行いヨウ素／エタノール溶液による液体パッシベーションと同程度のライフタイムが得られることを確認した。この結果は太陽電池表面処理として重要な表面再結合を有効に抑えていることを示している。

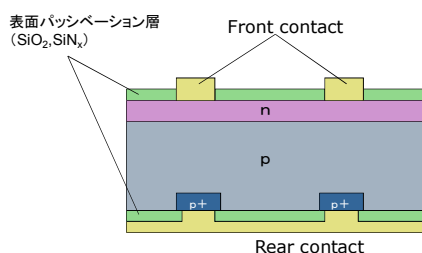


図1 結晶シリコン太陽電池の構造

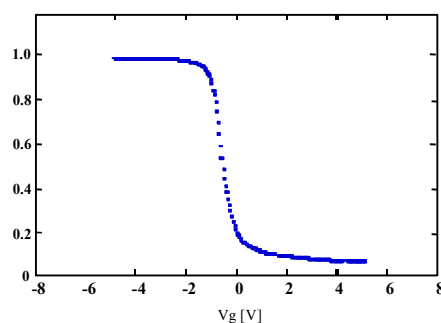


図2 CV特性

めっきプロセスを用いたCZTS薄膜太陽電池の開発

E-mail : h-araki@nagaoka-ct.ac.jp

物質工学科 荒木 秀明

非真空プロセスを用いた低コスト環境調和型薄膜太陽電池

【要約】

太陽光発電に主に利用されているSi系太陽電池とともにCu(In,Ga)Se₂(CIGS)薄膜太陽電池がすでに実用段階にあり大きな市場を形成しつつある。しかし、この材料は希少元素であるInや毒性元素であるSeを使用していることから、資源の枯渇や健康への影響が懸念される。そこで我々はCIGSの希少元素In,Gaを地殻中に豊富にある元素Zn,Snで置換し、毒性元素SeをSで置換したCu₂ZnSnS₄(CZTS)に着目し、長岡高専の学科横断型プロジェクトとして無毒な汎用材料から構成される環境調和型太陽電池の開発を行ってきた。ここでは、非真空プロセスである、めっき・硫化法を用いた低コストCZTS薄膜太陽電池の作製した。

【きっかけ】

2001年に筆者が本校に着任した際に、それまでの研究に用いてきた電気化学的手法(電解法)を用い、低コストなCZTS薄膜の作製法に関する研究を開始した。その後、CZTS薄膜太陽電池の研究開発に関する学科横断型プロジェクトが組まれるとともに、プロジェクト研究室が整備され、薄膜の作製からデバイス特性の評価まで一貫して行える環境が整ったことを契機に、めっき・硫化法によるCZTS薄膜を用いた薄膜太陽電池の研究が本格化し、現在も低コスト化と高効率化を目指し、めっきプロセスを用いた薄膜太陽電池の開発に学生とともに取り組んでいる。

【プロセス】

1. 平成18年度国立高等専門学校機構在外研究員として欧州における薄膜太陽電池の中核的研究所であるドイツ・Hahn-Meitner Institut (現Helmholtz-Zentrum Berlin)への派遣を経験し、H-W.Schock博士の指導のもとで得た化合物薄膜太陽電池に関する知見をもとに、電解めっきを用いたCZTS薄膜太陽電池の研究が本格化した。
2. 平成19年-21年度科学研究費補助金若手研究(B)「電解めっきプリカーサを用いた新型太陽電池光吸収層薄膜の作製に関する研究」により、非真空プロセスを用いたCZTS薄膜太陽電池を初めて報告(PVSEC-17)し、その後、合金めっき・硫化法を用いて変換効率3.16%を報告(ICTMC-16)するとともに、積層めっき・硫化法を用いて、非真空プロセスを用いたものとして最高変換効率の3.55%を達成している(H21年度長岡高専専攻科特別研究)。

【成果】

非真空プロセスである、めっき法は既存の方法に比べ、①比較的簡単な装置により安価に大面積の薄膜を堆積できる。②形状の複雑なものにも堆積可能である。といった点で優れている。

めっき薄膜(プリカーサ)は、Cu、Sn、Zn源を含む水溶液中で定電位電解めっきによりglass/Mo基板上に作製した。溶液濃度・めっき電位・堆積時間を変化させることでプリカーサの組成比と膜厚の最適化を行った。このプリカーサと硫黄をガラスコンテナに入れ、窒素雰囲気下で加熱・硫化することでCZTS薄膜を得た。

合金めっきプリカーサを用いて作製したCZTS薄膜のSEM観察像を図1に示す。このCZTS薄膜を用いてglass/Mo/CZTS/CdS/ZnO:Al/Al構造の太陽電池デバイス化を行い、ソーラーシミュレータAM1.5照射下において得られた光電変換特性を図2に示す。この合金めっき・硫化法を用いたCZTS薄膜太陽電池において、開放電圧540[mV]、短絡電流密度12.6[mA/cm²]、曲線因子0.464、変換効率3.16%を得た。

また、Cu/Sn/Zn積層めっきプリカーサを用いた場合でも、同様のデバイス化により、開放電圧606[mV]、短絡電流密度12.1[mA/cm²]、曲線因子0.484、変換効率3.55%(図3)を得ている。

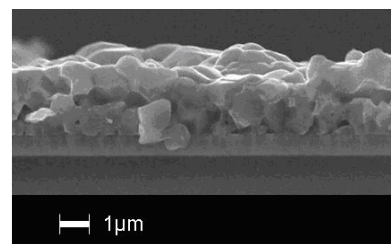


図1 CZTS薄膜の断面SEM像

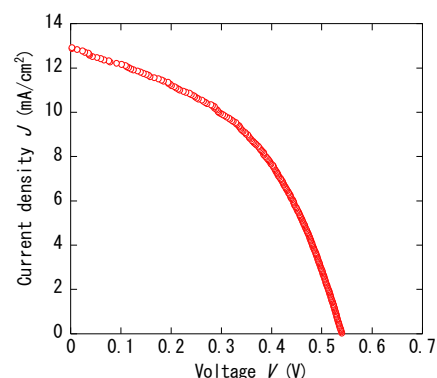


図2 J-V特性(Cu-Sn-Zn合金めっき)

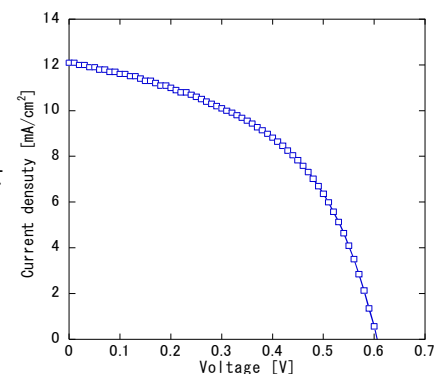


図3 J-V特性(Cu/Sn/Zn積層めっき)

CZGS薄膜太陽電池の研究開発

E-mail : h-araki@nagaoka-ct.ac.jp

物質工学科 荒木 秀明

ワイドギャップ材料 $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_4$ を用いた薄膜太陽電池の開発

【要約】

近年、 $\text{Cu}_2\text{-II-IV-VI}_4$ 化合物である $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS)を光吸収層として用いた薄膜太陽電池が注目され、CZTS薄膜太陽電池において、6.77%の変換効率が報告されるとともに、 $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ を用いた薄膜太陽電池では9.66%の変換効率が報告されている。そこで本研究では、同じく $\text{Cu}_2\text{-II-IV-VI}_4$ 化合物である $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_4$ (CZGS)に着目した。CZGSはバンドギャップが約2eVのワイドギャップ材料である。そのため、高い開放電圧が期待できるとともに、タンデム型太陽電池のトップセルの光吸収層としての利用が期待される。このCZGSを光吸収層として用いた新型薄膜太陽電池の開発について紹介する。

【きっかけ】

元来資源が少ない日本において、資源問題は重要な課題であり、希少資源や不足資源に対する解決策として、使用する材料の多様化や代替材料技術の開発が望まれている。このような観点から、太陽電池材料において、今後更なる高効率化や製造プロセスの開発とともに、原料ソースを多様化するための新しい材料を用いた太陽電池の開発が重要な課題となっている。筆者は、新たな光吸収層材料として、毒性が低く、地殻中にある程度存在する(クラーク数がInより大きい)という観点から、身近な元素である銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ゲルマニウム(Ge)、硫黄(S)から成る $\text{Cu}_2\text{ZnGeS}_4$ 化合物半導体に着目し、本校のCZTS薄膜太陽電池の開発に関する学科横断型プロジェクトにおいて培った技術を用いて、CZGS薄膜太陽電池の作製を試みた。

【プロセス】

1. CZTS薄膜太陽電池の作製技術をもとに、CZGSを用いた薄膜太陽電池を作製し、最も開放電圧が高いものでは700mVを超えるものが得られた。
2. このCZGSにSnを加えた $\text{Cu}_2\text{Zn(Ge,Sn)}_4$ 系光吸収層を用いた薄膜太陽電池を作製し、開放電圧498mVを得た。Snを加えることで、光吸収端波長が長波長側にシフトすることから、Ge:Sn組成比を変化させることで、バンドギャップを約1.5eVから2.1eVの間で変化させることができると考えられる。
3. これら結果に基づいて、東京高専・長野高専による文科省支援事業「産学官連携戦略展開事業(戦略展開プログラム)・知的財産活動基盤の強化」の一環として行われた「特許に関する個別相談」でのアドバイスをを受け、特許出願を行った。

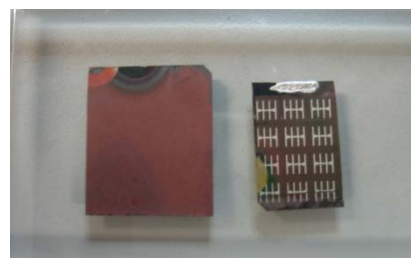


図1 (左) CZGS薄膜と (右) CZGS薄膜太陽電池

【成果】

glass基板上にMoを蒸着したものを下部電極基板として使用し、真空蒸着装置を用いてZn、Cu、Geの順で金属薄膜を積層しglass/Mo/Zn/Cu/Ge構造の積層プリカーサを作製した。このプリカーサと硫黄をガラスコンテナに入れ、電気炉で大気圧・窒素雰囲気下で $10^\circ\text{C}/\text{min}$ で昇温、 580°C で2時間保持後、放冷することで硫化を行い、CZGS薄膜を得た。バッファ層としてCdSをCBD法で、窓層としてZnO:AlをRFスパッタ法で、Al楕円上部電極を真空蒸着法で形成し、デバイス化を行い、glass/Mo/CZGS/CdS/ZnO:Al/Al構造の薄膜太陽電池を作製した。得られたCZGS薄膜とCZGS薄膜太陽電池の概観を図1に示す。ソーラーシミュレータAM1.5照射下において得られた光電変換特性を図2に示す。CZGSを用いた薄膜太陽電池において、開放電圧598mV、短絡電流 $3.38\text{mA}/\text{cm}^2$ 、変換効率0.93%を得た。また、最も開放電圧が高いものでは700mVを超えるものが得られている。

また、CZGSと同様の作製方法で、Sn層を追加したglass/Mo/Zn/Cu/Ge/Sn積層プリカーサを用いて作製した $\text{Cu}_2\text{Zn(Ge,Sn)}_4$ 系薄膜太陽電池において、開放電圧498mV、短絡電流密度 $5.55\text{mA}/\text{cm}^2$ 、曲線因子0.358、変換効率0.99%を得ている。

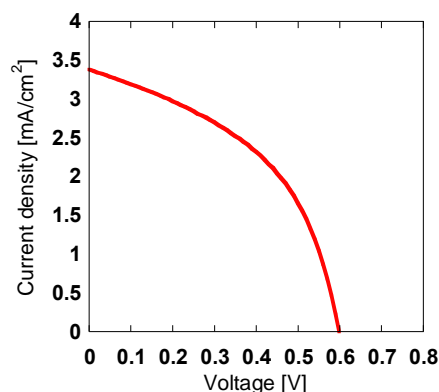


図2 CZGS薄膜太陽電池のJ-V特性

Cu(In,Ga)S₂薄膜のSi基板上エピタキシャル成長の検討

E-mail : oishi@nagaoka-ct.ac.jp

機械工学科 大石 耕一郎

Cu(In,Ga)S₂/Siタンデム太陽電池の創製を目指して

【要約】

カルコパイライト系薄膜太陽電池は、Cu(In,Ga)Se₂多結晶膜を吸収層として用いる構造が主流であり、小面積セルで20%、大面積モジュールでも13%程度のエネルギー変換効率が、すでに達成されている。太陽電池というパッケージで考えたとき、タンデム構造は高効率化に向けた非常に有望な選択肢の1つである。本研究では、Siベースで変換効率30%以上の実現に向けて、Cu(In,Ga)S₂/Siタンデム太陽電池の創製を目指した検討を行った。

【きっかけ】

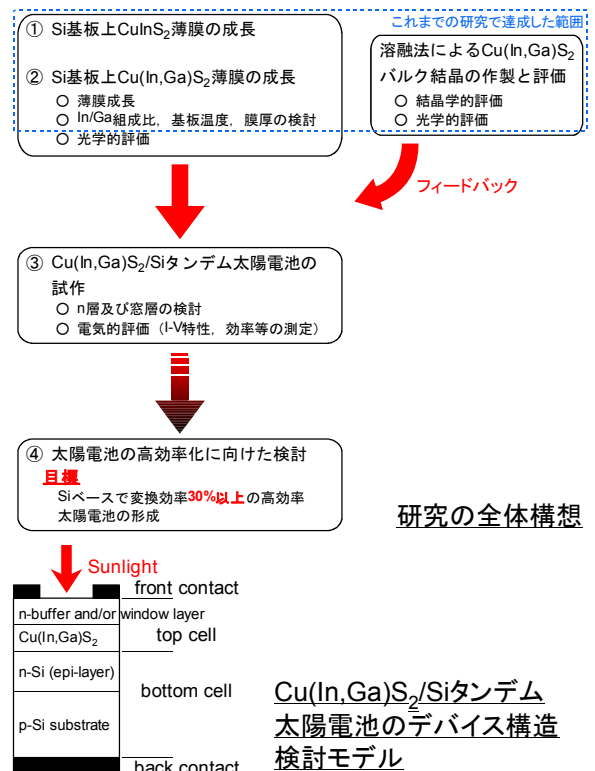
本研究は、正方晶系のカルコパイライト型化合物であるCuInS₂の太陽電池材料としての可能性を検討すべく計画し、実験を重ねた結果、CuGaS₂との混晶化という方向性を見出したものである。タンデム太陽電池は、III-V族系を中心に研究されており、最近になってカルコパイライト系でも、多結晶薄膜を積層するタンデム化の検討が報告され始めているが、Si太陽電池とのタンデム構造を検討しているところが同分野の他の研究と異なる。

【プロセス】

1. 科学研究費補助金 奨励研究 (A) 平成13-14年度
シリコン太陽電池の高効率化に向けたCuInS₂薄膜のエピタキシャル成長 (課題番号13750289)
Si基板上CuInS₂薄膜のエピタキシャル成長の検討と結晶学的データの蓄積を目的として計画した。多元同時真空蒸着法によりSi基板上に成長したCuInS₂薄膜について、X線回折やRHEEDを用いて結晶構造と配向評価を行った。
2. 科学研究費補助金 若手研究 (B) 平成16-18年度
シリコン太陽電池の高効率化に向けたCu(In,Ga)S₂薄膜の成長と構造の検討 (課題番号6760259) SiとCu(In,Ga)S₂のヘテロ接合太陽電池やSi太陽電池とのタンデム構造を検討することを目的として計画した。しかしながら、平成16年10月の新潟県中越地震で試料作製に必要な設備と施設を失ったため、現状で実現可能であることやこの研究への将来的な寄与を勘案し、熔融法によるCu(In,Ga)S₂結晶の作製と結晶学的・光学的評価を行った。
現在は、新規導入したMBE装置を用いてCu(In,Ga)S₂薄膜の研究を再開している。まだ、装置の調整とこれまでの成果の確認を行っているところであるが、タンデム構造の試作に着手したいと考えている。

【成果】

1. Si基板上へのCu(In,Ga)S₂薄膜の成長を基板温度をパラメータとして検討し、X線回折による分析から、配向成長が基板温度並びにInとGa組成比の影響を受けることを示した。さらに、RHEED分析から、Si基板上CuInS₂薄膜及びCu(In,Ga)S₂薄膜の結晶構造と配向を示し、Cu(In,Ga)S₂薄膜の配向に、c-軸成長、2種類のa-軸成長と4種類の{112}双晶が存在することを提案した。
2. 熔融法により作製したCuIn_{1-x}Ga_xS₂結晶について、粉末X線回折による格子定数の算出と組成との関係を検討した。また、光音響スペクトル (PAS) による禁制帯幅の評価とその組成依存性を検討した。その結果、Si太陽電池をボトムセルとした2セル・タンデム構造で求められるトップセルの禁制帯幅の範囲 (1.6-2.0eV) に対応する組成の範囲がx=0.2-0.6であることを実験的に示した。
X線逆格子マップ測定から、へき開結晶が単結晶であることを示し、結晶方位を特定した。さらに、PL測定から、組成に対応した発光スペクトルのシフトを観察した。



CZTS薄膜太陽電池の研究開発

E-mail : hiro@nagaoka-ct.ac.jp

電気電子システム工学科 片桐 裕則

「Next次世代」を見据えた環境調和型薄膜太陽電池

【要約】

研究対象であるCZTS($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$)は、CIS(CuInSe_2)の希少元素インジウムを亜鉛(Zinc)およびスズ(Tin)で、セレンを硫黄(Sulfur)で置換する事によって得られるI₂-II-IV-VI₄族化合物半導体である。CZTSの特徴は、その構成元素が地殻中に豊富に存在すること(Cu:50ppm、Zn:75ppm、Sn:2.2ppm、S:260ppm)、及びいずれの元素も毒性が極めて低い事にある。しかも、光吸収係数がシリコンより2桁程度大きいため、数ミクロンの厚みで太陽光を吸収することができる。従って、CZTS太陽電池は、希少元素・有毒性元素を含有せず、しかも省資源という夢の薄膜太陽電池である。本研究室では、6.77%という本材料系における世界最高データを達成している。

【きっかけ】

1985年、筆者は東京工業大学に文部省内地域研究員として派遣され、各種の真空機器の取り扱い、薄膜の作製技術等を習得することができた。長岡高専復職後は、エネルギー問題に関心が高かったこともあり、多結晶薄膜太陽電池の作製、具体的には多元蒸着法によるCIS薄膜太陽電池の研究を開始した。1994年、新潟大学で開催された講演会において、信州大学伊東謙太郎教授から希少元素インジウムを使用しない太陽電池材料CZTSに関する情報を得る機会に恵まれた。上記要約においても記述したように、CISの希少元素(In、Se:いずれも0.05ppm以下)を汎用原料で置換した材料がCZTSである。1995年より、学生と共にCZTS薄膜に関する研究を継続している。

【プロセス】

1. 1999年、長岡市産学共同研究事業に申請し採択された。新規硫化システム等の導入を行った。
2. 2001年、新潟県提案公募型研究開発事業に申請し採択された。電気的測定システムの導入を図った。
3. 2003-2005年、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「太陽光発電技術研究開発・革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発委託事業」に「汎用原料を使用したCZTS光吸収層による新型薄膜太陽電池の研究開発」で申請し採択された。新規薄膜作製システム、組成分析システム、光学測定システム等を導入し、変換効率5.74%を達成した。
4. 2006-2007年、NEDO「太陽光発電技術研究開発・太陽光発電システム未来技術研究開発委託事業」に「同時蒸着法による超高品質CZTS光吸収層の研究開発」で申請し採択された。単結晶を基板として配向したCZTS薄膜の作製に成功し、RHEED、PL等による評価を行った。
5. 2006年より民間企業との共同研究を開始した。この成果として、6.77%の最高変換効率を記録している。

【成果】

図1に、本研究室で作製したCZTS薄膜太陽電池の表面写真を示す。基板には1mm厚のソーダライムガラス(SLG)を用いた。SLG/Mo/CZTS/CdS/ZnO:Al構造のデバイスである。下部電極Moはスパッタ法で、光吸収層CZTSは同時スパッタ硫化法で、界面層CdSは溶液成長法で、窓層ZnO:Alはスパッタ法で作製した。最後に、蒸着法で楕形Al電極を構成している。図1では、左側の下部電極に塗布した銀ペーストと、9個の楕形Al電極つまり9個のセルが明瞭に示されている。

図2は、変換効率6.77%を達成したセルのJ-V特性である。本測定は、独立行政法人産業技術総合研究所太陽光発電研究センター化合物太陽電池グループにお願いしたものである。

また、溶液成長法によるCdSの代替として、大気開放CVD法で作製したZnO界面層を用いたセルで、5%台の変換効率を確認している。脱希少元素および脱カドミウムの薄膜太陽電池において、これらの値は現在の世界最高値である。

『主な学会招待講演』

- ・WCPEC-3 (第3回太陽光発電世界会議) 2003, Osaka, Japan
- ・E-MRS (ヨーロッパ材料科学国際会議) 2004, Strasbourg, France
- ・応用物理学会 シンポジウム 2005, 徳島大学
- ・E-MRS (ヨーロッパ材料科学国際会議) 2008, Strasbourg, France
- ・MRS (材料科学国際会議) 2009, San Francisco, USA
- ・Mexican-MRS (メキシコ材料科学国際会議) 2010 (予定) Cancun, Mexico

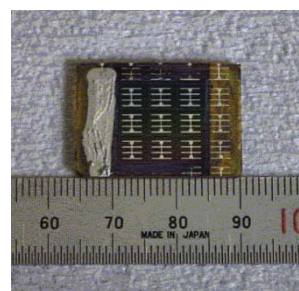


図1 試作したCZTS薄膜太陽電池

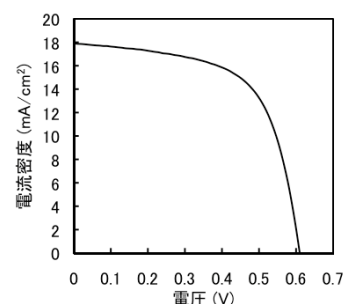


図2 最高効率を記録したJ-V特性

次世代太陽電池への応用を目指した化合物半導体薄膜の作製

E-mail : yukio@fukui-nct.ac.jp

電気電子工学科 山本 幸男

二元化合物を出発材料とするCuGaTe₂薄膜の作製

【要約】

CuGaTe₂は「CIS」と呼ばれる三元系の化合物半導体と同じ結晶構造を有する物質であり、大きな光吸収係数を持つなど薄膜太陽電池材料として有望視されている。しかし良好な結晶構造を持つ薄膜を得ることは容易ではなく、作製プロセスの簡略化が求められている。

本研究では、この問題を解決するため、2種の二元化合物を混合させた粉末を蒸着させることにより良質なCuGaTe₂薄膜の作製を試みた。その結果、混合比を工夫することで膜質の向上を図れることがわかった。

【きっかけ】

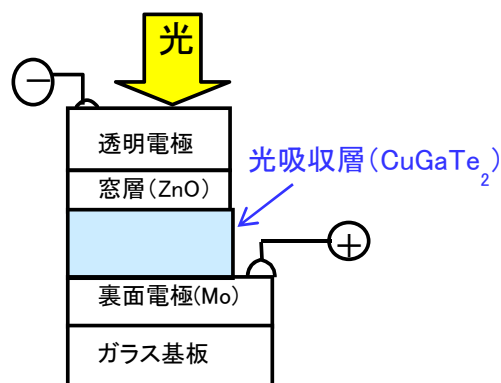
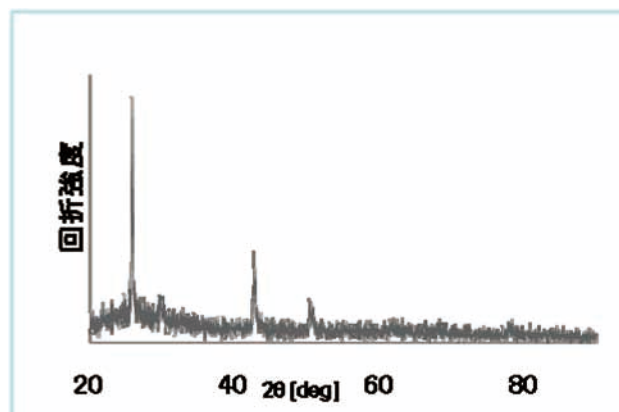
ドイツの大学に研究滞在したときの経験から、作製プロセスを工夫することにより、簡単な装置であっても良質な薄膜サンプルが得られることを身をもって知った。そこでそれまでCuInS₂薄膜について採用していた「2種の二元化合物を混合させた粉末を蒸着させて良質な薄膜を作製する」という手法をCuGaTe₂薄膜の作製にそのまま応用することができないかについて研究した。

【プロセス】

1. 出発材料として必要な2種の二元化合物粉末（Cu₂TeとGa₂Te₃）の市販品を購入した。
2. 2種類の原料粉末の混合比を変化させて混合して出発材料とし、そこから真空蒸着法で薄膜を作製した。
3. X線回折などの構造解析手法を用いて、薄膜サンプルの結晶性評価を行った。
4. 光学特性や電気特性などの評価を行い、他の方法で作製された同薄膜のデータと比較検討する。
5. 実際にこの薄膜をベースとして太陽電池を試作し、セルとしての特性評価を行う。

【成果】

二元化合物粉末の混合比（Cu₂Te : Ga₂Te₃）を1 : 2とした場合、作製された薄膜は良好な結晶性を有するものであり、太陽電池の光吸収層として十分検討に値すると考えられる。

図1 CuGaTe₂薄膜太陽電池の構造図2 作製したCuGaTe₂薄膜のX線回折パターン

太陽エネルギー利用システムに関する研究

E-mail : nakagawa@maizuru-ct.ac.jp

電気情報工学科 中川 重康

太陽エネルギー計測と関連システムの効率的制御の検討

【要約】

本研究室では、太陽エネルギーを熱あるいは電気の両分野において、その効率的な利用について検討している。熱利用に関しては、太陽熱/電力給湯システムに日射量予測を導入した実用設備を開発している。発電については、小型太陽電池の高速な制御の実現を目指している。また、日射量などの計測の技術を用いて、熱中症の監視・警報システムの開発を実施している。

【きっかけ】

地球温暖化、化石燃料の枯渇などの問題に対し、多様なエネルギーによる対応が要求されている。特に、太陽エネルギーは、クリーンかつユビキタスなエネルギーとして、注目されている。一方、そのエネルギー密度の希薄さ故に、効率的な利用が求められる。

【プロセス】

太陽エネルギーを熱利用あるいは発電利用の観点から計測し、日射量予測・ワンチップマイコンなどの技術を用いて、太陽エネルギー利用システムの制御を行っている。太陽エネルギー利用システムとしては、給湯システムあるいは小型太陽電池によるポンプシステムなどについて検討している。

【成果】

- ・ Development of a High-speed System Measuring a Maximum Power Point of PV Modules, IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, pp.2262-2263, (2006).
- ・ 熱中症監視・警報システムの構築, 電気学会全国大会, p.4-179, (2007).



光熱変換分光法を用いた太陽電池材料の膜質評価

E-mail : tsutsumi@akashi.ac.jp

電気情報工学科 堤 保雄

表面粗さの異なる基板の上に製膜した微結晶Siの膜質評価

【要約】

光熱変換分光法である光音響分光法 (PAS) や光熱偏向分光法 (PDS) を用いて、薄膜太陽電池用材料の微結晶Si、アモルファスSi系合金、CdTe等の光吸収スペクトル(図1)を測定し、その結果を基に半導体材料の禁制帯幅、欠陥準位、構造変化等を評価する。PDSは、膜厚が分かれば光吸収係数の絶対値を測定できる。また、PASは感度は低いが、試料の形状に関係なく近似的に光吸収スペクトルを測定できる。

本研究では、基板の特性が影響して薄膜試料のみの光吸収スペクトルの測定ができない場合に、この2つの方法を用いて 10^{-3}cm^{-1} 以下の低吸収領域における光吸収係数の評価を行った。

【きっかけ】

薄膜太陽電池では変換効率を上げるために光閉じ込め効果を利用する。太陽電池の構造上は表面に凹凸を付けた光導電膜上に薄膜を成長させる。この表面粗さの程度による構造欠陥の増加が効率の低下につながる。構造欠陥の評価に必要な光吸収スペクトルの測定にPDSや光電流法を用いる方法はあるが、基板上的光導電膜の赤外領域の吸収があるために正確に評価することは難しい。この問題を解決するために、PASの利点を生かして微結晶Si薄膜のみを基板から剥離させることにより光吸収スペクトルの測定に成功した。

【プロセス】

1. 同一製膜条件で、ガラス基板上と表面粗さの異なるTCO基板上に微結晶Si薄膜を成長させる。
2. ガラス基板上の微結晶Si薄膜をPDSとPAS (図2) で測定する。
3. PDSで光吸収スペクトルを求め、PASで求めたPA信号と光吸収係数の対応表を作成する。
4. TCO基板上的微結晶Si薄膜を酸で処理し剥離させた小片を取り出す。
5. 表面粗さの異なるTCO基板上的微結晶Si小片を集めてPAS法でPA信号を測定する。
6. 3. で求めた対応表により微結晶Siのみの光吸収スペクトルを求め、膜質を評価する。

【成果】

1. 表面粗さの異なるTCO基板上に製膜した微結晶Siのみの光吸収スペクトルが測定できた。(図3)
2. 構造欠陥に関連する 1.1eV 以下の光吸収は、平均表面粗さが 30nm 付近で急激に増加する。このことは、実際の太陽電池で短絡光電流が 30nm を超えると急激に低下することと一致する。
3. 1.4eV 付近の吸収が表面粗さに比例して増加し、 60nm 付近で飽和する。これは、微結晶粒の大きさの減少と関連する。

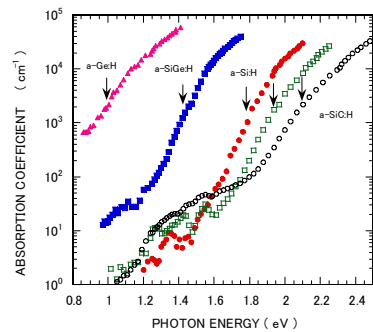


図1 光吸収スペクトル(a-Si合金)

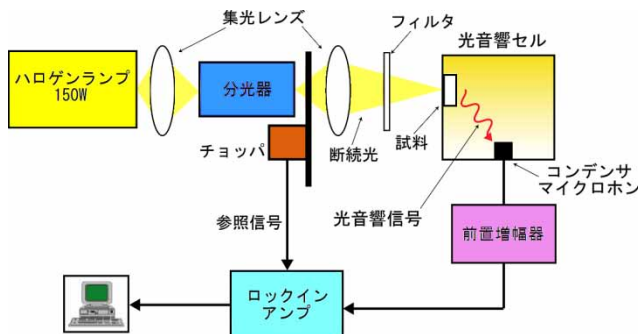


図2 PAS測定システム

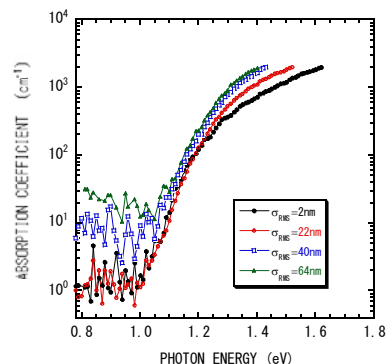


図3 光吸収スペクトル(微結晶Si)

次世代薄膜太陽電池の開発

E-mail : s-soumu@wakayama-nct.ac.jp

電気情報工学科 山口 利幸

CIGS系及びCZTS系薄膜太陽電池の開発

【要約】

地球環境問題やエネルギー問題を背景として、クリーンな太陽エネルギーを利用した太陽光発電が注目されている。その実用化のためには、高効率・低価格な太陽電池の開発が重要である。本研究室では、光吸収係数やバンドギャップ等の物性に優れたCu(In,Ga)Se₂(CIGS)系薄膜及びCu₂ZnSnS₄(CZTS)系薄膜に着目し、これらを用いた太陽電池の開発を行っている。Ga/(In+Ga)=0.8の組成を持つCIGS薄膜太陽電池で変換効率7.25%を達成し、更なる高効率化を目指している。

【きっかけ】

シャープ株式会社で宇宙用太陽電池の開発に従事した後、和歌山高専に着任した際に、日射量が豊富な自然環境（県内潮岬は国内第2位の日射量）を活用する太陽電池の開発に着手した。シリコン系太陽電池が広く普及する中で、太陽光発電システムの導入拡大のためには非シリコン系の薄膜太陽電池の開発が重要であると考え、CIGS系薄膜太陽電池の開発に着手した。その後、同技術を応用できる環境負荷軽減型のCZTS系薄膜太陽電池の開発も並行して進めている。

【プロセス】

開発している薄膜太陽電池の基本構造を図1に示す。活性層の厚さは約2nmである。活性層となるCIGS系薄膜は、独自に開発した連続成膜法を用いて作製する。タンデム型への応用も目指して、Ga/(In+Ga)>0.8のCIGS薄膜をターゲットに取り組んでいる。また、CZTS系薄膜はプリカーサを流化処理するプロセスを用いている。太陽電池デバイスを作製するための設備等はすべて本研究室で保有しており、独自の改良を加えている。

薄膜太陽電池開発の一部は科学研究費補助金の支援を受けて実施しているが、企業等との共同研究等も歓迎する。

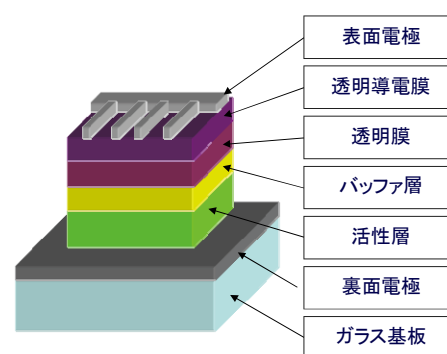


図1. 薄膜太陽電池の基本構造

【成果】

CIGS薄膜太陽電池の断面SEM写真を図2に示す。この太陽電池は、開放電圧Voc=550mV、短絡電流Isc=23.8mA/cm²、曲線因子FF=0.55、変換効率η=7.25%の特性を示した（図3）。現在も同太陽電池の特性向上に取り組んでいる。

一方、CZTS薄膜太陽電池では、Voc=510mV、Isc=9.38mA/cm²、FF=0.34、η=1.63%が得られている。さらに、太陽電池特性の向上のため活性層以外にもバッファ層などの作製条件を検討している。

以上の取組は、論文や国際会議等で積極的に公表している。

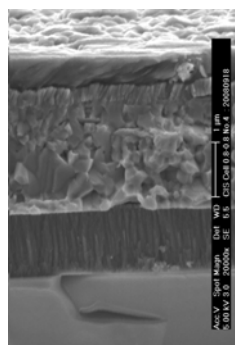


図2. CIGS薄膜太陽電池の断面SEM写真

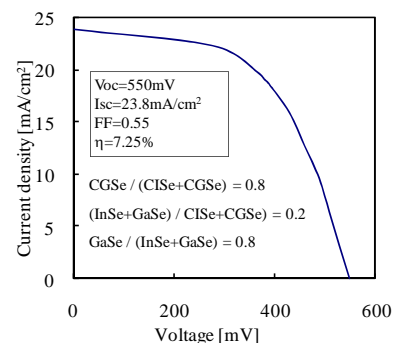


図3. CIGS薄膜太陽電池の電流-電圧特性

太陽光発電システムの最大電力点追尾制御に関する研究

E-mail : miyata@yonago-k.ac.jp

電気情報工学科 宮田 仁志

PCを用いた安価なMPPT実験装置の開発

【要約】

太陽光発電においては、太陽電池モジュールからできるだけ多くの電力を取り出す工夫が必要である。しかしながら、取り出せる最大電力は、日射量、太陽電池モジュール表面温度等により時々刻々変化する。従って、効率良く電力を得るためには、太陽電池モジュールを常に最大出力となる状態に保ち続ける最大電力点追尾制御装置 (MPPT; Maximum Power Point Tracker) が不可欠である。

本研究ではPCを用いて、ソフトウェア的な手法でMPPTを実現した。特に、リアルタイムOSと、リコンフィギュラブル素子として知られているFPGA (Field Programmable Gate Array)を用いて安価な実験装置を試作した。

【きっかけ】

近年は、環境及びエネルギー問題に関心を持つ学生が増えてきた。そこで、卒業研究テーマとして太陽光発電に関する内容を検討していたところ、平成15年度鳥取県環境学術研究振興事業に本研究課題が採択された。これを機に、卒業研究として本格的に取り組むようになった。研究は、パワーエレクトロニクス回路の試作や、基本的な数値計算プログラムの作成が主体であったため、学生が興味をもって取り組み、教育的な効果も得られた。

【プロセス】

1. 太陽電池モジュールの基本特性の測定
太陽光発電の基本となる各種特性の測定を行った。
2. MPPT実験装置の試作
平成15年度から17年度にかけて、鳥取県環境学術研究振興事業に採択され、3年間で以下の項目に取り組んだ。
 - (1) ノートPCとリアルタイムOSを用いた制御システムの試作
 - (2) 太陽電池モジュールの電圧制御用DC-DCコンバータ回路の試作
 - (3) 太陽電池モジュール、制御システム、DC-DCコンバータを組み合わせた装置の動作試験
 - (4) 屋外に実験装置を設置して実測データを収集

【成果】

本研究で試作したMPPT実験装置の構成を図1に示す。太陽電池モジュールの出力は、電圧変換器を介して負荷に供給される。その際、出力が最大となるように電圧変換器を制御する。電圧変換器とPCの間には、FPGAで作成したPWM(Pulse Width Modulation)信号発生器が配置されている。これにより、PCからの指令値はPWM信号のデューティ比として電圧変換器に与えられ、それに対応した電圧値に制御される。MPPTプログラムが実行されると、負荷の電圧、電流値がA/D変換器を通してPCに取り込まれる。この値によって太陽電池の現在の状態を知ることができるので、その時点で最大電力が供給されるようなデューティ比が算出される。

この装置により、PC上のソフトウェアを変更するだけで、種々のMPPTを実現することができる。

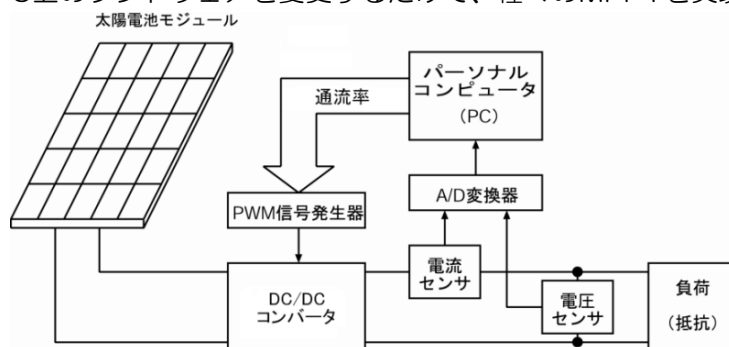


図1 MPPT実験装置の構成

太陽電池の普及を推進する廃タオルを用いた 電気二重層キャパシタの開発

E-mail : fukuma@matsue-ct.jp

電気工学科 福間 眞澄

【要約】

自然エネルギーを用いた太陽電池や風力発電システムの分散電源を推進するため、その利用技術として高性能の蓄電池の開発が望まれている。本研究では電解液に導体を浸すと、その界面に電解液中のイオンが集まり二層の構造（電気二重層）を安価に作ることで蓄電池の開発を推進するものである。

この現象を利用した蓄電素子は電気二重層キャパシタ（EDLC）であり、本研究では地域の天然素材を活性炭化し、EDLC用電極として用いた場合の特性を評価した。

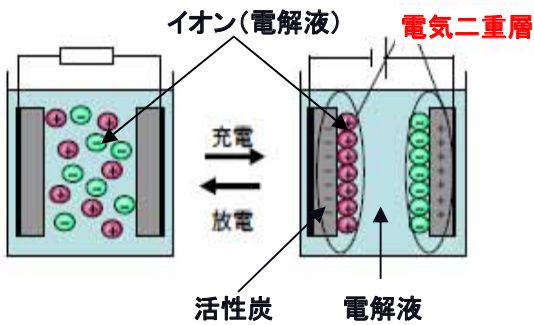
【きっかけ】【プロセス】

県内企業と共同で産業廃棄物である廃タオル（木綿）を、活性炭として処理し、電極材料として利用する技術を考案し開発を行っている。

【成果】

廃タオル（木綿）から製造した活性炭から、特定の製造条件で市販レベルの静電容量（20～40F/CC）をもつ電極が実現した。

図1 EDLCの模式図(充放電)



電気二重層を利用し、化学変化なしで蓄電
●劣化が少なく長寿命、●急速充放電が可能

大容量のキャパシタを実現するには、活性炭の表面積を大きくする必要があります。

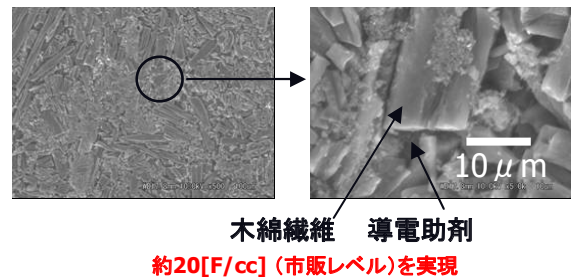
天然資源→活性炭化→混練[+導電助剤+バインダー(PTFE)]



(a)混練 (b)圧延 (c)乾燥

図2 電極加工工程

図3 廃タオル活性炭電極のSEM写真



廃タオルの木綿繊維が表面積の大きな電極を実現

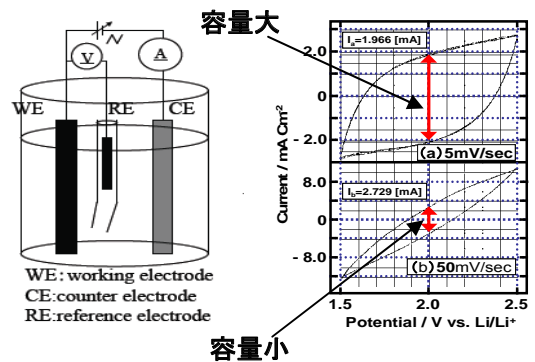


図4 サイクリックボルタンメトリー法(CV)により測定

研究課題
もう一桁高い性能の天然素材活性炭の発掘

温室内日射の計測が可能な新型日射計の開発

E-mail : rennkei@tsuyama-ct.ac.jp

電子制御工学科 桶 真一郎

センサ面に生じる部分影の影響を受けない日射計

【要約】

温室のように常に影が発生する環境においても、気象変動に起因する日射変動を計測することのできる新型日射計を試作した。本日射計は、A4サイズの基板上に日射センサとしてバイパスダイオードを備えた太陽電池を複数配し、その短絡電流を抵抗の両端の電圧として検出することで、日射変動を計測する。フィールド試験の結果、従来の熱電堆日射計では、影の影響により実際の日射変動とは異なる計測値が得られたが、本日射計では、影の影響を受けずに実際の日射変動を計測することができた。

【きっかけ】

農業従事者の減少および高齢化に対応するための、温室内環境の自動制御システムの普及が求められており、温室内日射計測の重要性が特に高まっている。温室内日射計測において問題となるのが、影の影響である。一例として、愛知県農業総合試験場にある温室の内部の様子を図1に示す。このように、温室には非常に多くの支柱や梁などが使われており、温室内には常にそれらの影が発生している。従来の日射計は、そのセンサに影がかかると得られる日射計測値が低下するので、建材・資材などによって発生する影がセンサ部にかかった場合、その近傍および温室全体の実際の日射と、出力する日射計測値とが大きく異なってしまふ恐れがある。また、経営規模が小さい農家にとって、高価な日射計を使用することは現実的でない。

本研究では、このような問題を解決するために、バイパスダイオードを備えた太陽電池を日射センサとして用いることで、部分的に発生する影の影響を受けにくい新型日射計を製作した。

【プロセス】

1. 愛知県農業総合試験場から、温室内での日射計測の実現についての相談を受けた。
2. 平成21年度「シーズ発掘試験」に新型日射計の開発研究を申請し、採択された。このプロジェクトにより、試作、改良、およびフィールド試験を実施し、実用的な新型日射計を開発した。研究開発のポイントは次の通りである。
 - (1) 線形性の確認
従来の熱電堆日射計に対して線形な日射計測特性を有することを確認した。
 - (2) 影の影響を受けないことの確認作業性の向上
センサ面に部分影が生じた場合でも計測値にはその影響が及ばないことを実験的に確認した。
 - (3) 長期使用可能性の確認操作性の向上
長期フィールド試験により、長期間経過後も機器特性があまり変化しないことを確認した。

【成果】

1. 実用可能な試作機を開発した。図2にその外観を示す。
2. 新型日射計の基本技術の特許出願した（特願2008-323006）。



図1 温室内の様子

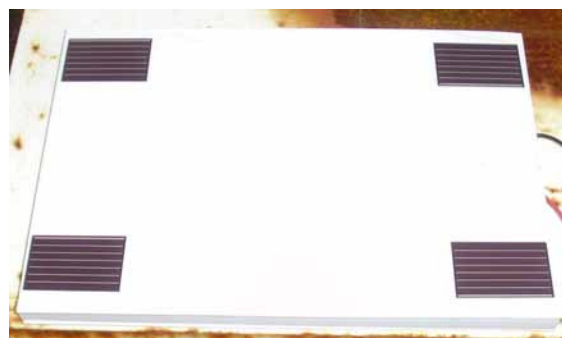


図2 新型日射計の外観

ソーラーパネルによる自家発電型水耕栽培システムの実験的研究

E-mail : tsukasa@hiroshima-cmt.ac.jp

流通情報工学科 岐美 宗 みちよし つかさ

省エネルギーによる地域ブランドの開発と市場流通戦略

【要約】

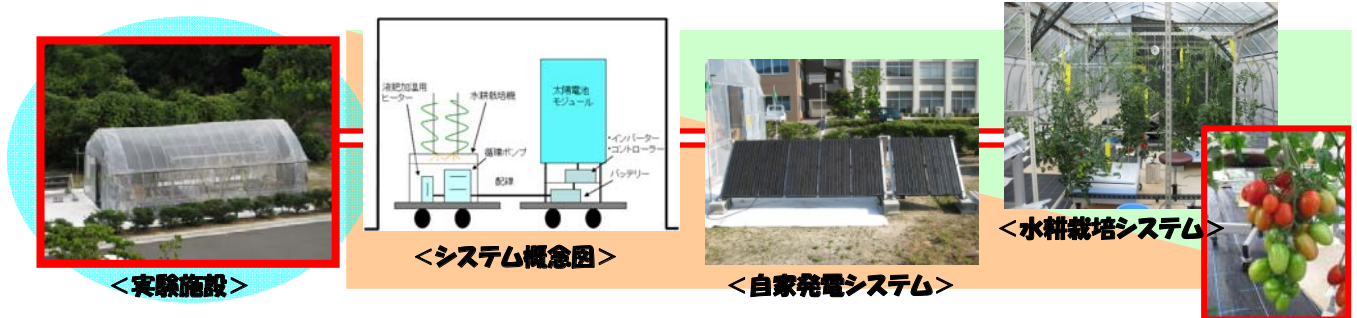
地球温暖化の原因となるCO2排出量の削減は急務の課題である。また、本校が位置する大崎上島は農業生産者の高齢化が進んでおり、生産への影響や後継者の問題を抱えている。

本実験研究は省エネルギー対策として、大崎上島の高日照気候を活かし、ソーラーパネルによる独立型の自家発電システムを企画・設計し、農作物の水耕栽培に必要な電力を供給する。そして、地域ブランドとして市場流通戦略を実践する。

【きっかけ】

「エネルギー消費」と「地球温暖化」の関係は大きい。電力消費量については年々増加の傾向にあり、地球温暖化の主たる原因となるCO2排出量の削減策は急務の課題である。また、輸入食品や産地問題といった社会背景を受けて消費者が流通に「安心・安全」、「地産地消」を求める声は大きい。

本校が位置する大崎上島は中瀬戸にあり、従来から柑橘類を中心とした農作物の生産が盛んな地域である。しかし、エネルギー使用料の高騰や農業生産者の高齢化は少なからず生産へ影響を与えており、地産文化の継承には課題も多い。



<実験施設>

<システム概念図>

<自家発電システム>

<水耕栽培システム>

【プロセス】

自家発電システムは栽培に必要な発電および蓄電を行う。栽培する農作物は瀬戸内海気候に近い地中海気候に育つトマト種（シシリアンルーシュ）である。栽培方法は土耕と比べて生育管理の比較的容易な水耕栽培である。

なお、実験では発電・蓄電データと農作物の生育データを収集・分析し、CO2排出量を試算する。そして、栽培によって収穫した農作物は第三者検査機関に安全性を確認し、安心・安全な農作物として地元の飲食店へ流通する。



<トマト種の梱包>

<販路開拓に使用したちらし>

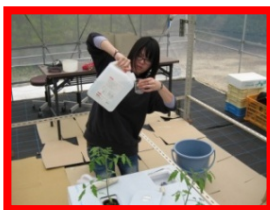
<トマト種を使った料理>

<専攻科生による地域教育>

【成果】

2008年8～2月のプレ実験から得られた、「天候が悪いと発電量が減り水耕栽培用の水循環ポンプが作動しなくなる」という課題をシステム拡充によって改善することで、2009年2～8月の本実験に移行した。その結果、CO2排出量を84%削減することができた。また、収穫量は1583個で受注契約を交わした飲食店や食した消費者から高い評価を得ることができた。

環境に配慮した地産地消の試みを実験研究で挑戦し、生産者の顔の見える流通戦略を実践している。なお、2010年4月からは栽培する農作物の種類を増やし顧客満足度の強化に取り組んでいる。



<水質調整>

■窓口■
〒725-0231 広島県豊田郡大崎上島町東野4272-1
広島商船高等専門学校 流通情報工学科 教授 岐美 宗 (みちよし つかさ)
TEL/FAX: 0846-67-3171 tsukasa@hiroshima-cmt.ac.jp
地域交流・共同研究センター(総務課企画係)
TEL: 0846-67-3199 FAX: 0846-67-3009
<http://www.hiroshima-cmt.ac.jp>

■この実験研究は、専攻科特別研究、本科卒業研究として取り組むもので、地域の皆さんとの産学共同事業です。
「Citrus & Hydroponics Tomato」安本 欣司さん
「OOSAKI 花の里 二郎さん農園」松浦 二郎さん
「大信産業株式会社 東広島営業所」管 利典 さん
「(有)エフ・プランニング」藤山 尚之 さん
「CAFE HOXTON」土居 龍二 さん

ハイブリッド型ソーラー船の開発

E-mail : yamaguti@oshima-k.ac.jp

商船学科 山口 伸弥
名誉教授 三原 伊文

【要約】

通常の漁船が釣りをしている時はエンジンをアイドリングにし、ポイントの移動も低速力で航行するため、極めて熱効率が悪く、また環境汚染物質であるディーゼル微粒子（DPM）も多く排出される。

そこで、港と漁場の往復はディーゼルエンジンで航行し、漁場ではエンジンを停止し、ポイントの移動は太陽電池と蓄電池と電動機からなるシステムで航行する、いわゆるハイブリッド型の漁船を開発した。また、このシステムを応用し、エンジン音が無く、ダイバーの泳ぐ速力でゆったりと水中観察が出来るグラスボートも開発した。

【きっかけ】

元々多くの塩田があった本校の所在地である周防大島の風土を生かす研究として、1992年以来、ソーラー遊漁船の開発に取り組んできた。開発中、パワー不足から幾度も危険な目にあっており、ハイブリッド化の必要性を痛感していた。また、漁師の方々から、「漁場の往復時より、釣りをしている時の方が、燃料をよく食うようだ」との意見が出された。

また、周防大島の南東沖にニホンアワサンゴ（図1参照）の世界最大級の群生地が発見され、これらを船上から観察したいという声からグラスボートへの転用を図った。

【プロセス】

- ① 2000-2001年：民間資金の協力を得てソーラー遊漁船を建造。終日航行の実証実験を行い、実質的なエネルギーフローを求めるなど、一通りの成果を得た。（関係論文6編）
- ② 2008年：地元の本釣り漁船をハイブリッド化した。
- ③ 2009年：ハイブリッド型ソーラー遊漁船兼グラスボートを開発した。

【成果】

- ① 2001年、アルミ合金製ソーラー遊漁船「大空2001」の建造（図2参照）
- ② 2008年、一本釣り漁船「第三漁運丸」のハイブリッド化（図3参照）
- ③ 2009年、ハイブリッド型ソーラー遊漁船兼グラスボート「りちる」の開発

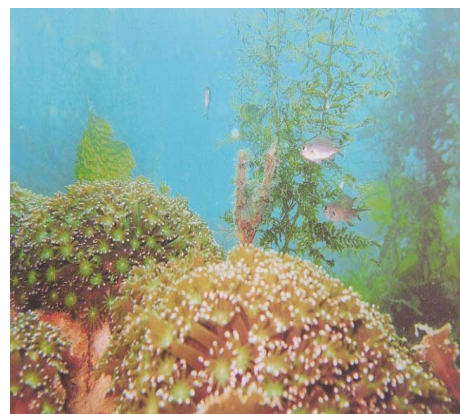


図1. ニホンアワサンゴ



図2. 「大空2001」

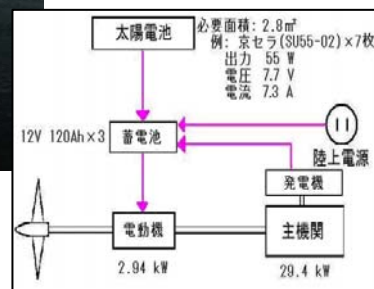


図3. 「第三漁運丸」とハイブリッド化モデル

ソーラーカーの開発

E-mail : iwata@t.kagawa-nct.ac.jp

機械工学科 岩田 弘

F I Aソーラーカーレース競技用ソーラーカーの開発

【要約】

F I A（国際自動車連盟）公認ソーラーカーレース鈴鹿に参加するための競技用ソーラーカーを開発した。

ソーラーカーは、走行時の蓄電池の電量消費を太陽電池の発電量で補充しながら走行する仕組みの電気自動車で、開発したソーラーカーは480Wの太陽電池と安価な鉛蓄電池を搭載しており、晴天時には200km以上の走行が可能である。

【きっかけ】

（旧）高松高専は'92よりソーラーカーの開発を手がけており、ソーラーカーレースにも出場してきた。この歴史と経験を基礎に、香川高専の学生のものづくり教育の一環として、低学年から参画可能な活動グループを結成し、3年計画で本格的なレース競技用ソーラーカーを開発することとなった。

【プロセス】

1. 2008年、従来のソーラーカーを用いて基本構造の調査研究と、レース競技の体験を行うことにより基礎知識を習得した。
2. 2009年、従来のソーラーカーを改造し、軽量化と走行性能の向上を図った改良型ソーラーカーを製作、ソーラーカーレースに出場し、成績を向上した。その後、次期ソーラーカーの基本構想立案に着手した。
3. 2010年、3年計画の最終年度として、本格的な競技用ソーラーカーの開発・製作に着手した。基本構造の大幅な変更や、3輪構造から4輪への変更などを行うとともに、車体の軽量化を図った。また、車体の空気抵抗を小さくするとともに、電力効率向上を実現した。

【成果】

1. 本格的な競技用ソーラーカーを開発し、設計・製作した。
2. 実用的なソーラーカーの基礎となる技術を低コストで実現した。



図1 2009型ソーラーカー

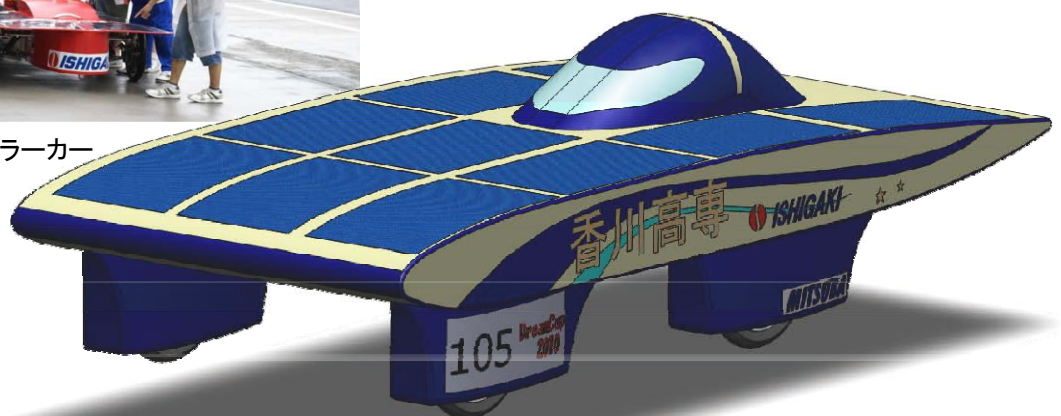


図2 2010型ソーラーカー

太陽光発電モニタリングシステムの開発

E-mail : myoshida@ee.kochi-ct.ac.jp

電気情報学科 吉田 正伸

発電電力の公開と学内系統連系システム

【要約】

太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーを利用したシステムの環境によって左右される発電電力を常時モニタリングインターネット上に公開し、クリーンエネルギーに対する啓蒙を行う。

【きっかけ】

本校では2002年4月に専攻科棟の屋上に自然エネルギー研究用の設備として太陽電池パネルが設置されたが、その発電電力は系統に接続されておらず有効利用されていなかった。また、発電電力を有効利用するためには実際に太陽電池パネルからの発電量を具体的な数値として知る必要があり、また身近なエコエネルギーとしての利点を多く知ってもらうためにはデータを公開する必要がある。

これらを実現するために太陽電池パネルの系統連系と発電量をインターネットで公開した。

【プロセス】

専攻科棟屋上に設置された太陽電池パネルから発電された電力は、専攻科棟3Fの工学実験室に送られる。

工学実験室内には系統連系用のパワーコンディショナおよびモニタリングシステムが設置してある。

監視対象である太陽電池パネルの電圧・電流はそれぞれアイソレーションアンプとDCCTで取得し、それら取得された太陽電池パネルの電圧・電流はLAN対応I/O装置のKaracrixによってLinuxサーバへ送られる。

送られたデータからLinuxサーバ上のC言語プログラムにより電力および積算電力が計算される。計算されたデータは同Linuxサーバで動作しているwebサーバに格納され、ブラウザからアクセスするとJava Scriptにより保存されているデータが表示される仕組みとなっている。

【成果】

2008年12月よりシステムを稼働させインターネット上でデータを公開している

公開URL <http://wind.kochi-ct.jp/solar/>

保存された日毎の積算電力はサーバから自由にダウンロードすることができ、小中学校の子ども理科教室や体験学習にも利用されている



図1 太陽電池モニタリングシステム

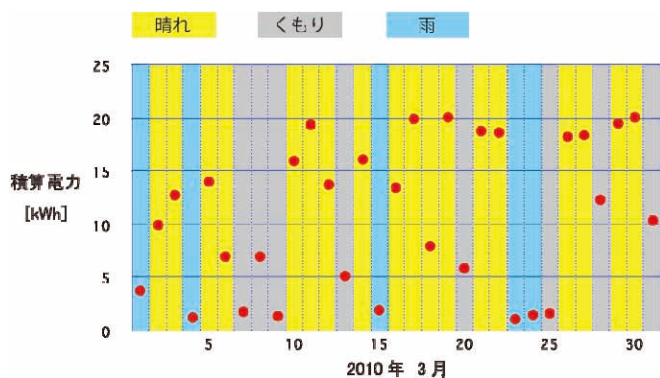


図2 日毎の積算電力量データ(2010年3月)

現在、太陽電池パネルで発電された電力は、オムロン製パワーコンディショナを中継することにより本校の電力系統として接続され、有効に利用されている。

高効率化へ向けた太陽電池用薄膜材料の開発

E-mail : Pi-staff.GAD@ON.kurume-nct.ac.jp

材料工学科 奥山 哲也

太陽電池の高効率化を目指した $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y/\text{Si}$ 薄膜材料の作製

【要約】

Si太陽電池の高効率化を目指し、 $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y/\text{Si}$ 半導体を作製する技術開発を行った。 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 混晶半導体は組成に応じてバンドギャップを自由に変えることができ、Si系電子デバイスの素子高速化を実現できる材料として注目されている。本研究ではこの混晶半導体をSi基板上へ成膜し、Siでは不可能な光吸収波長を持つ材料創製を試みた。現在 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}$ の作製は、電子デバイス用として単結晶化を目指すため、MBE法やUHV-CVD法等の特殊環境下で作製されている。本研究では太陽電池用材料を目指し、比較的成膜が容易で汎用的手法であるRFスパッタ法を用いて材料開発を行ったところ、非晶質ではあるがSi基板上にGeを含む薄膜物質を作製することに成功した。

【きっかけ】

現在のSi半導体を利用した太陽電池の変換効率は10~20%にとどまっており、将来の省エネルギー化の実現には更なる高効率化が求められている。変換効率の向上には結晶の品質や単結晶化が不可欠でありこれは高コストにつながることになる。本研究では太陽電池の変換効率向上を目指すために、Siとは異なる光吸収波長を持ち、組成に自由度があるSiGe系混晶半導体材料をSi基板上に薄膜成長させる技術について研究開発を行った。

【プロセス】

1. 汎用手法であるRFスパッタ法を用い、Si基板上へ堆積する $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y$ 薄膜混晶半導体を作製した。
2. 低エネルギー波長領域の光吸収を目的として、Si基板に対して数原子%Geを含む混晶半導体の作製を行った。
3. 成膜実験の前に、RFスパッタ法に必要なターゲットについても粉末冶金法ならびに放電プラズマ焼結(SPS)法を検討した。
4. Si基板上にSiGe混晶半導体を成膜する場合、Si基板との格子定数の違いで作製が困難であると考え、薄膜成長層の格子を緩和させる目的としてSi原子位置をC原子で置換する試みを実施した。
3. RFスパッタによって作製された試料の評価を透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて評価した。
4. 作製した試料の結晶性を向上するために、高温での加熱処理を実施した。

【成果】

1. 粉末冶金法およびSPS法の併用処理によりSi基板上に成膜可能かつ目的組成となる混晶半導体のRFスパッタ用ターゲットを作製することに成功した。
2. 作製したターゲットを用い、RFスパッタ法によりSi基板上へ $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y$ 薄膜混晶半導体を作製した(図1)。
3. RFスパッタ直後は薄膜成長層に10nm前後の結晶性を示すナノ粒子が複数含まれていた(図1)。
4. 加熱処理により薄膜成長層を均質化することに成功した(図2)。
5. 添加したCの効果は今回の結果では見られなかった。

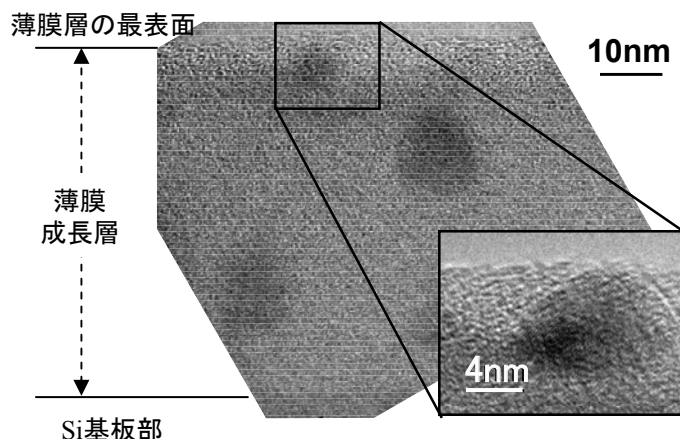


図1 RFスパッタ直後の $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y/\text{Si}$ を透過型電子顕微鏡(TEM)にて断面方向から観た結果

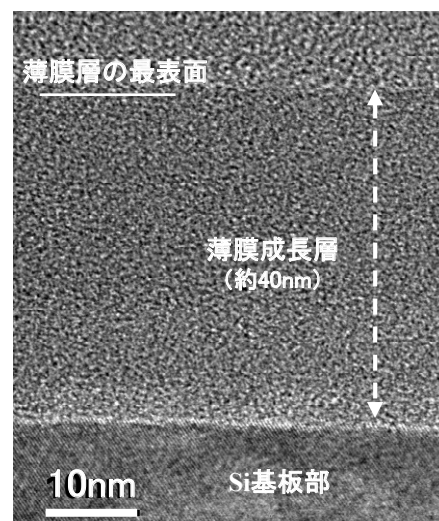


図2 1000°C加熱処理後の $\text{Si}_{1-x-y}\text{Ge}_x\text{C}_y/\text{Si}$ の断面TEM観察結果

低温プラズマ処理・イオン注入処理による色素増感太陽電池の高効率化に関する研究

E-mail : kyamada@kct.ac.jp
hyamane@kct.ac.jp
nakamura@kct.ac.jp

物質化学工学科 山田 憲二・山根 大和
総合科学科 中村 裕之

物理的複合処理による高効率太陽電池の開発

【要約】

現在実用化されている太陽電池にはシリコン太陽電池が多く使用されているが、製造コストが高いことが普及の障害になっている。一方でGrätzelらの開発した色素増感太陽電池は、低価格で次世代の環境調和型太陽電池として注目されている。しかしシリコン型太陽電池と比較して光電変換効率が低く、実用化には至っていない。

本研究では、実用化を目指して新規有機太陽電池の開発を目的として、半導体電極である酸化チタン(TiO_2)へ(低温プラズマ/イオン注入)複合処理を行い、光電変換効率の高効率化を検討してきた。その結果、太陽光から有効にエネルギーを取り出せると考えられる複合処理の最適化の開発に至った。

【きっかけ】

北九州市において、平成14年10月から財団法人北九州産業学術推進機構(FAIS)産学連携センターを事務局とする「色素増感太陽電池研究会」が設立され、当該機関である本校も参加した産学官で色素増感型太陽電池の実用化に共同して取り組み、北九州に太陽電池産業創生のための技術基盤を確立する活動を始めた。

【プロセス】

1. 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)委託研究(太陽光発電技術研究開発革新的次世代太陽光発電システム技術開発「半導体電極に注目した高機能色素増感太陽電池の研究開発」、実施期間:H15-H17年度)を実施し、色素増感太陽電池の高効率化の手法を見出す成果を得た。
2. 北九州地域再生に貢献できる産業クラスター形成の一環として、太陽電池産業創成を目的に、平成20年1月に「北九州薄膜太陽電池研究会」が設立され、研究会設立当初より、当該機関は参画し、地元企業と活動を共にしている。

【成果】

1. 低温プラズマ処理により光電変換効率を10%増大、イオン注入処理により20%増大を実現した。(図1)
2. 本技術は、特許出願中である。「チタニア粒子から構成される多孔質薄膜電極及びその改質法」(特願2005-132272)及び、「チタニア粒子のイオン注入方法及びイオン注入したチタニア薄膜電極」(特願2005-235346)

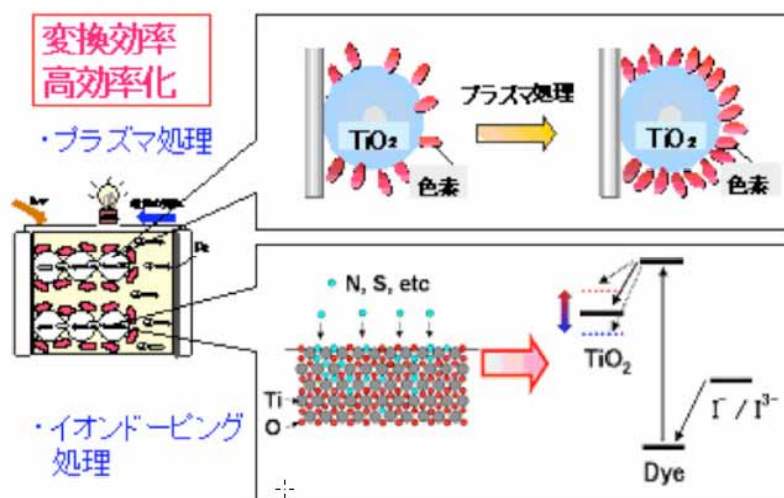


図1 酸化チタン電極へのアルゴンプラズマ処理法とイオン注入法の連続処理による表面ナノ構造制御。

耐熱性分子複合材料の開発と応用

E-mail : kikaku@post.cc.sasebo.ac.jp

物質工学科 古川 信之

無色透明性耐熱フレキシブル基板の開発

【要約】

ポリイミドを透明化するには高分子の一次構造を変化させ、分子内および分子間電荷移動錯体(CTC)の形成を抑え、自由体積を増やすことにより透明化できることが知られている。しかし自由体積を増加はガラス転移温度の低下および同時にガスバリア性の低下を引き起こすことが予想される。本研究技術により、シリカやラダーシリコンなどの無機系材料を分子レベルで分散させるハイブリッド化により、ガラス転移温度を向上させ、透明度が高く、ガスバリア性の低下を抑制することが可能となることが期待できる。これにより、ディスプレイ基板、太陽電池基板等への応用が期待できる。

【きっかけ】

太陽電池基板の製造工程ではシリコン薄膜の形成工程において、また、TFT液晶ディスプレイ基板の製造工程ではTFT形成工程で200℃以上の温度負荷を伴う。さらに、近年、色素増感型太陽電池は、1990年代初頭にグレッツェルにより報告され、その後多数の研究者により研究が進められている。この電池は、透明電極の作成過程では、スパッタリングや酸化チタン膜の形成過程では、において200℃以上の熱負荷工程が存在する。このため、これらの基板には、ガラスが広く用いられている。軽量化や曲面設置などの優位性が高いため、電極基板にプラスチックを使用する試みが行われている。しかし、耐熱性と湿度・ガスバリア性の両立、長期耐熱・耐候性の確保が大きな課題となっている。

【プロセス】

1. ポリイミド系ハイブリッド合成法の開発

テトラエトキシシラン(TEOS)、水、シュウ酸(触媒)を加えて反応することにより、あらかじめシリカゾルを合成し。その溶液中にピフェニルテトラカルボン酸無水物(OPAM)とビス[4-(3-アミノフェノキシ)フェニル]スルホン(BAPSM)を加え、ポリイミド重合反応を行うことによるポリイミド系ハイブリッド材料の新規合成法を開発した。

2. シルセスキオキサン/ポリイミド系分子複合材料の開発

フェニル基含有アルコキシシラン(PhTMOS)を含むTEOSからのシリカゾル溶液中で、ポリイミド重合反応を行うことにより、無色透明性耐熱材料として有用な、新規な耐熱性分子複合材料を開発した。

【成果】

- 上記方法によるゾルゲル法シリカとポリイミドのハイブリッド材料は、ガラス転移温度(Tg)は40℃程度高く、無色透明性も保持されることが明らかとなった。これはハイブリッド化により、ポリイミド鎖間にシリカ粒子が挿入され、ポリイミド中の極性基(カルボニル基等)と分子間架橋的な相互作用による効果であると考えられる。透湿率は、ハイブリッドフィルムはやや高い値を示した。
- TEOSのみを含むものは添加量が多くなるにつれて、架橋密度が大きくなるガラス転移温度は上昇し、透湿率の大幅な変化は抑制される。これは、微細なシリカ粒子数の増加により、ポリイミドとの相互作用が大きくなることに起因している。さらにシリカ量が増えるとシリカ間凝集も起こり、粒子数の増加が抑制されシリカ粒子が大きくなり自由体積が増すため透湿率はやや増加し、Tgの上昇も抑制される。
- PhTMOSを含む無機系材料とポリイミドの複合においては、自由体積の増加により透湿率はTEOS系ハイブリッドより大きな値を示した。しかし、フェニル基の効果によりポリイミドとの相溶性が増し、ポリイミドマトリックス中への微細な分散が起こり、分子間相互作用により、透明性が増し、ガラス転移温度は高くなる。

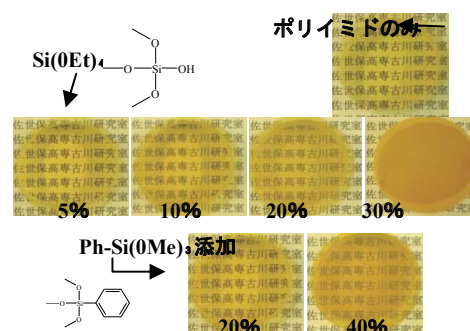
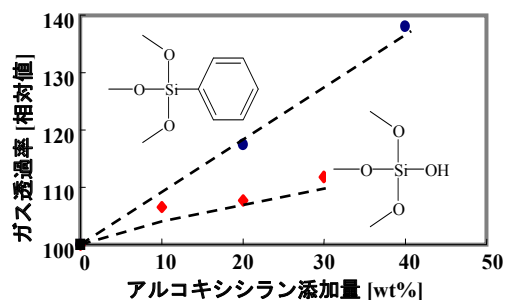


図1. ポリイミド系ハイブリッドフィルムの透明性



宇宙用太陽電池の開発

E-mail : takakura@knct.ac.jp

情報通信エレクトロニクス工学科 高倉 健一郎

民生太陽電池の宇宙利用を目指した耐放射線性評価

【要約】

民生半導体デバイスの宇宙用機器への使用を目的として、半導体デバイスの放射線耐性を評価している。太陽電池も半導体デバイスの一つで、宇宙では人工衛星などの電源として主要な部品の一つであり、一般民生太陽電池の評価を行った。

【きっかけ】

半導体デバイスの宇宙や原子炉、加速器など、放射線環境下での利用を検討するために、さまざまなデバイスの放射線照射特性を調査している。太陽電池は、人工衛星などの電源として使用されており、宇宙放射線の影響を直接受けるため、耐放射線性を調査する必要がある。また、これら機器のコスト削減のためには、認定された“宇宙用デバイス”ではなく、民生品の使用が期待されている。

【プロセス】

市販の太陽電池に電子線並びに陽子線を照射し、照射前後の特性の変化を評価する。評価には、太陽光シミュレータ(YSS-E40)を用い、素子にAM-0、入射エネルギー135.3 mW/cm²の光を照射し、変換効率を測定した。

【成果】

図1に、電子線照射前後の出力特性を示す。照射により、得られる出力電力が低下していることがわかる。これに伴い、表1に示すように、変換効率は照射前には12%であったのに対し照射量を増加させていくと、1x10¹⁵ e/cm²照射では6.3%まで劣化した。

表1 電子線照射前後の太陽電池変換効率

照射量(e/cm ²)	変換効率(%)
before	12
1x10 ¹³	10.2
1x10 ¹⁴	8.4
1x10 ¹⁵	6.3

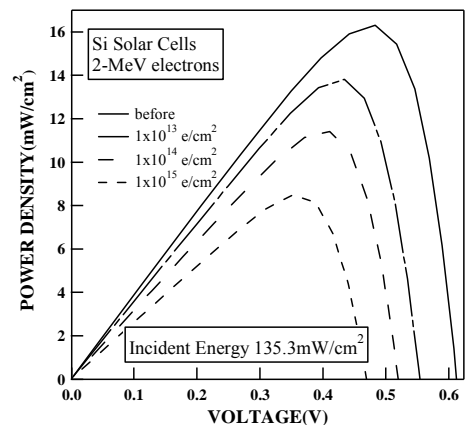


図1 電子線照射前後の太陽電池のP-V特性

業績

高本聡一郎, 高倉健一郎, 大山英典, 菅本良雄, 渋谷睦夫, Alexander Ulyashin, “Si太陽電池の放射線照射による劣化特性の評価”, 第22回熊本県産学官技術交流会講演論文集, pp. 152-153, ホテル熊本テルサ, 平成20年1月22日.

S. Takamoto, K. Takakura, H. Ohyama, Y. Kayamoto, M. Shibuya, and A. Ulyashin, “Evaluation of optical and electrical characteristic of electron irradiated Si solar cell”, Extended abstracts of the 27th Electron Materials Symposium EMS-27, pp. 217-218, Laforet Shuzenji, Izu, July 9-11, 2008.

木永一輝, 高本総一郎, 高倉健一郎, 米岡将士, 大山英典, E. Simoen, C. Claeys, “Si太陽電池の電子線照射による電気的特性および変換効率の評価”, 第24回熊本県産学官技術交流会講演論文集, pp. 96-97, グランメッセ熊本, 平成22年2月4日.

高本聡一郎, 高倉健一郎, 大山英典, “電子線照射によるSi系太陽電池の変換効率の劣化”, 第1回半導体材料・デバイスフォーラム, pp. 90-91, アークホテル熊本, 平成22年2月13日.

CIS系太陽電池用薄膜の作製技術の開発

E-mail : akaki@cc.miyakonojo-nct.ac.jp

電気情報工学科 赤木 洋二

低コストで高品質なCIS系太陽電池用薄膜の作製技術の開発

【要約】

エネルギー・環境問題を解決するためには、自然エネルギーを活用することが不可欠になってきている。その中でも膨大で無尽蔵である太陽エネルギーを利用した太陽光発電は、最も期待されている発電方法である。太陽光発電の心臓部とも言うべき太陽電池は、バルク系Si太陽電池が主流となって発展してきた。近年の急速な太陽電池の生産量の増加に伴い、良質なSi原料の枯渇が叫ばれてきた中、わずかな原料によって作製できる薄膜系の太陽電池が注目を浴びるようになり、薄膜系で最高効率を達成しているCIS系太陽電池が最も発展してきている。しかしながら、その作製方法は複雑かつ生産性も低いなど、解決すべき課題も多く含んでいる。

そこで本研究では、これらの課題を解決するため、生産性が高く低コストで高品質なCIS系太陽電池薄膜の作製技術の開発を行った。その結果、比較的高い品質を保ちつつ、生産性を上げることが可能である化合物原料を用いた真空蒸着法と熱処理の組み合わせによる薄膜作製技術の開発に成功した。

【きっかけ】

地球規模の問題として挙げられるエネルギー・環境問題を解決するためには、膨大で無尽蔵である太陽エネルギーを利用した太陽光発電は、最も期待されている発電方法であり、研究者として最も魅力を感じた。太陽光発電の心臓部とも言うべき太陽電池は、バルク系Si太陽電池が主流となって発展してきたのは周知の事実であるが、資源の問題等を考慮すると、わずかな原料によって作製できる薄膜系太陽電池が将来的に期待できる。

薄膜系で最高効率を達成しており、材料のポテンシャルも高いCIS系太陽電池に最も魅力を感じる中で、その作製方法は複雑かつ生産性も低いなどの問題点を有していたため、作製方法の開発に注力した研究を開始した。

【プロセス】

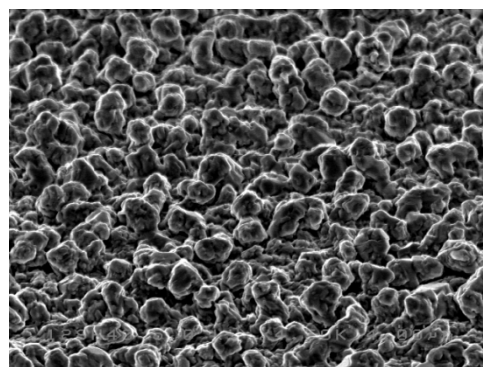
化合物原料を用いた室温における真空蒸着法と硫化法(硫化水素雰囲気中での熱処理)との組み合わせによるCIS薄膜の作製法を開発を行った。

これらの研究は、宮崎大学、津山高専、九州大学と連携しながら行った。

【成果】

化合物原料を用いた室温における真空蒸着法と硫化法との組み合わせにより、図1および表1に示すような良質なCIS薄膜の作製に成功した。

化合物原料は比較的低品質なものを使用しており、この技術は、今後、リサイクルされる低品質な原料にも適応される技術と考える。



4 μm

図1 本研究で作製した薄膜の表面SEM像

表1 本研究で作製した薄膜の電気的特性

抵抗率 ($\Omega \text{ cm}$)	キャリア濃度 (cm^{-3})	移動度 (cm^2/Vs)
6.5	1.0×10^{18}	1.3

KOSEN

Seeds of Solar-cell Technology from Colleges of Technology

