BECKMAN COULTER
Life Sciences

光学式パーティクルカウンターで実証された「Long Life Lasers™（長寿命レーザー）」

はじめに

光学式パーティクルカウンター（OPC）は、パーティクルの存在、サイズ、個数や濃度を決定する為に、光の照度と吸光度を利用します。

粒子は概して流体もしくは気体中で浮遊していますが、それは検出システムを通過する一定量が照射されることで検出されます。

そうしたシステムの基本的な構成要素は、レーザー光源です。

パーティクルの存在を検出する為に、一定量がその光源にさらされ、一つ若しくはそれ以上のセンサー（それは一般的にフォトディテクターです）が、パーティクルに起因する光源中の光学的障害を検出します。

光学式パーティクル検出システムの光源は、一般的に半導体ダイオードレーザーです。

そのレーザー光源は安定的で、且つ長寿命でなければなりません。

多くのOPCサプライヤーがレーザーの長寿命を主張する一方、ベックマン・コールター社ではレーザー寿命テスト（レーザーライフと機器性能の両方を向上させる特許を受けた技術）を検証し、パフォーマンスを証明するためにプロダクトフィールドデータを立証しました。

ベックマン・コールター社による「Long Life Lasers™」は、現在すべてのMET ONEブランド 3400+シリーズのポータブルタイプ気中パーティクルカウンターに採用されています。

また、MET ONEブランド 4000、6000、7000シリーズの連続モニタリング用リモートタイプ気中パーティクルカウンター、そしてHIACブランド 9703+の液中パーティクルカウンターにも同様に採用されています。

レーザー寿命（MTTF）

長寿命のレーザーと信頼できるパーティクルカウンターへの道のりは、正しいレーザーを選ぶことから始まります。特定のガリウムヒ化物(GaAs)レーザーは、最も成熟したレーザー技術を提供し、最も長い操作寿命時間を持ちます。

GaAsレーザーは、高性能と信頼性が最も重要であるファイバーオプティック通信産業で広く使われています。

それと同じ技術が、830ナノメーター近辺のピーク波長に作用するレーザーを搭載したベックマン・コールター社MET ONEブランドの光学式パーティクルカウンターに使用されています。

典型的なガリウムレーザーは、MTTF（平均故障寿命)が100,000時間以上であることが評価されています。

1年で8,760時間（24時間×365日）という数字は、連続運転で11年以上に相当します。[i]

サプライヤーから提供されるレーザーMTTF（平均故障寿命)の仕様は常に素晴らしく良く見えたとしても、ベックマン・コールター社は単にサプライヤーから公表されたデータだけには頼りません。

その代わりに、ベックマン・コールター社は新製品導入前に社内テストを通してレーザーライフを検証します。

100,000時間のレーザーダイオードをテストすることは実用的ではないため、レーザー産業で一般的に受け入れられた別の正確なエイジング測定方法を進展させました。その一つは、高温でのテスト方法です。

ほとんどのレーザーメーカーは、GaAsレーザーダイオードの寿命が8–10℃程度の温度上昇により発生するファクターにより半減すると明記しています。

それゆえ、レーザー寿命の仕様を確認するために、ベックマン・コールター社のR＆Dセンターで、50個のGaAsレーザーを使用して正確な寿命テストを行いました。テスト期間は、78℃の温度で5,320時間です。このテストは、サプライヤーの仕様で30℃の通常の動作温度で9.95年の平均寿命がレーザーに相当する事が判明しました。

長寿命レーザーの設計

レーザー寿命と温度の関係が加速テストを可能にするのと同時に、それはレーザー温度をコントロールすることで、レーザーの寿命を延ばすための明確なソリューションを提供します。

いくつかのメーカーは、熱電冷却器(TEC)を使用し、レーザー温度を低くコントロールします。

しかし、TECは高い入力電力が必要なためバッテリー寿命を短くしたり、大きなバッテリーを必要とするためポータブルのパーティクルカウンターの重量が増えたりしてしまいます。

ほとんどのメーカーは、受動冷却に頼り、レーザー操作での動力を減らします。(例：「パワー"軽減"」)

同様にレーザーパワーの軽減は、もしセンサーの全体的な効率を改善することが他に何も行われなければ、パーティクル検出の繊細さによって可能になります。

受動冷却とレーザーパワー軽減のアドバンテージを適切に利用する為に、ベックマン・コールター社はレーザー出力を利用して、パーティクルから散乱光を特定するためのOPCセンサーの能力を強化しました。

バックグラウンド・ノイズ抑制のための特許を受けた方法と並び、検出、照明光学及び光学を利用した収集の発展は、全て全体的なセンサー効率の改善に繋がりました。[ii]

さらにまた、センサーの全体的なバックグラウンド・ノイズを減らすために、ベックマン・コールター社によって採用されているキーとなる技術の1つは、レーザー変調です。[iii]

レーザー変調の技術は、モード競合ノイズを減らすために、CDやDVD業界で一般的に用いられます。[iv,v,vi]

OPCでは、レーザー変調はモード競合ノイズを見つけることができないレベルにまで引き下げます。

これはセンサーの全体的なバックグラウンド・ノイズを効果的に下げて、より少ない誤検出と、より良いゼロカウントをもたらします。

変調されたレーザーは、50%の任務サイクルで動いているので、レーザー寿命もまた改善されます。このように、レーザー変調はレーザー装置寿命を改善するだけでなく、センサーの全体的なSN比の性能も向上させます。

パーティクルカウンターにおけるレーザー変調の適用は、ベックマン・コールター社によって特許権を得ており、MET ONEとHIACブランドパーティクルカウンター製品ライン特有のものです。

「LONG LIFE LASER™」のパフォーマンス

検証されたMTTF（平均故障寿命）を持つ正しいレーザー（優れた熱管理とレーザー変調の組み合わせ）は、全てベックマン・コールター社によって「LONG LIFE LASER™」を製作するために組み合わされたものです。

Long Life Laser導入後の3年経過の間に、既に数千台ものユニットを出荷しており、0.5%未満のユニットしかレーザー装置故障は有りませんでした。

図1に示されたワイブルプロット（寿命予測グラフ）は、全ての「長寿命レーザー」が搭載された計器で起きたレーザー故障を示しています。また、長寿命レーザーで競合するOPCメーカーによって作成された故障データを示
しています。[vii]

図 1

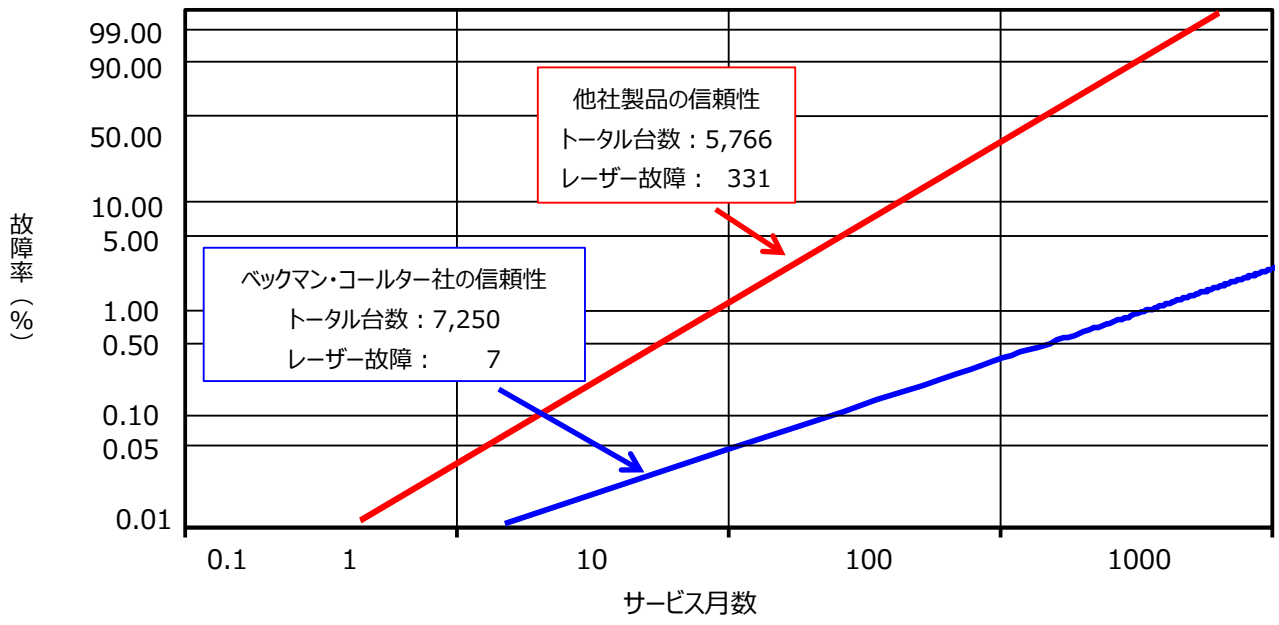

図 1: ワイブル分布（寿命予測グラフ）は、故障率（%）に対しベックマン・コールター社製レーザーと長寿命レーザーとして競合する他メーカーにより公表されたサービス月数を示します。
グラフは、競合品の10% が現場でのレーザー故障経験がある点を示し、0.5%未満のベックマン・コールター社製品が故障したと予測されます。
さらにこの比較を詳しく説明する為、表1では同じ12年間で6,000台の気中パーティクルカウンターをサンプル数とした概算の現場故障数と率（%）のダイレクト比較を示します。

	トータル台数: 6,000			
修理年	レーザー故障予測台数			
	ベックマン・コールター社		競合メーカー	
1年	4台	0.06%	93台	1.55%
3年	9台	0.16%	480台	8.01%
5年	15台	0.24%	999台	16.64%
7年	19台	0.32%	1,574台	26.24%
9年	24台	0.40%	2,162台	36.03%
10年	26台	0.44%	2,450台	40.83%
12年	30台	0.51%	3,000台	50.00%

表 1: 現場故障 VS サービス年数の比較

まとめ

MTTF(平均故障寿命)パフォーマンスデータは、より優れたパフォーマンスを持つベックマン・コールター社「LONG LIFE LASER™」と、それと最も競合する他社製品との比較を示します。
多くのOPCサプライヤーがレーザーの長寿命を主張する一方、ベックマン・コールター社はレーザー寿命テスト（レーザーライフと器機性能の両方を向上させる特許を受けた技術）を検証し、パフォーマンスを証明するためにプロダクトフィールドデータを立証しました。
「LONG LIFE LASER™」技術を使用しているベックマン・コールター社の MET ONE 及び HIAC ブランドパーティクルカウンターは、より信頼性があり、この技術を持たない製品に比べ、維持コストをより低く保てます。

著者

Ken Girvin, Senior Optical Engineer, Photonics R&D Pingsheng Tang, PhD, Senior Scientist, Photonics R&D Terry Stange, PhD, Vice President, R&D Americas
Matthew Smith, PhD, Life Sciences Vertical Marketing Manager

i. Since the original testing and laser selection was completed, the Hach Ultra laser vendor now claims an MTTF of more than 1,000,000 hours.

ii. Joel C. Johnson, “Method and Apparatus for Suppressing Stray Light in Particle Detectors”, US Patent 6,414,754, July. 2002.

iii. Kenneth L. Girvin and Adam J. Reed, “Method and Apparatus for Operating a Laser in an Extinction-Type Optical Particle Detector”, US Patent 7,002,682, Feb. 2006.

iv. Akira Arimoto, et al., “Optimum Conditions for the High Frequency Noise Reduction Method in Optical Videodisc Players,” published in Applied Optics, vol. 25, No. 9, May 1, 1986.

v. Masahiro Ojima, et al., “Diode Laser Noise at Video Frequencies in Optical Videodisc Players”, published in Applied Optics, vol. 25, No. 9, May 1, 1986.

vi. K. Petermann, book entitled Laser Diode Modulation and Noise, Copyright 1988 by Kluwer Academic Publishers, Chapter 4, pp. 100 to 105.

vii. “Long Lasting Lasers: Factors that Influence Laser Life”, Particle Measuring Systems, Inc., 2006.

ベックマン・コールター株式会社

本　　社：〒135-0063 東京都江東区有明3-5-7 TOC有明ウエストタワー

お客様専用 0120-566-730　☎ 03-6745-4704　FAX 03-5530-2460
e-mail bckkcas@beckman.com　URL http://www.beckmancoulter.co.jp

P20a0295a