

可调谐激光吸收光谱（TDLAS）技术在中空玻璃惰性气体含量分析中的应用

作者：Jarno Hartikainen

单位：芬兰斯巴莱克有限公司

地址：Osmontie 34, 00610, Helsinki, Finland

摘要：

目前，在中空玻璃新式配置中，三玻两腔、镀膜及夹胶的占比超过 50%。TDLAS 技术是将调制后的激光束射入中空玻璃间隔层，通过光谱分析获得中空玻璃内的氧气含量，进而可以准确地计算出惰性气体含量。

此项无损检测方法由芬兰斯巴莱克有限公司研发，可以测量最复杂的中空结构，包括有镀膜和夹胶配置的三玻两腔中空玻璃，这些玻璃产品是节能窗的最重要组件之一。

关键词：无损检测，惰性气体浓度，TÜV Rheinland，不确定性，节能窗

介绍

当今市场对窗用玻璃产品的性能要求越来越高，对优质产品的需求量也在稳步增长。今天的玻璃制品可以从多种方面提升其性能。其中一个主要特点是在同时供热和制冷的建筑中的能源效率。通过各种方法，如镀膜、多层玻璃和在中间插入介质等，可以提高能效特性。介质可以为真空或惰性气体（中空玻璃），如正常空气或特定气体（通常是氩气或氪气）。

芬兰斯巴莱克有限公司研发、制造和营销创新型的 TDLAS（可调谐激光吸收光谱技术）气体分析仪，主要用于中空玻璃间隔层内惰性气体含量检测。经多家实验室[4] 试验，认为这是一种非破坏性、测量速度快且准确度高的分析仪器。此外，这些仪器与传统的气相色谱仪相比更加便捷。

技术

可调谐激光吸收光谱（TDLAS）技术是一种测量某种化合物（如氧和水）浓度的技术。通过对可调谐半导体激光器或垂直腔面发射激光器（VCSEL）等激光器的波长进行调谐，产生覆盖激光束传输路径中气体化合物特征吸收线波长范围的激光，光电探测器探测出吸收特征相应信号强度的衰减，进而用于计算气体含量。VCSEL 具有线宽窄（图 1）、调谐范围大、输出稳定等优点，是光学光谱的理想选择。

TDLAS 技术将调制后的激光束射入中空间隔层，通过对反射信号的检测和分析，确定间隔层内的氧气含量。氧气含量可以转换成惰性气体的百分比。最常用的气体是氩气和氪气。

上述技术能够穿透镀膜和夹胶进行测量。但是存在一个限制条件，就是被测玻璃两侧的表面不能滤掉 760nm 波长的光。

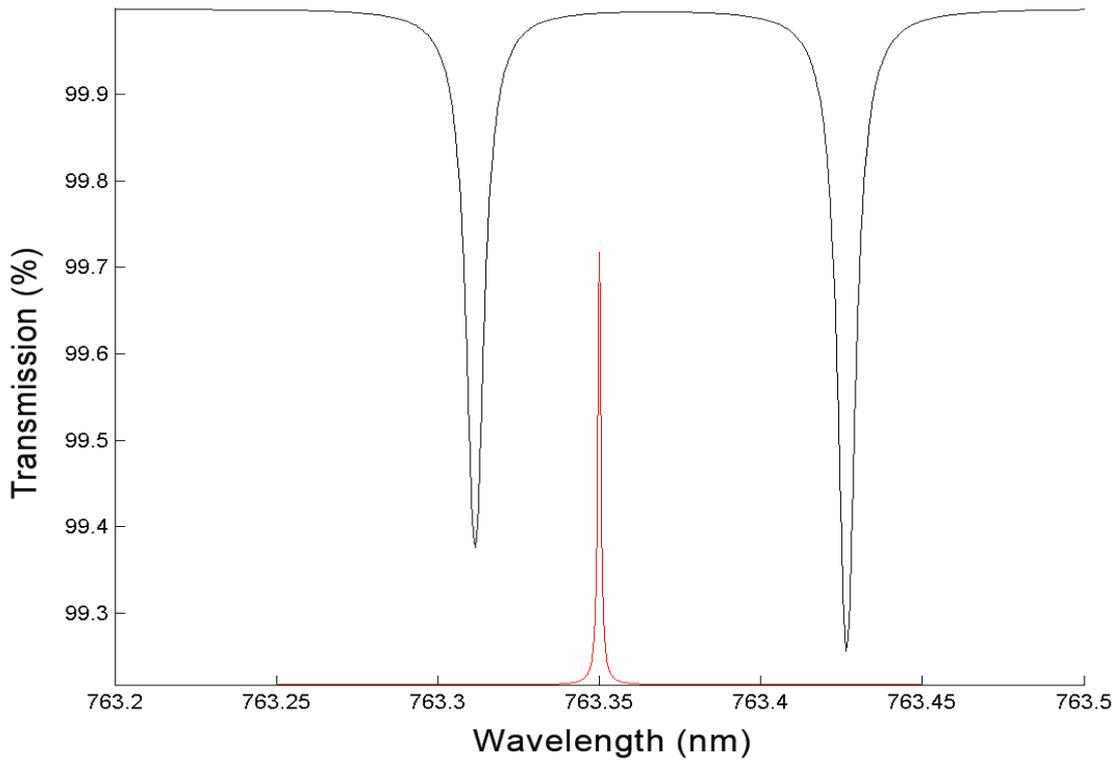


图 1. 氧吸收波峰和 VCSEL 窄输出光束 ($\sim 50 \times 10^{-16} \text{ m}$)

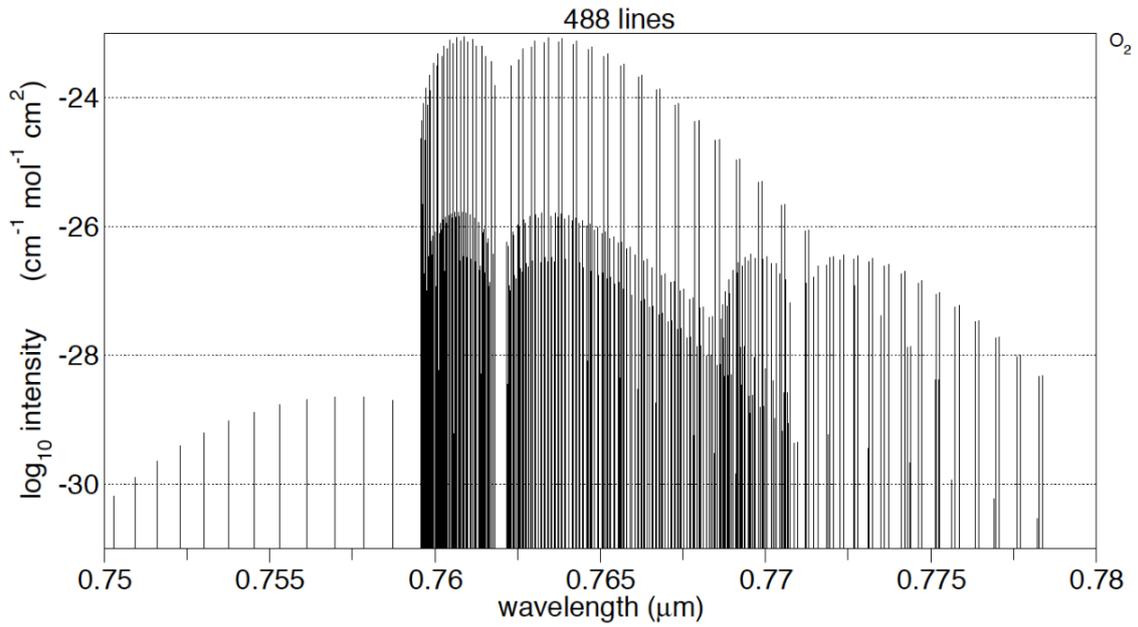


图 2. 近红外氧吸收线

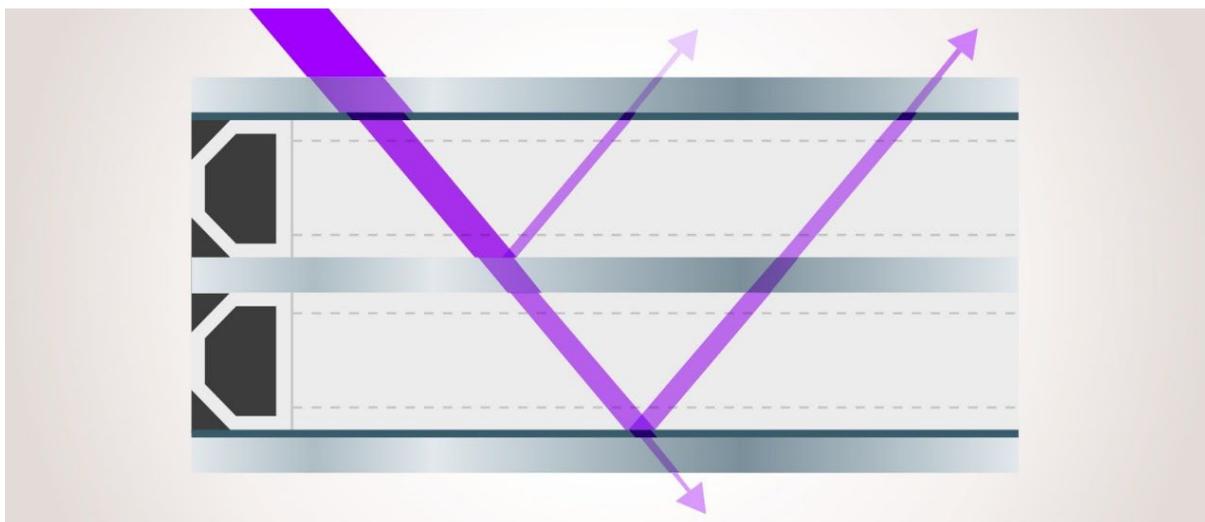


图 3. 激光束从激光二极管集中射入中空玻璃，经玻璃表面反射后被探测器探测。

方法对比

2016 年，TÜV Rheinland 进行了独立的方法测试研究。采用三玻两腔中空玻璃样品，用 Sparklike 手提版激光气体分析仪[™]测量 5 次，用气相色谱法测量 2 次，测量结果及其他特性见表 1，测量结果在测量方法要求的不确定度水平之内。该表显示，与气相色谱法 (GC) 相比，Sparklike 激光气体分析仪[™]测量速度更快且价格更经济实惠。此外，一般的破坏式测量方法操作复杂，人工成本较高，且通常需要进行较多维护和培训。

表 1. 方法比对

	Sparklike 手提版激光气体分析仪	Sparklike 激光集成	气相色谱仪
分析时间	20-30 s.	9-30 s.	15-120 min
测量重复度(置信区间 95%)	±2 %*	±2 %*	± 2.0 %
成本分析	无需附加	无需附加	约 100-200 欧元
无损	是	是	否
便携式	是	否	否

(*) 测量不确定度受玻璃透射光谱影响。在此试验中，中空玻璃样品的测量偏差小于 1%。

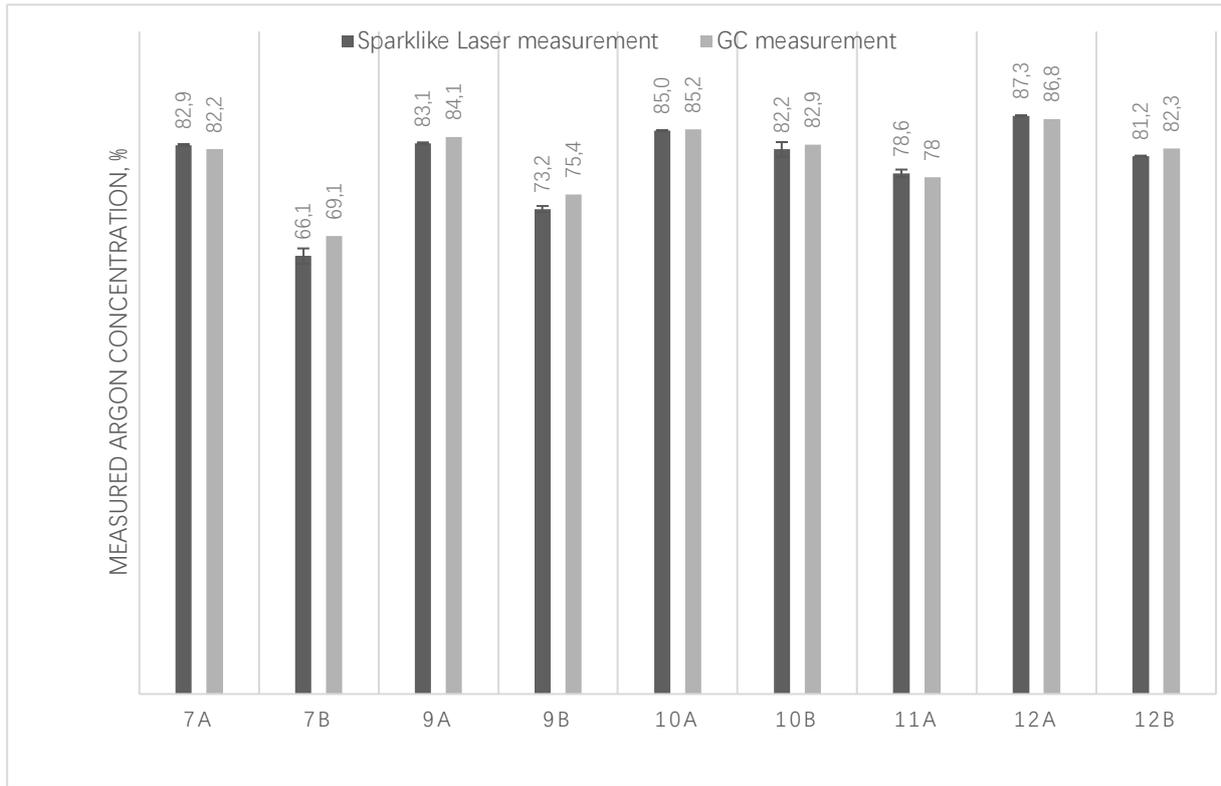


图 1. 不同方法测量三玻两腔中空玻璃平均氩气含量的结果比对[4]

既有设备

Sparklike 激光专利和专有技术在 2014 年的 Glasstec 玻璃技术展期间发布。如今，Sparklike 有三种不同的激光设备应用：Sparklike 手提版激光气体分析仪™、Sparklike 激光集成™(直接安装到中空生产线上进行自动化检测)和 Sparklike 激光部件™。

Sparklike 将在现有设备的基础上，根据市场需求和玻璃、镀膜及中空技术的发展开发新产品。



图 4. Sparklike 手提版激光气体分析仪™

结束语

由芬兰斯巴莱克有限公司研发的新型无损检测方法，可以测量甚至最复杂的中空玻璃结构。换句话说，这种最新的测量技术解决了传统操作复杂、破坏式取样测量所带来的问题，这些方法目前仍然被用于测试中空玻璃气体含量。由于新的 TDLAS 技术中测试光能够穿镀膜和夹胶进行非破坏式测量，所以可以测试较复杂的玻璃结构，如三玻两腔节能中空玻璃。这种技术为高性能中空玻璃产品的质量水平提供了检验保障。由于激光技术是无损测量氧含量，所以它可以测量任何其他种类气体的百分比。芬兰斯巴莱克有限公司是全球市场上首家也是独一无二的能够提供此项技术和检测设备的供应商。

参考

1. Weller, B.; Härth, K.; Tasche, S.; Unnewehr, S.: *DETAIL Practice Glass in Building. Principles, Applications, Examples.* Basel: Birkhäuser, 2009.
2. Andrés, O.A.: About the freedom of free forms. In: *IASS 2009. Shell and Spatial Structures*, Domingo, A., Lázaro, C. (eds.), Valencia: Editorial de la UPV, 2009, 236-237.
3. MacKnight, W.J; Earnest, T.R.: The structure and properties of ionomers. In: *Journal*
4. Schets, M.A.A.M; Brandhorts, R; van Houten, C.C.M, TÜV Rheinland Nederland B.V., Test report, 2016

作者简介:

Jarno Hartikainen 先生 1983 年出生于芬兰，目前就职 Sparklike Oy 芬兰斯巴莱克有限公司逾四年，拥有应用化学硕士学位。其工作背景主要在研究和咨询领域。Hartikainen 先生有着很强的国际技术营销和流程开发背景。他的主要职责包括 Sparklike 检测设备的性能分析，开发新的业务领域，技术升级机会评估以及开发内部质量流程和方法分析。电子邮箱：jarno.Hartikainen@sparklike.com