

T18 モジュール科学の立ち上げに向けて 各種半導体デバイスパッケージ技術の相互検証

増田 淳 (新潟大学)、傍島 靖 (岐阜大学)

太陽電池のように屋外で使用する半導体デバイスにおいては、半導体のみならず、モジュールを構成するガラス、高分子、金属といった各種材料が光・湿熱・電圧等の負荷で変性して劣化を発現する。したがって、材料単体の劣化を調べてもモジュールの劣化要因を明確化することは難しく、負荷により生ずるモジュール内の化学反応や各材料界面での相互作用を微視的に観測することで初めて劣化現象を明確化できる。このためには、各種材料の専門家の知見を結集することが必要となる。

本シンポジウムでは、太陽電池のみならず、各種半導体デバイスの封止構造・封止材料・封止方法ならびに劣化要因や劣化現象の共通点や相違点について議論する。劣化要因に関しては、電流・電圧等のデバイス起因のもの、温度・湿度・光といった外的環境要因のものに区別できるが、デバイスからの発熱や光デバイスの発光等も考慮しなければならず、整理も必要である。さらに、デバイスの種類の垣根を超えて共通で取り組むことができる課題を抽出することにより、各種半導体デバイスの後工程やパッケージ技術全般に関して劣化に関する知見を共有し、共通点と相違点を整理することにより、将来的には「モジュール科学」と名付けた学問分野を構築することを目的に本シンポジウムを企画した。様々な材料・デバイス分野の専門家が集う応用物理学会は、モジュール科学について議論する場として最適と考える。図 1 にはモジュール科学の概念を示す。

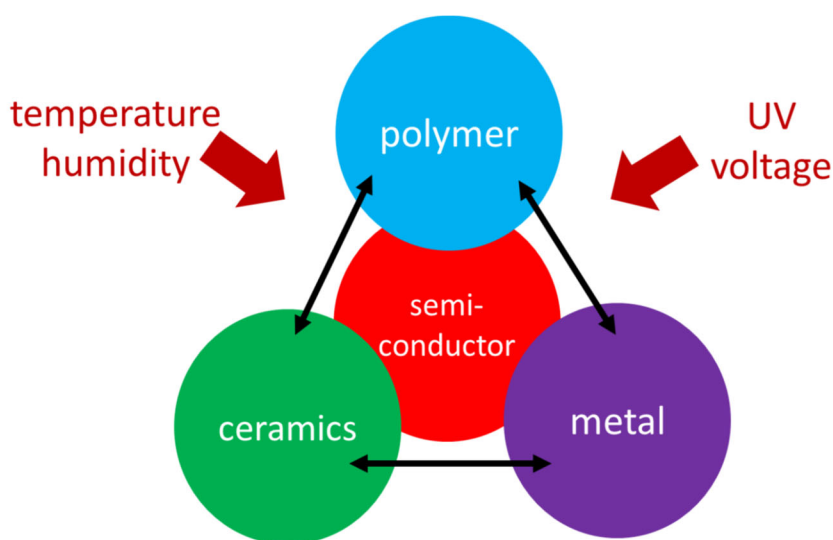


図 1 モジュール科学の概念

シンポジウムの冒頭に、シンポジウム世話人の増田（新潟大）から、上記のような企画の意図を説明するとともに、世話人の専門分野である太陽電池モジュールを例に劣化に関して得られた知見を紹介した。増田によれば、半導体デバイスである太陽電池セル単体であれば劣化しにくいものであり、モジュール（パッケージ）化することが劣化要因の一つである。そうであるならば、本シンポジウムの一般講演（中村航大氏他、北陸先端大）で紹介されるように、モジュール材料の使用を回避することも劣化対策であるが、さりとてモジュール材料にも一定の役割があるので、常に最善の解とは限らない。理想的には、モジュール材料を強くし、変質させないことであろうが、材料設計とコストの観点から実現は容易ではない。さらに、劣化には可逆と不可逆のみならず、一見、劣化前の状態に完全に回復しているように見えるものの、他の評価方法を用いれば完全には回復していない、いわば「偽可逆」も存在する。この場合はモジュール内に劣化の履歴（痕跡）が残り、見えない劣化が蓄積するため、負荷を再度与えた際には初回よりも劣化が加速することがある。そもそも、複数の劣化因子が想定され、複数の材料が使用されているモジュールにおいては、材料間に多数の界面が存在し、複雑な相互作用により劣化は生じる。したがって、「偽可逆」の解析のみならず、一つの指標だけで劣化を判断するのではなく、多面的な評価が重要となる。

増田のイントロダクションに続き、5件の招待講演と2件の一般講演が行われた。

永井一清氏（明治大）は半導体デバイスのみならず幅広い産業分野でガスバリア材料が使用されていることと、ガスバリア材料の評価方法について紹介した。外界からの劣化要因のうち、とりわけ水蒸気は半導体デバイスの特性に大きな影響を与える場合が多く、有機ELや生体親和性の高い有機デバイスの実用化が加速する昨今、性能とコストを両立したガスバリア材料や構造の開発は、今後一層重要性を増すであろう。

鶴川健氏（住友ベークライト）は半導体デバイスのパッケージについて多様な技術を紹介した。半導体デバイスの種類は数多く、用途や求められる特性に応じたパッケージ技術が必要となる。ウエハの反りを抑止可能な技術、狭ピッチ・狭ギャップの隙間を埋める技術、塩素イオンを捕獲する技術、耐熱性・耐絶縁性が求められるパワー半導体用パッケージ技術等について、最新の動向が紹介された。

山形友二氏他（フジクラ）は高出力半導体レーザを用いたファイバー出力型モジュールに特化したパッケージ技術について紹介した。結露や接着安定性への対策のみならず、不純物の光凝集反応等、発光デバイス固有の現象への対策も必要であることが紹介された。また、熱損失に対応するための放熱技術が重要であることや、高電圧が印加されるデバイス固有の課題も紹介された。

後半2件の招待講演は太陽電池に関するものである。仙波妙子氏（新潟大）は太陽電池セルの銀電極と封止材から発生する酸の反応を材料科学的側面から紹介し、電極ペーストに含まれるガラスフリットの組成により、電極の腐食メカニズムが異なることを説明した。このことは、より信頼性の高い電極ペースト開発の指針となると考えられる。新楽浩一郎氏他（京セラ）は太陽電池モジュールの屋外曝露試験と屋内加速試験による寿命予測について

紹介した。太陽電池のように、様々な劣化要因が存在する屋外で長期間の使用が見込まれる製品にとって、寿命予測は困難である一方、製品保証の観点からは極めて重要である。今回報告された確度の高い寿命予測の結果は、太陽光発電の一層の普及拡大を後押しするものと考えられる。

2件の一般講演では、IoT応用を志向したウェアラブルセンサ用フレキシブルMEMSデバイス（竹下俊弘氏他、産総研）と、封止材を使用しないことにより信頼性の改善を図った太陽電池モジュール（中村航大氏他、北陸先端大）について報告された。

なお、今回のシンポジウムの参加者は128名（同一時間帯の参加者数の最大値）に達した。

今回、モジュール科学と名付けた学問分野を構築する第一歩として、本シンポジウムを企画した。本シンポジウムの開催を通じて、モジュール科学に関心をもつ関係者が増えることを期待するとともに、世話人としてはモジュール科学の発展に向けて一層の研究に取り組んでいきたい。