

doi: 10.3788/gzxb20154409.0922003

基于双向光干预技术的爽目电脑护眼仪

李守荣¹, 胡向明², 周秋¹

(1 华北电力大学 电气与电子工程学院 电子科学研究所, 北京 102206)

(2 天津明道慧石科技有限公司, 天津 300300)

摘要:针对长时间使用电脑造成的视疲劳问题, 研制出了爽目电脑护眼仪. 该护眼仪采用双向光干预技术, 其中, 纵向光采用 8 000 K 色温的仿自然光光源, 横向光通过特殊设计的护眼光谱卡后变为波段为 550~700 nm 的组合光谱. 对比爽目电脑护眼仪使用前后的效果, 使用后被试者的主观评价更好、满意程度更高, 客观试验结果表明, 闪光临界融合频率和眨眼次数在使用该护眼仪后得到了明显增加, 经统计学 t 检验处理, 差异具有显著性($P < 0.01$). 由此可知该爽目电脑护眼仪通过调整外部视觉光环境有效缓解了电脑视疲劳.

关键词:应用光学; 光学技术与仪器; 爽目电脑护眼仪; 双向光干预技术; 闪光临界融合频率; 眨眼次数; 电脑视疲劳

中图分类号: TN29

文献标识码: A

文章编号: 1004-4213(2015)09-0922003-5

Computer Eye SPA Based on Bidirectional Optical Interference Technology

LI Shou-rong¹, HU Xiang-ming², ZHOU Qiu¹

(1 Institute of Electronic Science, School of Electrical and Electronic Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

(2 Tianjin Mingdaohuishi Technology Co., Ltd, Tianjin 300300, China)

Abstract: To solve the problem of computer visual fatigue caused by the prolonged use of computers, a computer eye SPA was developed. The computer eye SPA applies the technology of bidirectional optical interference. The vertical light imitates natural light source of 8 000 K temperature, the transverse light absorbs the light of other bands via a eye protection spectrum card developed by a special designed micro-nano-sized material and only reflect a combination spectrum ranged in 550 ~ 700 nm. The research indicates that the subjective evaluation and the degree of satisfaction are better compared users with non-users. Objective experimental results show that the number of critical flicker fusion and blinking frequency have increased after using the computer eye SPA, the different is significant($P < 0.01$). It can be concluded that the computer eye SPA can adjust the external visual optical environment to relieve computer visual fatigue.

Key words: Computer eye SPA; Bidirectional optical interference technology; Critical flicker fusion; Blinking frequency; Computer visual fatigue

OCIS Codes: 220.2945; ;220.4830; 330.4460; 330.4595; 330.7327; 330.7328

0 引言

长时间使用电脑极易造成电脑视疲劳综合症(Computer Vision Syndrome, CVS)^[1-2], 现有的电脑护眼方式有多种, 其中比较常见的是采用眼药水、视保屏

护眼和 USB 电脑护眼灯. 眼药水、眼贴、口服药、按摩仪等主要用于视后疲劳缓解, 比较被动, 护眼效果不明显, 若使用不当可能引发眼疾. 视保屏和 USB 电脑护眼灯主要用于用户视中缓解视疲劳. 早期的视保屏技术主要是在玻璃上镀制减反膜和导电膜, 以解决显示

基金项目: 国家自然科学基金(Nos. 61372050, 61250008)资助

第一作者: 李守荣(1973-), 女, 讲师, 博士, 主要研究方向为光电子器件及应用. Email: lishourong@ncepu.edu.cn

收稿日期: 2015-01-30; 录用日期: 2015-05-08

<http://www.photon.ac.cn>

器玻璃屏面反射外来光(包括自然光与灯光)产生亮斑影响图像对比度的问题,较高级的视保屏还镀有紫外线隔断膜和光线分离作用膜,以提高图像对比度并消除紫外线与软 X 射线对电脑操作者的伤害.文献[3]利用计算机辅助设计并采用近年来发展起来的脉冲磁控溅射技术镀制大面积的优质减反膜,但是在实际的镀膜过程中对工艺的要求极高,在电脑显示器前额外附加的一层介质也会减少眼睛的辨识度,会带来更多的视疲劳问题.而 USB 电脑护眼灯大多使用 USB 口的蛇形 LED 灯或小座台灯,这类 USB 电脑护眼灯的主要缺陷是 LED 灯光照不均匀、亮度不够、照射方向不佳^[4-5].

本文研制了爽目电脑护眼仪,采用双向光干预技术,其中,纵向光采用 8 000 K 色温的仿自然光光源,横向光采用经特殊设计的微纳米材料制成的护眼色谱卡,吸收其他波段的光,同时只反射 550~700 nm 的组合光谱,在用户使用电脑过程中改善光污染,有效缓解了电脑视疲劳问题.

1 爽目电脑护眼仪装置

为了解决现有的电脑护眼仪护眼效果不佳,甚至伤眼的问题,采用一种在使用电脑时能够护眼及照明的装置——爽目电脑护眼仪装置.该装置包括光源部件和微光反射部件,两者通过铰链组件活动连接并且两者的夹角可保持在 0~90°范围内的任意一个角度.具体装置及原理图如图 1 所示.

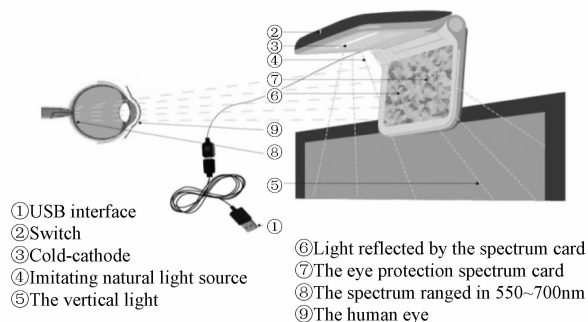


图 1 爽目电脑护眼仪装置及原理图

Fig. 1 Device and schematic diagram of computer eye SPA

如图 1 所示,首先,将① USB 插入笔记本电脑接口,当通电后,打开爽目电脑护眼仪的② 触控开关,内部工作电流经驱动器-放大器-稳压电路后输出能够使③ 冷阴极管发光的 600 V 电压,其中稳压环节是采用 100 kHz 的超高频稳压电路,保证了冷阴极管发光无闪烁.然后冷阴极管发出色温在④ 8 000 K 的仿“自然光”,其中一部分纵向仿“自然光”即⑤ 垂直光线,能够干预光环境,缓解视疲劳,另一部分横向仿“自然光”⑥ 照射到平行于人眼方向的⑦ 护眼色谱卡上.该护眼色谱卡是采用德国进口的设备加工而成的,所使用的材

料是经过特殊设计合成的微纳米级准确度材料.该护眼色谱卡对光的吸收率能够达到 90% 以上,吸收了不适宜人眼的光谱同时可以反射波长范围为⑧ 550~700 nm 的营养光谱及光谱组合,从而使⑨ 人眼的视锥细胞能够长期处在营养、清洁、健康的光环境中.

2 爽目电脑护眼仪的工作原理

爽目电脑护眼仪的核心原理是采用双向光干预技术,即利用横向光与纵向光同时作用使光谱与视锥细胞相协调.其工作原理图如图 1 所示.

光源部件提供的线性光源是冷阴极灯管,频率是 80 kHz,色温是 8 000 K,经研究该色温的光相当于上午 10 点左右太阳光的温和和强度,光线柔和,对眼睛起到保护作用,可以用来干预光环境,缓解视疲劳^[6].

微光反射部件包括护眼色谱卡和粘贴于该色谱卡上的漫反射膜.图 2 是护眼色谱卡的结构示意图,该护眼色谱卡由红、橙和黄三种颜色的多边形区域连续排列组成,该多边形区域的面积范围是 16~100 mm²,用于反射波长为 550~770 nm 的光谱组合,并且相邻的多边形区域的边数和面积大小不重复,避免了单一重复的分区容易造成视觉疲劳的问题^[7].漫反射膜粘贴于护眼色谱卡上,使反射的光线更加柔和,杜绝镜面眩光反射,反射面更广.采用这种双向光干预技术可以在用户使用电脑过程中改善光污染,使视锥细胞与光谱长期保持协调,从而有效的缓解了电脑视疲劳问题.

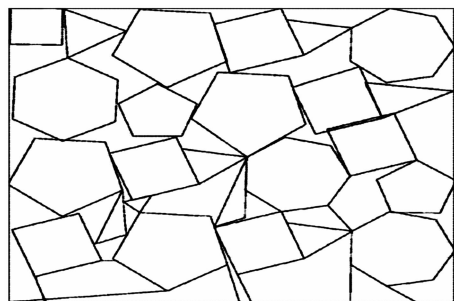


图 2 护眼色谱卡的结构示意图

Fig. 2 Structure diagram of eye protection spectrum card

3 被试者试验结果与分析

电脑视疲劳测定方法主要有主观评定法和客观评定法两种.目前前者仍处于以调查研究为主的阶段,主要通过问卷调查的形式进行,而主观表述往往因人而异,没有统一的量化标准,后者主要通过测量被试者的生理电信号、瞳孔收缩时间、瞳孔直径^[8-9]、闪光临界融合频率及眨眼次数等指标参量^[10-11].本文结合主观评定和客观评定两种疲劳评定方法,通过主观问卷调查和 CFF 值及眨眼次数确定被试者的视疲劳状态.

3.1 主观评定法

为确定使用爽目电脑护眼仪前后的护眼状态,本

试验设计了两份主观问卷调查,30位问卷测评者要求在状态良好的情况下完成该问卷调查。

关于光照环境,由语义差异量表给出,问卷设有5个基本问题:偏亮/偏暗,满意光色/不满意光色,便于阅读/不便于阅读,舒适/不舒适,以及被试者是否愿意每天在这样的环境下阅读(总体偏好)。被试者根据其主观感受评分,分数为-3~3。对于“偏亮/偏暗”项,0

分表示亮度正好合适,正分和负分都为反向形容,表示亮度不合适。而对于其他三项,正分表示正向形容,负分表示反向形容,分数越高表示评价越好。

图3显示了使用爽目电脑护眼仪前后被试者的四个主观感受项问卷调查的对比结果。图4则显示了使用爽目电脑护眼仪前后被试者的总体偏好对比结果。

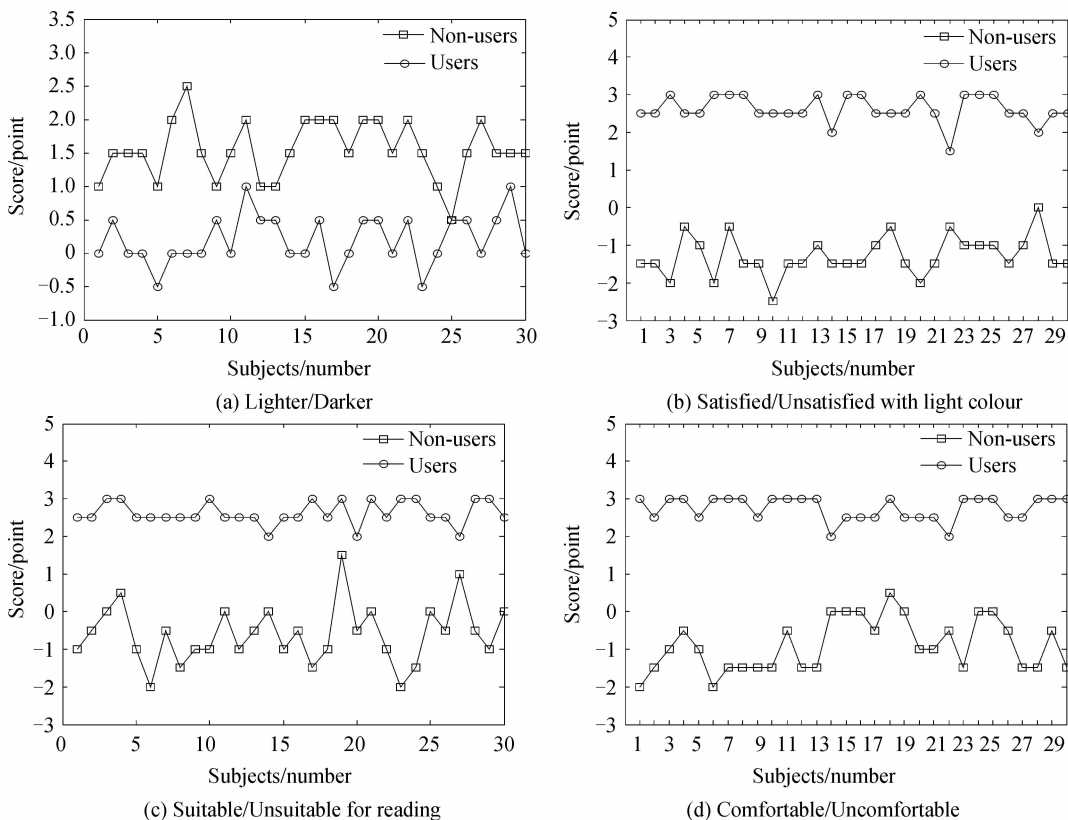


图3 使用爽目电脑护眼仪前后主观感受得分

Fig. 3 The score of subjective feelings of users and non-users

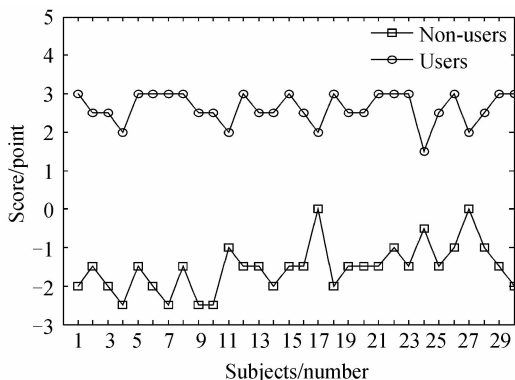


图4 使用爽目电脑护眼仪前后总体偏好得分

Fig. 4 The score of overall preference of users and non-users

由图3和图4可知,未使用爽目电脑护眼仪时,被试者对亮度的评价均为偏亮,对光色的评价均偏向于不满意,照明条件均偏向于不便于阅读,且不舒适,被试者也不愿意每天在这些环境下进行阅读。而使用爽目电脑护眼仪后,被试者普遍认为亮度正好合适,对光

色较为满意,且照明条件较未使用爽目电脑护眼仪时也有了明显改善,被试者认为照明条件便于阅读且舒适,对使用爽目电脑护眼仪后的总体偏好均偏向于满意。但由于本试验是从被试者的主观感受出发的,并不能从医学或者生理反应的角度进行测定,可能会具有一定的误差,因此还应结合客观评定法进一步对爽目电脑护眼仪的实际效果进行测定。

3.2 客观评定法

3.2.1 闪光临界融合频率

测定人的闪光临界融合频率是测量人体视疲劳的一种常用方法^[12]。本试验中,采用闪光临界融合频率计来测量闪光融合临界频率(Critical Flicker Fusion, CFF),确定辨别闪光能力的水平,即视觉时间的视敏度。而视敏度是眼睛的一种基本功能,可作为视觉疲劳和精神疲劳的一种指标。研究表明,不同状态的人,闪光临界融合频率的差异较大,闪光临界融合频率越高,表示大脑意识水准也越高,视疲劳程度也相应越低;而

当人体产生视疲劳时,闪光临界融合频率降低^[13]. 本试验中选取的 30 名被试者包括 15 位女性和 15 位男性,年龄范围在 23~30 岁之间,平均年龄为 27.6 岁. 在试验开始之前,对被试者进行常规眼科检查,包括医学验光、视力检查和眼底照相,以排除被试者的器质性病变和其他眼部疾病. 试验选在环境亮度适中的实验室中进行,因为环境亮度太强或太弱会影响采集数据的准确性. 第一天的测试时间为上午的 10 点~12 点,利用闪光临界融合频率计采集了 30 位被试者在未使用爽目电脑护眼仪的状态下的 CFF 值,为确保实验数据的准确性和可靠性,第二天在相同的实验室和时间条件下采集被试者在使用爽目电脑护眼仪状态下的 CFF 值. 从采集到的数据可以看出 30 位被试者在是否使用爽目电脑护眼仪的两种状态下 CFF 值产生了变化,为了便于观察变化情况,用 Matlab 软件对数据进行处理后绘图结果如图 5 所示.

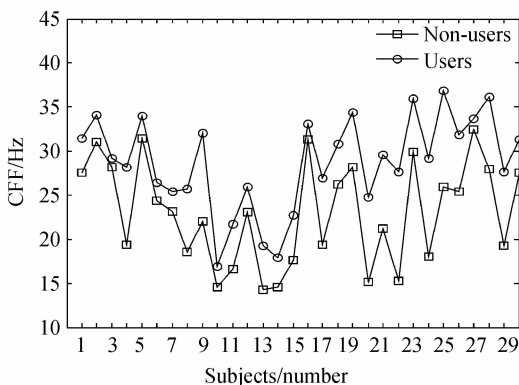


图 5 被试者的 CFF 变化值
Fig. 5 CFF value of subjects

由图 5 可知,虽然不同被试者的 CFF 值存在差异,但同一被试者使用爽目电脑护眼仪后的 CFF 值较未使用时得到了明显的增加,经统计学 t 检验处理,差异具有显著性($P < 0.01$),说明被试者在使用爽目电脑护眼仪后的视疲劳程度较低,由此表明该爽目电脑护眼仪提供了一种更为营养、清洁、健康的光环境.

3.2.2 眨眼次数

研究证明^[14],眨眼对眼睛具有重要的作用,它是眼睛的一项基本功能. 早期的研究中, Lee(2009 年)、Sakamoto(2009 年)^[14]、Kim(2011 年)^[15] 等人都通过眨眼次数来评定视觉疲劳程度,并认为眨眼次数可作为一个判断视疲劳程度的有效指标,随着视疲劳程度的增加,眨眼持续的时间变长,眨眼次数也相应减少^[16].

本试验中,同样选取了无眼部疾病的 30 位被试者,在这种条件下,对被试者在使用爽目电脑护眼仪前后的眨眼次数进行了采集. 试验选在环境亮度适中的实验室中进行,因为环境亮度太强或太弱会影响采集数据的准确性. 在相同的实验室和时间条件下采集被试者在未使用和使用爽目电脑护眼仪状态下的眨眼次

数,对数据进行汇总后结果如图 6 所示.

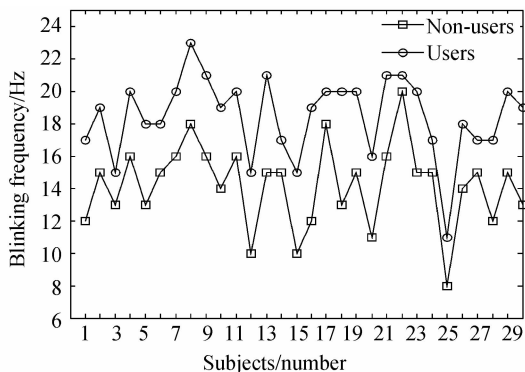


图 6 被试者的眨眼次数变化值
Fig. 6 Blinking frequency of subjects

通过图 6 中的实验数据可以明显的看出,在保持相同实验条件的情况下,虽然不同被试者的眨眼次数存在差异,但同一被试者使用爽目电脑护眼仪时的眨眼次数较未使用时得到了明显的增加,经统计学 t 检验处理,差异具有显著性($P < 0.01$). 由于眨眼次数的增加,能让眼睛干涩状况得到缓解,所以使用该爽目电脑护眼仪能有效缓解电脑视疲劳的问题.

4 结论

研制出一种通过调整外部视觉光环境来缓解电脑视疲劳的仪器设备——爽目电脑护眼仪,该爽目电脑护眼仪采用双向光干预技术,通过纵向的光与横向的光干预来调整环境光. 该爽目电脑护眼仪具有如下优点:1)光照更均匀;2)节能,该爽目电脑护眼仪的功率设计为 0.5~5 W,主要在 1 W 左右,对比常用的 40 W 的环境灯,节能率达 97.5% 以上;3)增加了实现视觉调节的护眼色谱卡,增强了视觉功能;4)通过使用爽目电脑护眼仪与未使用时的比较,被试者的主观评价更好、满意程度更高,同时客观的试验结果表明,闪光临界融合频率和眨眼次数在使用爽目电脑护眼仪后得到了明显的增加,且差异具有显著性($P < 0.01$). 综上所述表明该爽目电脑护眼仪具有有效缓解电脑视疲劳的作用.

参考文献

- [1] BLEHM C, VISHNU S, KHATTAK A, et al. Computer vision syndrome: a review[J]. *Survey of Ophthalmology*, 2005, **50**(3): 253-262.
- [2] YAN Zheng, HU Liang, CHEN Hao, et al. Computer vision syndrome: a widely spreading but largely unknown epidemic among computer users[J]. *Comput Human Behavior*, 2008, **24**(5): 2026-2042.
- [3] WU Le-lin, CHEN Guo-ping. Designs of antireflection films system for visual display terminal filter[J]. *Journal of Electron Devices*, 1999, **22**(2): 99-103.
吴乐林, 陈国平. 视保屏减反射膜系的设计[J]. *电子器件*, 1999, **22**(2): 99-103.
- [4] LAN Ming-qiang, WANG Min, CHEN Xue-mei. High evenness and low glare LED lamp light distribution design and

- simulation analysis[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2013, **42**(3): 288-292.
- 兰明强,王敏,陈雪梅. 高均匀低眩光 LED 台灯配光设计及仿真分析[J]. *光子学报*, 2013, **42**(3): 288-292.
- [5] LUO Xiao-xia, Liu Hua, LU Zhen-wu. Automated optimization of free-form surface lens for LED collimation[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2011, **40**(9): 1351-1355.
- 罗晓霞,刘华,卢振武. 实现 LED 准直照明优化设计[J]. *光子学报*, 2011, **40**(9): 1351-1355.
- [6] XU Dai-sheng, CHEN Xiao, ZHU Xiang, *et al.* A dimming lighting source based on cold and warm white LEDs[J]. *Acta Optica Sinica*, 2014, **34**(1): 226-232.
- 徐代升,陈晓,朱翔,等. 基于冷暖白光 LED 的可调色温可调光照明光源[J]. *光学学报*, 2014, **34**(1): 226-232.
- [7] 天津明道慧石科技有限公司. 一种使用电脑时护眼及照明装置:中国,201420122221[P]. 2014-03-18.
- [8] LI Xiao-fang, WANG Qiong-hua, LI Da-hai, *et al.* Research on relation between the range of binocular parallax and visual fatigue in 3D display based on lenticulation lens[J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 2012, **23**(5): 873-877.
- 李小方,王琼华,李大海,等. 柱透镜光栅 3D 显示器的视差范围与立体观看视疲劳的关系[J]. *光电子·激光*, 2012, **23**(5): 873-877.
- [9] WANG Qiong-hua, PAN Dong-dong, LI Xiao-fang, *et al.* Research on relation between viewer's pupil diameter and visual fatigue in autostereoscopic display[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2011, **40**(3): 350-353.
- 王琼华,潘冬冬,李小方,等. 自由立体显示器观看者瞳孔直径与视疲劳关系[J]. *光子学报*, 2011, **40**(3): 350-353.
- [10] HOFFMAN D M, GIRSHICK A R, AKELEY K, *et al.* Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue[J]. *Journal of Vision*, 2008, **8**(3): 1-30.
- [11] EMOTO M, NOJIRI Y, OKANOA F. Changes in fusional vergence limit and its hysteresis after viewing stereoscopic TV [J]. *Displays*, 2004, **25**(2-3): 67-76.
- [12] WANG Ye-tai. Evaluation of VDT visual fatigue based on real-time signal processing of finger photoplethysmography pulse wave [D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2010.
- 王业泰. 基于实时脉搏信号处理的 VDT 视疲劳状态识别研究[D]. 兰州:兰州理工大学,2010.
- [13] EMOTO M, SUGAWARA M. Critical fusion frequency for bright and wide field-of-view image display [J]. *Display Technology*, 2012, **8**(7): 424-429.
- [14] SAKAMOTO K, AOYAMA S, ASAHARA S, *et al.* Measurement of visual fatigue for large-sized tvs in a home viewing environment [C]. IEEE 13th International Symposium on Consumer Electronics, Kyoto, 2009: 738-742.
- [15] KIM D, CHOI S, PARK S, *et al.* Stereoscopic visual fatigue measurement based on fusional response curve and eye blinks [C]. 17th International Conference on Digital Signal Processing, Corfu, 2011: 1-6.
- [16] ABO Z M, AHMED S M, ABBAS S N. A novel biometric approach for human identification and verification using eye blinking signal[J]. *Signal Processing Letters*, 2014, **22**(7): 876-880.