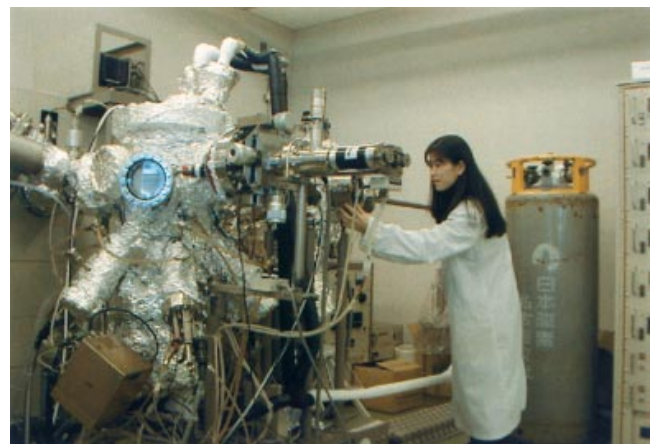


Study of New Carbon-Based Materials and Solar Cells カーボン系新素材を用いた太陽電池の研究

プロジェクトリーダー 山口 真 史

豊田工業大学 大学院工学研究科 教授



1. 研究の目的

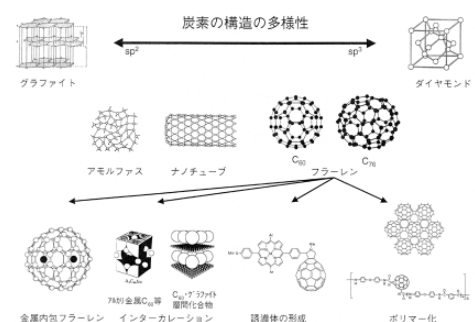
21世紀は、環境とエネルギーの世紀とも言えます。いずれ来ることが予想される化石燃料の枯渇に備え、またエネルギーの使用量の増大に伴う地球の温暖化、砂漠化等の地球規模の環境汚染を解決するためのクリーンなエネルギー源として、太陽エネルギーの利用に大きな期待が寄せられています。

現在、太陽電池用材料として結晶系シリコンが主に用いられていますが、太陽電池の大規模普及のためには、コスト、材料の安定供給の面で問題があります。太陽電池の低コスト化、高効率化に向け、新素材の開発が切望されています。

本研究プロジェクトでは、自然界を循環する再生可能材料であり、また多様な形態を取り得るカーボン系材料に焦点を当て、さらなるブレイクスルーを実現するための次世代太陽電池の開発を目指しています。

カーบอนは、導電体（グラファイト）、半導体（フラーレン、アモルファス）、絶縁体（ダイヤモンド）と、その形態により多様な物性を示します。特に、半導体的性質を示すフラーレン、アモルファスカーบอนは、電氣的・光学的特性を広範囲に制御できる可能性があり、魅力ある材料です。本研究プロジェクトでは、フラーレン、アモルファスカーบอนの物性を制御する技術確立し、太陽電池に適した材料設計を可能にすることにより、高効率薄膜太陽電池を実現しようとしています。

また、本研究プロジェクトによりカーボン系新素材の物性制御技術が確立されれば、太陽電池の他、電池、光非線形素子、薄膜トランジスタ、耐環境デバイス等への応用の可能性があり、新素材産業への貢献が期待できます。



2. 研究の内容

高効率太陽電池用材料に要求される特性として、 禁止帯幅が 1.4 ~ 1.6 eV (単一接合型の場合) であること (= 太陽光スペクトルの適切な波長領域を吸収すること)、 光吸収係数が大きいこと (= 薄膜で、 充分な量の光を吸収できること)、 等が挙げられます。また、太陽電池の基本構造は p 型半導体と n 型半導体を組み合わせた pn 接合であり、半導体としての、伝導型、導電率制御が容易であり、良好な pn 接合が形成できることが必要です。

フラーレンやアモルファスカーボン、その成膜条件の変化や不純物ドーピング、フラーレン誘導体の形成やポリマー化等により、上記の物性を広範に制御できると考えられます。本研究プロジェクトでは、フラーレン、アモルファスカーボンの物性を制御する技術を確立し、太陽電池に適した材料設計を可能にすることにより、高効率薄膜太陽電池を実現しようとしています。

各研究課題の内容を以下に示します。

(1) カーボン系新素材の薄膜成長技術の確立

高品質なフラーレン単結晶膜の作製、および太陽電池に適した性質を有するアモルファスカーボンを成膜する技術を確立します。成膜手法としては、分子線エビタキシー (MBE) 法、スパッタ法、プラズマ CVD 法、レーザパルス堆積法、ケミカル・ビーム法など、種々の方法を試み、成膜条件と薄膜の物性との関連を明らかにします。

(2) 炭素化合物の基礎物性の解明と多様な物性の制御

成膜条件の最適化、アニール、不純物ドーピング、フラーレン誘導体の形成やポリマー化等により、太陽電池に適した禁止帯幅制御、光吸収係数制御を行ないます。また、不純物ドーピングやアニールにより、伝導型、導電率の制御を行ない、太陽電池の基本構造である pn 接合を形成します。

さらに、フラーレンの誘導体を形成するなど、無機、有機化合物との複合化、積層化により、光吸収係数の増大や高機能化をはかり、有機太陽電池と無機太陽電池の利点の結合を目指します。

(3) カーボン系新素材を用いた太陽電池の開発

低欠陥密度化、欠陥の不働態化により、太陽電池の重要な材料物性である少数キャリア拡散長の増大をはかります。また、プロセス温度の低温化により、太陽電池作製の投入エネルギーを低減し、低コスト化をはかります。

太陽電池の変換効率向上のために、太陽電池構造の最適化を行います。太陽電池の各層の膜厚、キャリア濃度などのパラメータをシミュレーションと共に実験的に最適化します。さらに、フラーレンや、禁制帯幅が異なるアモルファスカーボン太陽電池を積層することによって、2 接合及び 3 接合タンデム太陽電池を作製し、変換効率 15% 以上のカーボン系新素材太陽電池の実現を目指します。

3. 研究の体制

期 間 : 1997 年 8 月 ~ 2002 年 3 月

構 成 : プロジェクト・リーダー : 山口 真史 (豊田工業大学・大学院工学研究科・教授、半導体センター長)、コア・メンバー : 小島 信晃 (豊田工業大学・助手)、梅野 正義 (名古屋工業大学・教授)、曽我 哲夫 (名古屋工業大学・助教授)、研究協力者 : 13 名 (内、ポスドク 2 名、大学院学生 7 名)

実施場所 : 豊田工業大学 名古屋市天白区久方 2-12-1

