

「ガラスの加工技術と商品応用」 情報機構

旭硝子株式会社 中央研究所

尾 山 卓 司

Takuji Oyama

Corporate Research Center, Asahi Glass Co., Ltd.

とにかく、ガラスに関連する広範囲な話題を取り扱っている。かといって、ハンドブックや事典などのようにガラスに関連するすべての項目を網羅するのではなく、題名の通りガラスの加工技術とガラスを応用した製品に焦点を絞り、さらに現在ホットな技術領域、応用領域にスポットを当てているところに特徴がある。76名に上る著者も、各分野の第一線で活躍中のメンバーを揃えており、野心的な試みと言えるかもしれない。

構成は大きく2部構成になっており、前半は第1章で各種（と言っても新しい応用が期待されている）いくつかのガラスの特性を示した後、第2章から第6章までは、分断技術、研磨・研削技術、洗浄技術、表面処理と評価技術、搬送技術といった、ガラスの基本的な加工技術とガラスを使う場合に必須の周辺技術で分類された章立てになっている。ここでは、読者はガラスを加工する場合に必要な基本的な技術を学ぶことができる。分断、研磨、洗浄、などにおい

て技術革新が進んだことによってエレクトロニクスにガラスを適用することができるようになったことが理解されるであろう。表面処理の手法とガラスにまつわる分析技術の進展も目覚ましい。また、特にフラットパネルディスプレイの発展に伴い、一昔前には想像もできないくらい大きく薄いガラス基板の取り扱い方の実例が示されているのも興味深い。一方、後半の第7章から第11章までは、応用分野別のガラスの最前線が記載されている。光学、ディスプレイ、太陽電池、微細加工、ハイブリッド材料などにおける最新のガラスの作製法、課題などが詳細に述べられているので、読者は自分の興味のある章を開いてその分野の最新情報を得ることができる。これらを通読すると、ガラスという材料がまだまだ大きな可能性を秘めているということが実感されるであろう。続いて第12章ではガラスの各種の特性を向上させる試みの最先端が紹介されており、さらに新しいガラスへの展開を期待させる。最後の第13章では昨今かまびすしい環境問題とガラスについての考察が示されており、ガラス産業に携わる者として今後考えるべき課題と可能性が理解できる。

以上が本書の概要であるが、以下にやや詳細

に各章について紹介する。

第1章「主な種類別ガラスの特性」では第1節でシリカガラス（石英ガラス）の製法と特性が、第2節でリン酸塩系ガラスの組成と、構造、各種の応用が示されている。第3節のガラスに用いられる希土類材料（Ce, La, Nd など）が世界生産量の十数%を占めており、中国に偏った生産形態からの脱却が必要とされる。第4節では新しい導電性ガラスとしてFIB加工用の基板材料にとどまらない応用が検討されている「NTA ガラス」と、燃料電池用の高耐久な固体電解質として期待されるプロトン伝導性ガラスが紹介されている。第5節ではアモルファス強誘電体として BaTi_2O_5 が紹介され、作製方法としての無容器法が示される。第6節ではガラスと金属や半導体を接合する陽極接合ガラスが紹介されている。

第2章「ガラスの分断技術」ではまず第1節でガラスの割断技術の歴史、Griffithの脆性破壊理論とその限界が解説されたのち、機械的割断における代表的なクラックが力学モデルにより定性的に解説される。第2節ではフェムト秒レーザーによるFPDガラスの割断、第3節ではレーザーによる溶断、割断が、第4節では超音波ロータリー加工機による400 mm長の石英ガラスロッドへの4φ貫通穴加工が紹介されている。

第3章「ガラスの研磨・研削技術と平坦化」では、鏡面研削加工法であるELID(Electrolytic Inprocess Dressing)法のガラスディスクや非球面レンズなどへの応用が示される。第2節ではガラス研磨で多用されている遊離砥粒研磨法について原理とシミュレーションを示し、正方形試料における研磨の限界について論じている。第3節ではこのようにして平坦化されたガラス表面の形状を測定する光学干渉計が紹介されている。

第4章「ガラスの洗浄技術」では第1節で学問になりにくいこの分野で実際にどのような洗浄方法がFPDや太陽電池用途で用いられてい

るのが具体的に示されている。第2節では水素水、オゾン水、炭酸水の効果が示されている。第3節では超音波洗浄、第4節ではUV洗浄が解説され、第5節では洗浄後の清浄度度の評価方法が目視から接触角、ATR,SIMSまで紹介されており、必要に応じて参照することができる。第6節ではFPDや太陽電池で必要となる大型ガラス基板に対応した傾斜搬送システムを用いた枚葉型超音波洗浄装置が示されている。

第5章「表面処理と評価技術」ではまず、真空蒸着法、スパッタリング法、CVD法が相互に比較されながら解説された後、ガラス基板の組成が半導体材料の形成において大きな影響を及ぼす場合があることがSiやCIGSの例で紹介された後、防汚ガラスとして注目されている酸化チタン光触媒のウエットコートが実績とともに紹介されている。第2節では SiO_2 膜への金属元素ドーピングによる表面OH基密度制御とレーザー照射による局所的表面改質、ガラス転移点以上の温度での水蒸気処理によるナノ穴構造作製などの興味深い現象が示されている。第3節では様々なシランカップリング剤がガラスの表面改質剤として（400℃に耐えるフッ素系のシランカップリング剤も）紹介されている。第4節では様々な分析手法が実際の解析事例とともに紹介されている。

第6章「ガラスの搬送技術」では、液晶業界における基板搬送技術がいかにして大型化と低コスト化を両立したのかが詳細に述べられている。特に非接触搬送では空気により加圧するタイプとベルヌーイ効果により負圧として吸着するタイプが紹介されており興味深い。

第7章からは応用分野別の章立てとなっている。

第7章「光学用途ガラスの特性と応用例」では第1節で非球面ガラスレンズの各種の加工方式と形状の評価手法が示された後、マイクロレンズアレイの作製方法と評価方法、応用例が紹介されている。第2節では光ファイバーとして

の応用例として通信用光ファイバー、ファイバーアンプ、ファイバーレーザー、深紫外光ファイバーなどが紹介されている。第3節では光学ガラスの広範な応用例が示されるとともに、ガラス基板と光学薄膜の境界領域の問題としてガラス組成による白ヤケと青ヤケ、さらにDWDM用の超多層膜と基板の熱膨張係数の不一致の問題が議論されている。

第8章「ディスプレイ関連用途への展開」では現在大きなガラス市場を形成しているディスプレイ用ガラスについて、まずTFTとPDPで市場環境が大きく異なっていることが示された後、第2節でPDP用ガラス基板について、熱処理時の変形や電圧印加時のアルカリ溶出を抑えるための組成開発が解説されている。第3節では携帯電話のディスプレイ用の化学強化カバーガラスが取り上げられ、ガラス組成を最適化することにより大きな圧縮応力を 60μ の深さまで入れることができることが示される。また、切断、穴あけ、切り欠き、研磨などの加工工程の詳細についても説明している。第4節では液晶パネルの高精細化、高画質化、マザーガラス基板の大型化に対応して、高速、高精度の欠陥（傷や付着遺物など）検査機が必要とされていることが分かる。

第9章「太陽電池用途への展開」では、薄膜Si系太陽電池（第1節）とCIGS系薄膜太陽電池（第2節）、色素増感太陽電池（第3節）の構造が解説された後、それぞれに使用されるガラスについての要求特性が示されている。薄膜Siでは透明導電膜の光閉じ込め効果が、CIGSではNaのドーピングと高温耐性が重要である。また、色素増感では耐熱性の高い透明導電膜が必要でITO（Snドーピング In_2O_3 ）/FTO（Fドーピング SnO_2 ）の複合膜が紹介されている。第4節では太陽電池モジュールの劣化モードの例と、品質保証規格として4つのJISが紹介されている。第5節ではCIS系の薄膜太陽電池モジュールの低コスト化への指針と、バックシートやフレームを用いないモジュール構造や

リサイクルフローの確立などの課題が挙げられている。第6節では、改めて、太陽電池用途でのガラスへの要求特性が述べられている。

第10章「ガラスの微細加工による高付加価値化」ではまずフェムト秒レーザーによるガラス内部への3次元加工の現状が示された後、第2節で加工時間が長いこと、レーザー光の進行方向にパターンが伸びてしまうことなどの課題に対して、計算機合成ホログラム、電子線描画、ドライエッチング、レーザー照射を組み合わせで一気に3次元構造をガラス内部に作り込む研究が紹介される。第3節ではガラスの微細加工技術としてのエッチング技術が、PTFEを固体のフルオロカーボン源としてドライエッチするなどの新しい手法も含めて示されている。第4節では第1章で紹介されたNTAガラスの微細加工への適用が、第5節ではイオン導電性ナノ構造体として、 α -AgI、リチウムイオン伝導性ガラスセラミックス（LIC-GC）、サルファイド系リチウムイオン伝導体結晶、銀カルコゲナイドガラス、有機無機複合超イオン伝導体ガラスが紹介されている。

第11章「ガラスのハイブリッド化」では第1節でゾルゲル法によるガラスとセラミックスの合成方法が解説された後、無機有機ハイブリッド材料の合成について分散型－、ペンダント型－、共重合型－などの分類とそれぞれの特徴を活かしたアプリケーションが紹介されている。第2節では特に光機能性材料への応用に焦点を絞って、有機修飾シロキサン系ハイブリッド材料による低損失光回路と特異な温度光学効果を示す材料、アルコール縮合の代わりに酸塩基反応を用いた酸化物交互共重合体の合成、層状有機シリカ分散材料、階層的微細構造薄膜などの可能性が示されている。

第12章「ガラスの物性向上の最前線」では、第1節でガラスの機械的性質、熱的性質、電気的性質が解説されている。第2節ではガラスの諸物性を向上させる試みとして、電子伝導性とイオン伝導性がとりあげられ、特に後者につい

て理論的な取り扱いの手法と、向上のための条件が示されている。続いて、ガラスの成型に重要な粘弾性特性の評価方法と、得られた粘弾性パラメータを用いたガラスレンズのプレス成形シミュレーションの実例が示されている。さらに、ガラスの弾性的性質の非接触評価手法としてブルリアン散乱法が紹介され、リチウムホウ酸塩の弾性率と音波吸収係数がリチウムの添加量とともに大きく変化することが示されている。

第13章「ガラスにまつわる環境対応」ではまず第1節で省資源、CO₂削減、特定化学物質の使用規制などの時代の要請に対しガラス産業がどのように関わっているのかを概観した後、第2節では省エネルギー製造プロセスとして減圧脱法技術と酸素燃焼法が、省エネルギー機能を有する窓ガラスとして熱線反射ガラスと

Low-Eガラスが紹介されている。また、リサイクルによる省資源の例としてガラス瓶のリサイクル技術と軽量瓶の開発が、使用規制についてはRoHS, REACHなどの規制案に対応した技術開発が述べられている。さらに、放射性廃棄物のガラス化やガラス分離膜による環境汚染物質の除去、光触媒を担持させた有機物分解リアクターが紹介されている。最後に第3節ではガラスにおけるリサイクルの動向について、ガラスびん、ブラウン管、薄型テレビ、蛍光灯、自動車の窓ガラス、それぞれにおける現在の取り組みが示されている。

以上、ガラスの加工に関わる研究者にとって、最先端の技術分野を総合的に理解し、今後の開発の方向性を考える上で貴重な一冊となることが期待される。

上記で紹介された「ガラスの加工技術と製品応用」の第10章「ガラスの微細加工による高付加価値化」の第1節「フェムト秒レーザーによるガラス内部への三次元デバイスの作製」及び第2節「ガラス・ホログラムによる三次元デバイスの高精度・高速度レーザー造形」では、ニューガラスフォーラムつくば研究所の4名が執筆している。尚、執筆者及び目次の詳細は下記HPに掲載されている。

http://www.johokiko.co.jp/publishing/BC_090101.php

(ニューガラスフォーラム事務局)