

リチウムイオン二次電池のための高精度注液システム

Dispensing System for Lithium-Ion Batteries

村上 信明
MURAKAMI Nobuaki

岡田 直忠
OKADA Naotada

山中 正治
YAMANAKA Masaharu

リチウムイオン二次電池は質量当たりのエネルギー密度が大きいため、軽さや薄さが求められる携帯電話、ビデオカメラ、ノートパソコンなどの電源として利用されている。この電池は使用途中で追加充電しても電池寿命が劣化しない。

電池製造工程で、電解液を多層電極材料の隙(すき)間に均等に注液すると、リチウムイオン二次電池の特性や寿命が向上する。これらを実現するために、注液プロセス技術や注液量計量技術、封止栓レーザ溶接技術を開発し、高精度な注液システムを完成した。

The lithium-ion battery (LIB) is mainly used for small and lightweiht products such as cellular phones, handheld video cameras and portable personal computers, because of its advantage in terms of high energy density per volume and weight. Dispensing the electrolyte uniformly in the electrode gap results in good properties and a long life for the LIB.

We have realized a precision dispensing system for LIBs by developing a dispensing process technology, a dispensed amount measuring technology, and a laser welding process for shielding plates.

1 まえがき

リチウムイオン二次電池は携帯情報端末機器を薄く軽く設計するために有利なだけでなく、いつ追加充電しても電池性能が劣化しないという特長をもっている。このため従来、ニッケルカドミウム二次電池やニッケル水素二次電池が使われていた携帯電話、ビデオカメラ、パソコンなどの携帯情報端末機器に1993年から採用され始め、96年から本格的に需要が増加した。また、97年には、鉄缶よりもさらに軽くできるアルミ缶リチウムイオン二次電池が商品化された。

リチウムイオン二次電池の市場規模は93年に約23億円であったが、96年には1,300億円と著しく成長し、97年にはニッケル水素二次電池を抜いて約2,000億円となった。また、2000年には約3,000億円規模に達すると予測されている。

電池性能は電極材料、電解液特性のほかに、製造品質によって決まる。電解液が多層電極材料の隙間にいかに均等に存在するかが製造品質ではもっとも重要である。ここでは、電解液を多層電極材料の隙間に均等に注液する高精度な注液システムを開発したので紹介する。

2 リチウムイオン二次電池の構造

リチウムイオン二次電池の構造を図1に示す。また、電池の動作原理を図2に示す。

正極材料、負極材料、セパレータを重ねて巻いてあり、

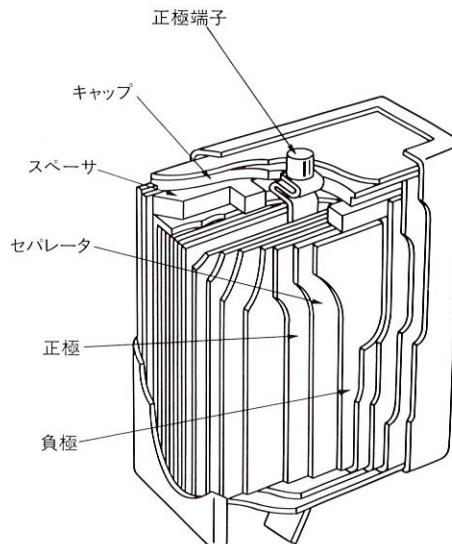
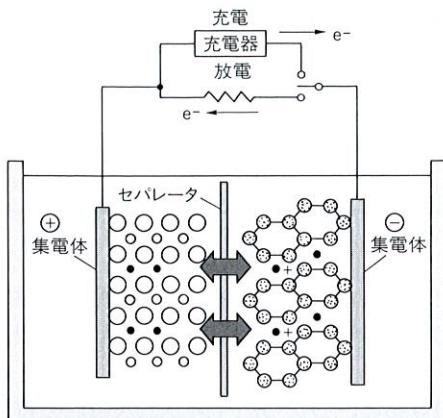


図1. リチウムイオン二次電池の構造 正極、負極、セパレータを重ねて巻いた電極材料と電解液を封入する。

Structure of lithium-ion battery

各層の隙間に電解液が存在する。充電と放電が繰り返されると、この電解液を介してリチウムイオンが正極と負極の間を往来する。電極材料の全面が機能することで、電池特性や寿命が向上する。

このため、母材に塗布されている電極粒子の厚さが均一であるとともに、決められた量の電解液を均等に注入する注液技術が重要になる。



○酸素 ○金属原子(Co/M) ●リチウムイオン ○炭素

図2. リチウムイオン二次電池の動作原理 リチウムイオンが電解液を介して正極と負極の間を往来する。

Principle of lithium-ion battery

3 リチウムイオン二次電池の製造工程

リチウムイオン二次電池の製造工程を図3に示す。正極材料、負極材料、セパレータを重ねて巻き、電池缶に入れる。電極材料の正極と負極を電池缶の正極と負極にそれぞれ溶接する。つぎに、電解液を電池缶内へ注液する。その後、注液口を封止し電池形状が完成する。

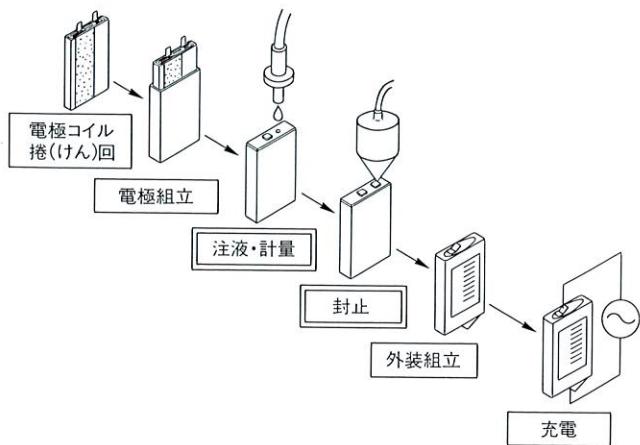


図3. 電池製造工程 電池缶に電極材料を挿入し、電解液を注液する。

Lithium-ion battery manufacturing process

4 注液プロセス技術

図4は開発した注液システムである。このシステムでは電解液を注液する工程、注液量を計測する工程、注液口を封止する工程から構成されている。

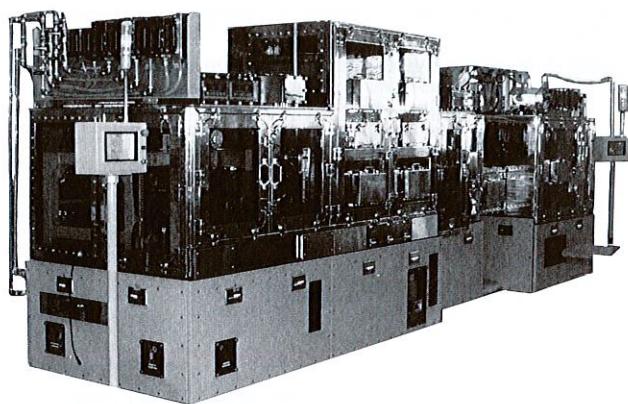


図4. 注液システム 電解液注液工程、注液量計測工程、注液口封止工程から構成されている。

Newly developed dispensing system

注液工程では電極材料を組み込んだ電池缶に電解液を注液する。電極材料の隙間に均等に電解液を注液することが重要である。注液量を高精度に管理するために、注液工程前後の電池缶質量を計測している。注液口封止工程では、注液口に封止栓をレーザで溶接する。電解液が漏洩(えい)すると機器などを故障させるため、特に重要な技術である。また、リチウムイオン二次電池の電解液は水分を嫌うため、装置内を低湿度に管理している。

電解液の注液プロセスでは、電極母材に塗布されている電極粒子の隙間や電解液を介してリチウムイオンが往来するセパレータの隙間に、均等に電解液を注液することがもっとも重要である。注液プロセス技術として、自然落下を利用した注液方式や遠心力を利用した注液方式、真空を利用した注液方式などを検討した。開発した注液システムでは、注液時間がより短く、電極材料やセパレータへの電解液の浸透性に優れ、かつ、装置化が容易である注液プロセスを採用した。その結果、高精度で生産性の高い注液システムを完成できた。

5 注液量計測技術

注液量を求めるために、注液工程前後で電池缶質量を短時間に精度よく計測しなければならない。注液前の電池缶質量は約32g、注液後の電池缶質量は約37gである。注液量精度が電池特性に大きく影響するため、計測器には高い測定精度が要求される。また、測定誤差の大きな要因に機械的振動があり、この対策も重要である。

高精度に計測するため、この注液システムでは、いくつかの振動対策を実施した。おもな振動対策は以下のとおりである。

一つは、計測中に搬送系機構動作から受けるもので、

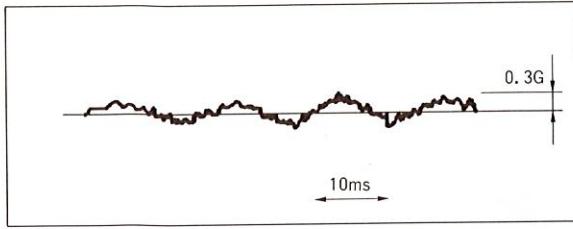


図5. 搬送系の機械振動 搬送系機構の動作により、計測器が機械振動の影響を受ける。

Vibration of machine

30~50 Hz の機械振動である。図5に示すとおり片振幅で0.2~0.3 G の加速度をもっている。電池質量が約37 g であり、最大で $37 \times 0.3 = 11.1$ g の質量が加わる。この振動成分はデジタルフィルタ（カットオフ周波数1 Hz のローパスフィルタ）でキャンセルした。 -40 dB/dec でゲインが落ちる。たとえば、30 Hz 成分は1/900 にカットされ、0.3 G の加速度の振動でも $11.1/900 = 0.12$ g 程度の影響に抑えることができた。

二つ目は、電池を計測器へ上げ下ろしするときの衝撃振動である。搬送速度の加速度を制御し、衝撃振動を最小限にした。また、図6に示すとおり計測データの出力状態をモニタし、出力データの安定域を特定した。この安定域でゼロリセットや計測を行い、衝撃振動の影響を抑えることができた。

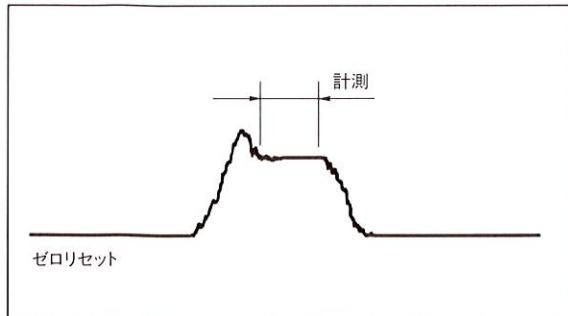


図6. 計測タイミング 機械振動の影響が少ないときに、ゼロリセットと計量を行う。

Timing of measurement

6 封止栓レーザ溶接技術

封止栓のレーザ溶接にはパルス発振する400 W級の大出力YAGレーザ（発振波長1,064 nm）を用いる。レーザ光は光ファイバによって伝送され、加工レンズで溶接部に集光される。鉄缶電池では従来型の矩形波パルスレーザを用いたが、アルミ缶電池では新しく開発した波形制御パルスレ

ーザを用い、信頼性の高いアルミ溶接を実現した。図7はアルミ缶注液口の封止工程に用いた波形制御パルスYAGレーザである。

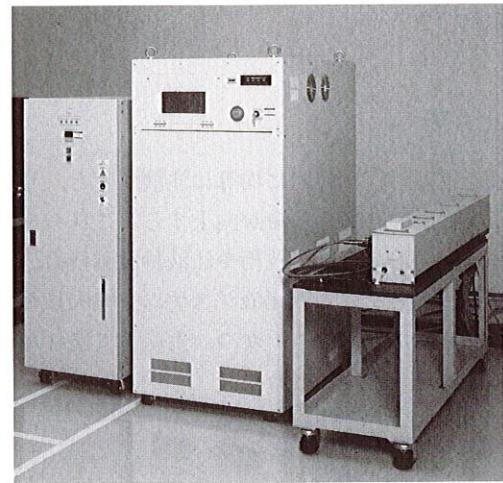


図7. 波形制御パルスYAGレーザ 最大出力400 W、最大ピーク出力14 kW、最大繰返し300 Hz。

Pulsed YAG laser with pulse-shaping function

アルミのレーザ溶接は、溶接割れ、融合不良、溶込み不安定などの問題があり、最近まで実用化されていなかった。これらの問題を解決し、アルミ缶電池の量産へ適用した。

図8はアルミ溶接用のパルス波形の一例である。波形はパルス幅2~10 msのものを使用する。前半の1 ms以内に出力ピークをもち、この部分で必要な溶込みを得る。

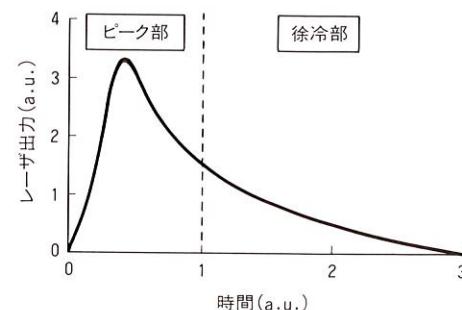


図8. アルミ用レーザパルス波形の一例 前半のピーク時に溶込みを得て、後半で徐冷する。

Pulse shape used for welding of aluminum

アルミは熱拡散が速いため、1 ms以内で溶込みが終了する。溶込み終了時点でのレーザ発振を停止すると、急冷によって溶接部に割れが発生する。このため、後半の1~9 msでは、材質と形状に応じて出力を徐々に下げて冷却する。

このようなパルス波形を設定するには、高い波形分解能が必要である。一般的の波形制御 YAG レーザは 20 分割しか波形が設定できず、良好なアルミの溶接がむずかしい。新規に開発した波形制御 YAG レーザではパルス波形を 0.1 ms 単位、200 分割で設定できるため、アルミ溶接に最適な波形が設定できる。

7 あとがき

電解液を電極材料の隙間に均等に注液すると、リチウムイオン二次電池の特性や寿命が向上する。これらを実現させるために、注液プロセス技術や注液体量計測技術、封止栓レーザ溶接技術を開発し、注液システムを完成した。

さらに高精度に注液でき、かつ、生産性に優れた注液システムの開発を続けていきたい。



村上 信明 MURAKAMI Nobuaki

生産技術研究所 精密技術研究センターセンター長。
リチウムイオン二次電池製造装置の開発に従事。
Manufacturing Engineering Research Center



岡田 直忠 OKADA Naotada

生産技術研究所 レーザ技術研究センター研究主務。
レーザ加工技術の開発に従事。
Manufacturing Engineering Research Center



山中 正治 YAMANAKA Masaharu

生産技術研究所 メカトロニクス開発センター研究主務。
リチウムイオン二次電池製造装置の開発に従事。
Manufacturing Engineering Research Center