SCIENTIA SINICA Physica, Mechanica & Astronomica

physcn.scichina.com



论 文

国内太阳物理未来观测设备建议专题



太阳大气等离子体动力学射电成像探测系统

颜毅华*, 陈林杰, 谭宝林, 王威, 刘飞

中国科学院太阳活动重点实验室(国家天文台), 北京 100101

*联系人, E-mail: yyh@nao.cas.cn

收稿日期: 2018-10-11; 接受日期: 2018-11-13; 网络出版日期: 2019-04-03

国家自然科学基金(编号: 11433006, 11790301, 11790305, 11661161015, 11573043, 11773043)资助

摘要 揭示太阳爆发活动的起源、研究太阳活动规律、预测预报太阳爆发事件的发生既是一个重要的天文学问题,也是保障近地空间环境安全和众多现代高技术系统安全运行的重要依据.要达到这一目标,要求望远镜具备探测太阳元爆发、并能覆盖太阳爆发能量释放区域和传播演变区域的能力.上述科学需求和太阳望远镜技术的发展趋势表明,未来伴随地基大口径光学望远镜的发展,将主要向太阳空间望远镜发展,地基则应该是发展大型射电望远镜设施.本文指出在我国现有的新一代厘米-分米波射电日像仪MUSER和即将建设的子午II期米波-10 m波射电日像仪的技术基础上,未来可建设一个地基望远镜探测阵列,其最大基线长度为30 km左右,最高空间分辨率达到0.2″,具备对太阳大气等离子体中各种爆发现象的元爆发过程进行详细观测的能力.本文对相应的阵列方案、技术参数进行了初步的研究和设计.

关键词 太阳活动,等离子体,射电望远镜,综合孔径成像

PACS: 96.50.Ci, 96.60.ph, 96.60.ge, 07.57.Kp, 07.57.Pt

1 背景及科学需求

太阳是离人类最近的一颗恒星,也是对人类家园产生最重要影响的一颗恒星. 太阳的光辉为人类带来温暖和光明,但是太阳的剧烈爆发活动也给人类社会尤其是拥有各种高技术系统的现代社会带来各种危害,例如干扰卫星通讯与导航、破坏各种太空飞行器的电子元器件、伤害航天员及洲际跨极区航行旅客的身体健康、在地面电网中产生涌流而烧毁变压器并导致大面积停电、在输油管线中激发电火花而引起爆炸,等等[1,2]. 因此, 研究太阳, 尤其是探测研究各种太

阳活动的触发机制、能量释放过程和发生演化规律,不但是一个天文学的重要课题,同时也是关系到现代社会稳步发展和国家安全的重大应用课题,日益受到社会各界的高度关注^[3,4],这也是我国《中长期科学和技术发展规划纲要》在学科发展和科学前沿问题中部署的主要研究领域之一.

太阳爆发活动主要表现为太阳耀斑(Solar Flare)、日冕物质抛射(Coronal Mass Ejection, CME)和爆发日珥(Eruptive Filament)等现象. 爆发时主要发生能量的剧烈释放、同时产生电磁波各波段辐射的迅速增强,加速并发射大量非热高能粒子、向行星际空间

引用格式: 颜毅华, 陈林杰, 谭宝林, 等. 太阳大气等离子体动力学射电成像探测系统. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2019, 49: 059608 Yan Y H, Chen L J, Tan B L, et al. Radioheliograph array for the solar atmospheric dynamics (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2019, 49: 059608, doi: 10.1360/SSPMA2018-00345

© 2019 《中国科学》杂志社 www.scichina.com

抛射出大量等离子体闭等, 大量观测和研究表明, 各种 太阳爆发活动几乎都发生在太阳大气中、尤其是从太 阳色球顶部到低日冕(距离太阳表面大约5倍太阳半 径)范围以内大气磁场、等离子体和非热高能粒子流 三者相互耦合、相互作用和运动的结果[5-7] 在上述耦 合过程中, 射电波段的辐射信号可以为我们理解太阳 爆发的细节提供大量丰富的信息, 其中包括射电活动 的三维成像与时间演化、太阳色球-日冕磁场诊断和 高能粒子加速过程和传播特征、确认太阳爆发活动的 初始源区(磁场重联)的分布和演化规律等关键问 题[8,9]. 因此, 对太阳的多波段观测, 尤其是在射电波段 的高分辨率观测和研究对理解太阳大气等离子体动力 学过程、理解各种太阳爆发活动的物理本质、掌握有 关发生规律和理解主序恒星的演化特征、预测预报灾 害性太阳活动并守护人类家园——地球等都是极重要 的手段.

2016年我国自主研制的国际上第一个同时具有较高时间分辨率、空间分辨率和频率分辨率的太阳射电宽带动态频谱日像仪MUSER建成并通过验收,其观测频段为0.4-15 GHz,基本上覆盖了从太阳色球顶部到以上0.5倍太阳半径的日冕范围,涵盖了爆发的初始能量释放源区,为我们探测研究太阳爆发的初发机制、初始能量释放机制和粒子加速机制等打开了新的窗口[10-12]

根据近年来的研究发现,太阳爆发实际上存在时间尺度和空间尺度更小的元爆发过程^[13,14].例如,在射电15 GHz附近这类元爆发过程的空间尺度小于1",时间尺度也在5 ms以下,频率带宽为中心频率的1%.这种元爆发是太阳爆发活动过程中最基本的能量释放单位,通过对它们的观测研究,可以对一些基本太阳物理过程和空间天气事件的发生得到全新的理解,这些问题包括:

- (1) 探测太阳活动过程中的能量释放的元爆发, 解释元爆发对应的基本物理过程;
- (2) 太阳爆发前活动区的射电辐射特征, 这要求对活动区射电信号的成像探测像元的灵敏度达到1 sfu 以内:
- (3) 太阳活动各阶段等离子体中的能量积累、释放和传播过程;
- (4) 太阳活动各阶段等离子体中各种宏观和微观 结构以及它们之间的非线性耦合过程、等离子体湍流

动力学;

- (5) 太阳等离子体中非热高能粒子的加速和传播过程;
 - (6) 等离子体中各种辐射过程和传播特征;
- (7) 太阳爆发过程中大气磁场位型及时空演变规律。

要达到上述科学目标,要求太阳射电望远镜具备下列能力: (1) 最高空间分辨率为0.2"; (2) 时间分辨率达到ms量级; (3) 像元灵敏度达到1 sfu以内; (4) 频率分辨率<1%; (5) 探测范围覆盖太阳爆发的源区及能量传播区域,即从太阳色球-过渡区-日冕及周围大气等离子体中的动力学过程,相应的频率范围包括从厘米波段一直延伸到十米波段,探测的空间范围能达到大约5倍太阳半径附近区域; (6) 长期安全可靠稳定运行.

本文根据上述科学需求,将提出一个对现有MU-SER进行分阶段升级扩展的构想.第2节介绍目前国际现状和发展趋势,第3节提出我们初步的阵列方案设计,第4节中给出阵列相应的技术参数,最后第5节则是本文的结论和对可能将面对的关键技术需求的讨论.

2 现状及发展趋势

近年来,地面太阳光学望远镜几乎已经达到探测的极限. 随着未来地面4 m级美国DKIST和我国规划的8 m级CGST等望远镜的研制完成^[15],太阳光学、红外和紫外、X射线等波段的观测都必然朝着空间卫星方向发展,而它们的探测范围依然主要局限在光球、色球等太阳光学表面附近的层次,并主要局限在光球、色球等太阳光学表面附近的层次,并主要局限在太阳大气中的热过程,对于日冕大气以及太阳爆发过程中的各种非热过程,如粒子加速过程、非热高能粒子的传输、等离子体不稳定性过程的演化等都受到很强的局限,而射电望远镜正好对这些过程都具有非常灵敏的探测能力. 尤其是在射电波段基本不受地面气候的影响,因此,高性能的射电望远镜探测是研究太阳爆发活动的重要途径.

近年来,国际上先后出现了一批具有太阳射电成像能力的望远镜阵列,见表1.从表中可以看出,现有的太阳射电专用成像望远镜在频率覆盖方面还存在许多空白区域,空间分辨率也有限.在非太阳专用射电成像望远镜方面,人们已经开始在米波和10 m波段开始

表 1 国际现有太阳射电成像设备的主要参数

Table 1 List of the existing solar or non-solar dedicated radio-imaging facilities in the world

射电日像仪名称	观测频率	时间分辨率	频率分辨率	空间分辨率	建成时间
Nancay射电日像仪 (NRH, 法国) ^[16]	150–450 MHz	1 s	10个点频	0.3'-4'	1987, 近期升级
伊尔库茨克射电日像仪 (SSRT, 俄罗斯) ^[17]	4.0-8.2 GHz	35 ms	32个点频	22"-50"	预计2019年完成
野边山射电日像仪 (NoRH, 日本) ^[18]	17 GHz 34 GHz	0.1 s 0.1 s	2个点频	10" 5"	1984
明安图射电频谱日像仪 (MUSER, 中国) ^[19,20]	0.4–2 GHz 2–15 GHz	25 ms 206 ms	25 MHz 25 MHz	1.7"-63"	2016
央斯基甚大阵 (JVLA, 美国) ^[21]	74 MHz -50 GHz	可调	可调	0.004"-0.2"	1987, 非太阳专用
欧洲低频射电阵 (LOFAR, 欧盟) ^[22]	10–240 MHz	可调	可调	0.21"-4.95"	2012, 非太阳专用
墨其森宽场阵列 (MWA,澳大利亚) ^[23,24]	80–300 MHz	0.5–8 s	0.04 MHz	1.8"-5"	2012, 非太阳专用
平方公里阵SKA ^[23,25]	50 MHz-14 GHz	可调	可调	<0.01"	计划中, 非太阳专用
阿塔卡玛大型毫米波- 亚毫米波阵列 (ALMA, 智利) ^[26]	31–1000 GHz	可调	可调	0.005"-0.15"	2011, 非太阳专用
欧文斯谷太阳望远镜阵列 (E-OVSA, 美国) ^[27]	1–18 GHz	1 s	200 MHz	>1'	2016

了探索,例如LOFAR和MWA在低频射电阵列方面积累了许多非常宝贵的经验^[22,23]. 目前太阳专用的射电成像望远镜的发展趋势是: (1) 宽带频谱成像已经成为一种重要的发展方向,例如法国NRH和俄罗斯SSRT都在对设备进行升级改造^[16,17],提高成像的频率通道数; (2) 空间分辨率已经达到角秒量级,如NoRH^[18]; (3) 频率分辨率也接近中心频率的1%,其代表便是MUSER^[19]. 但是,上述设备还无法达到第1节中阐述的科学目标所需求的探测能力,具体表现在: 空间分辨率不足,频率覆盖还不足以包括全部目标区域,时间分辨率和频谱分辨率还不能满足需求.

近年来,人们先后建成了一批先进的高空间分辨率的非太阳专用的射电成像设备,如VLA^[21],LO-FAR^[22],MWA^[23],ALMA^[26]等,它们也能有少量时间可以用于观测太阳. 但它们的缺陷是频率覆盖有限,观测太阳的时间也非常有限,无法满足长期连续观测太阳的需要. 即使是未来的国际大科学工程SKA^[25],其频率覆盖了太阳爆发源区和初始传播区域,也无法用来长期连续观测太阳.

2009-2016年期间, 我国在国际上首先研制建成了

第一个宽带射电频谱日像仪——明安图射电频谱日像仪MUSER^[10-12,19,20],用100组天线单元组成干涉阵列,最大基线长度为3 km,观测频率为0.4-15 GHz,在子午II期工程中将把观测频率进一步延伸到30 MHz的10 m波段. MUSER能在从厘米波到10 m波段对太阳爆发源区及其初始能量释放和传播区域以及CME的初发和加速区域同时开展具有较高时间分辨率、空间分辨率和频谱分辨率的快速成像观测. MUSER的空间分辨率在15 GHz附近接近2",而在400 MHz附近则大约为1′,能同时在584个频点上进行快速成像观测,综合性能参数在国际同类设备中居于领先地位,显示了强大的太阳观测能力.

很显然,即使是现有国际上最先进的MUSER也是 无法探测到与元爆发过程对应的源区特征的.如果我 们能够将太阳射电成像的空间分辨率在厘米波频段进 一步提高到亚角秒量级、在10 m波段达到角分量级, 同时提高探测的灵敏度,这将完全有可能对太阳爆发 的元过程进行详细研究,为我们揭示太阳爆发的触发 机制、能量释放机制、粒子加速机制,并建立可靠的 太阳活动预报模型等重大前沿问题提供详实可靠的观 测依据.

3 探测系统构想

虽然现有的明安图射电频谱日像仪MUSER已具备强大的太阳频谱成像观测能力,但是为了实现以上所述的科学目标,未来的太阳射电成像设备仍需要进一步提高灵敏度、频谱分辨率和空间分辨率.

对于射电望远镜阵列,其灵敏度可以简化为下式^[28]:

$$\Delta S = \frac{2k_{\rm B}(T_{\rm T} + T_{\rm sys})}{A_{\rm e}\eta_{\rm s}\sqrt{2\Delta\nu}\,\tau_{\rm acc}},\tag{1}$$

式中, $T_{\rm T}$ 为天线的温度, $T_{\rm sys}$ 为系统的等效温度, $A_{\rm e}$ 为天线的有效面积, Δv 是预检测的带宽, $\tau_{\rm acc}$ 代表积分时间和观测次数. 由以上公式可知,为了提高望远镜的灵敏度,在系统温度一定的情况下,只能通过增加望远镜的有效面积、带宽或是积分时间. 日像仪MUSER的科学目标是为了观测太阳爆发,它的灵敏度实际上也能够满足观测宁静太阳的需求,但是由于日像仪的相关带宽比较宽,达到25 MHz,并不能够很好地实现宁静太阳的观测. 为了实现对宁静太阳的观测,我们需要将阵列的相关带宽降低到1 MHz左右. 同时,为了获得更高的时间分辨率以观测太阳上的元爆发,相关的积分时间希望能够降低到1 ms. 在此基础上,如果我们想要获得与目前MUSER相同的灵敏度,由式(1)可知,要天线阵列的有效面积需要扩大8倍左右,也就是说天线数目要增加8倍左右.

射电望远镜的分辨率可以由下式决定:

$$\theta = 1.22 \cdot \frac{\lambda}{D},\tag{2}$$

式中, λ 为波长, D为望远镜口径或是阵列的基线长度. 由此可知, 对于特定频率的射电信号, 望远镜的分辨率 完全取决于天线的口径, 为了提高望远镜的分辨率, 只 能通过增大望远镜的口径或阵列的基线来实现. 为了 在15 GHz获得0.2"的分辨率, 也即是日面100 km量级, 日像仪阵列的基线长度需要增加到30 km左右. 在此 情况下, 400 MHz左右的分辨率能达到角秒量级, 30 MHz的空间分辨率也能达到角分量级(这里的源区 位置已经远离太阳表面数个太阳半径).

基于以上的分析,在MUSER的研究基础上,我们

提出了一个大型太阳射电成像阵列, 可以称为增强型 的MUSER, Expanded-MUSER (E-MUSER). 初步的设 想是将这一阵列的基线长度从现有MUSER的3 km扩 展到6 km(图1), 作为未来太阳及大气等离子体动力学 射电成像阵列的中心区,在此范围内建设约500面甚至 更多数量天线, 天线的分布需进行优化, 满足阵列的基 线成高斯分布,从而获得更优的阵列合成波束.中心区 以外的天线约400个甚至更多数量、位于3-5个从中心 区延伸出来的悬臂上、天线的位置同样满足基线的高 斯分布要求, 最长基线为30 km, 天线的数目可达到 1200个左右. 其中, 低频30-400 MHz的对数周期天线 约200个, 中频400-2000 MHz的4.5 m抛物面天线约 320个, 中高频2.0-15 GHz的2 m抛物面约480个, 高频 15-30 GHz的1 m抛物面天线200个. 其中, 400 MHz-15 GHz阵列的天线数目按以上的分析扩展到了目前 MUSER的8倍.

阵列的接收机系统中模拟部分采用宽中频的设计 以减少调频的次数,降低模拟接收机的设计难度;低频 阵采用1 GHz的中频带宽,中频阵和高频阵均采用 2 GHz的中频带宽,未来随着电子技术的发展,中频带 宽指标可以进一步提高,这样对于低频阵和中频阵,只 需要对信号进行简单的放大和滤波,就可以直接进行 数字化采样,大大简化了模拟接收机部分的设计.数 字接收机系统采用模块化的设计,通过增加相应的扩 展模块可以灵活地提高阵列的通道接收和处理能力.

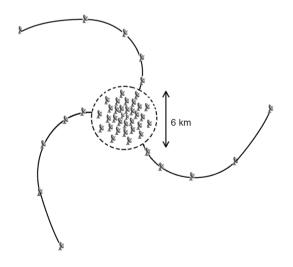


图 1 太阳及大气等离子体动力学射电成像阵列分布 Figure 1 Designing diagram of the radioheliograph array for the solar atmospheric dynamics.

另外,由于采用宽带数字化的技术,频谱通道的带宽、 频率、积分时间等可以更加灵活地进行选择,大大提 高了系统的灵活性.

4 技术指标

为了实现有关科学目标对观测的需求,在提高现有设备的灵敏度和分辨率一个量级以上的基础上,并结合以上分析,我们初步确定E-MUSER阵列的主要技术指标如下:

频率: 30 MHz-15 GHz(分为30-400 MHz, 0.4-2 GHz, 2-15 GHz, 15-30 GHz 4个阵列);

天线数目: 约1200个; 最大基线长度: 30 km;

频率分辨率: 中心频率的1%;

时间分辨率: 1-50 ms;

空间分辨率: 1.4'@30 MHz; 0.1'@400 MHz; 0.17''@15 GHz;

偏振测量: 双圆偏振(中高频阵)或双线偏振(低频阵);

灵敏度: ~2 Jy/beam (1 MHz带宽, 1 ms积分时间).

5 可行性分析

太阳大气等离子体动力学射电成像探测系统主要是针对太阳大气动力学研究的需求而提出的未来地基太阳射电望远镜设备. 在现有日像仪的研制过程中, 我们创新性地克服了多项技术难题, 包括高性能超宽带

双圆极化馈源^[29]、宽带信号信道化高效算法、高速延迟补偿与条纹旋转技术、多通道信号采集同步和相位稳定技术等,实现了项目提出的各项技术指标.在日像仪阵列的校准方面也考虑了各种成熟的解决方案^[30].对于文中提出的新的探测系统,其主要技术已经在现有日像仪的研制中得到了解决.当然,随着阵列规模的扩大,频率的扩展,必然会带来一些新的问题,例如大规模数据的处理、低频宽视场成像等,但随着SKA科学需求与技术的发展,国际上在这些方面已经开展技术攻关,国内也积极参与各项SKA关键技术发展.同时,我们也积极参与国际上的其他一些大项目,例如MWA和LOFAR等,在一定程度上也为这一探测系统的建设提供了重要参考.因此,在未来建设这样一个大规模的太阳射电成像阵列具有很大的可行性.

6 结论和展望

本文简述了国际太阳物理发展的科学需求和望远镜技术的发展趋势,未来伴随地基大口径光学望远镜的发展,将主要向太阳空间望远镜发展,地基则应该是大型射电望远镜设施. 作为示例,以提高现有设备的灵敏度和分辨率一个量级以上为目标,分析了如何实现一个太阳及大气等离子体射电成像阵列. 如果实施,我国将在太阳射电天文学、太阳活动和空间天气学等研究领域中处于领导地位,成为国际上最重要的太阳射电天文学和空间天气学的研究中心,必将在科学发现和保障国家空间安全等方面发挥重要作用.

参考文献.

- 1 Schwenn R. Space weather: The solar perspective. Living Rev Sol Phys, 2006, 3: 2
- 2 Pulkkinen T. Space weather: Terrestrial perspective. Living Rev Sol Phys, 2007, 4: 1
- 3 Wang J X, Ding M D, Ji H S, et al. A few perspectives of solar physics research in China—Current status and future. Asian J Phys, 2016, 25: 461
- 4 Fang C. Recent progress of solar physics research in China. Res Astron Astrophys, 2011, 11: 1377-1402
- 5 Lippiello E, de Arcangelis L, Godano C. Different triggering mechanisms for solar flares and coronal mass ejections. Astron Astrophys, 2008, 488: L29–L32
- 6 Chen P F. Coronal mass ejections: Models and their observational basis. Living Rev Sol Phys, 2011, 8: 1
- 7 Lin J, Murphy N A, Shen C, et al. Review on current sheets in CME development: Theories and observations. Space Sci Rev, 2015, 194: 237–302
- 8 Dulk G A. Radio emission from the Sun and stars. Annu Rev Astron Astrophys, 1985, 23: 169-224
- 9 Bastian T S, Benz A O, Gary D E. Radio emission from solar flares. Annu Rev Astron Astrophys, 1998, 36: 131-188

- 10 Yan Y H, Wang W, Liu F, et al. Radio imaging-spectroscopy observations of the Sun in decimetric and centimetric wavelengths. Proc IAU, 2012, 8: 489–494
- 11 Yan Y H, Chen Z J, Wang W, et al. On Mingantu Spectral Radioheliograph-MUSER: Introduction and observations. In: Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (RADIO). Cape Town, 2017
- 12 Yan Y H, Chen L J, Yu S J. First radio burst imaging observation from Mingantu Ultrawide Spectral Radioheliograph. Proc IAU, 2015, 11: 427–435
- 13 Tan B L. Small-scale microwave bursts in long-duration solar flares. Astrophys J, 2013, 773: 165, arXiv: 1307.3501
- 14 Tan B L, Cheng J, Tan C M, et al. Scaling-laws of radio spike bursts and their constraints on new solar radio telescopes (in Chinese). Acta Astronom Sin, 2018, 59: 37 [谭宝林, 程俊, 谭程明, 等. 尖峰爆发标度律及其对新一代太阳射电望远镜参数的约束. 天文学报, 2018, 59: 37]
- 15 Goode P R, Coulter R, Gorceix N, et al. The NST: First results and some lessons for ATST and EST. Astron Nachr, 2010, 331: 620-623
- 16 Pick M. The Nançay Multifrequency Radioheliograph. Highlight Astronom, 1986, 7: 765
- 17 Lesovoi S, Altyntsev A, Kochanov A, et al. Siberian Radioheliograph: First results. Sol-Terr Phys, 2017, 3: 3-18, arXiv: 1704.07100
- 18 Shibasaki K. Long-term global solar activity observed by the Nobeyama Radioheliograph. Publ Astron Soc Jpn, 2013, 65: S17
- 19 Yan Y H, Zhang J, Wang W, et al. The Chinese Spectral Radioheliograph—CSRH. Earth Moon Planet, 2009, 104: 97-100
- 20 Yan Y H, Zhang J, Huang G L. CSRH team, On the Chinese Spectral Radioheliograph (CSRH). In: Proceedings of the 2004 Asia-Pacific Radio Science Conference. 2004
- 21 Perley R A, Chandler C J, Butler B J, et al. The expanded Very Large Array: A new telescope for new science. Astrophys J, 2011, 739: L1, arXiv: 1106.0532
- 22 Cairns I H. Solar, interplanetary, planetary, and related extra-solar system science for LOFAR. Planet Space Sci, 2004, 52: 1423-1434
- 23 Tingay S J, Goeke R, Bowman J D, et al. The Murchison Widefield Array: The Square Kilometre Array precursor at low radio frequencies. Publ Astron Soc Aust, 2013, 30: e007, arXiv: 1206.6945
- 24 Oberoi D, Sharma R, Bhatnagar S, et al. Observing the Sun with the Murchison Widefield Array. In: 2014 XXXIth URSI General Assembly and Scientific Symposium (URSI GASS). Beijing, 2014
- de Lera Acedo E, Bolli P, Paonessa F, et al. SKA aperture array verification system: Electromagnetic modeling and beam pattern measurements using a micro UAV. Exp Astron, 2018, 45: 1–20, arXiv: 1703.00537
- 26 Shimojo M, Bastian T S, Hales A S, et al. Observing the Sun with the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA): High-resolution interferometric imaging. Sol Phys, 2017, 292: 87, arXiv: 1704.03236
- 27 Nita G M, Gary D E, Lee J. Statistical study of two years of solar flare radio spectra obtained with the Owens valley solar array. Astrophys J, 2004, 605: 528–545
- 28 Chen L J, Wang W, Yan Y H, et al. Sensitivity measurement of solar spectral radioheliograph (in Chinese). Astronom Res Tech, 2015, 12: 3 [陈林杰, 王威, 颜毅华, 等. 射电频谱日像仪灵敏度测量. 天文研究与技术, 2015, 12: 3]
- 29 Li S, Yan Y H, Wang W, et al. A new impedance matching method for an ultra-wide band and dual circularly polarised feed. Publ Astron Soc Aust, 2016, 33: e061
- 30 Wang W, Yan Y H, Liu D H, et al. Calibration and data processing for a Chinese Spectral Radioheliograph in the decimeterwave range. Publ Astron Soc Jpn, 2013, 65: S18

Radioheliograph array for the solar atmospheric dynamics

YAN YiHua*, CHEN LinJie, TAN BaoLin, WANG Wei & LIU Fei

Key Laboratory of Solar Activity, National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Studying the origin of solar activities, revealing the basic laws of solar activities and forecasting the violent solar eruptions are not only important problems in astronomy, but also the basis of protecting the near-Earth space environment and the many high-technology systems. In order to achieve this target, the radio telescope is required to have the capability to detect the solar element bursts and cover the huge source regions including magnetic energy release, propagations and evolutions. Based on these scientific objectives and the development of radio telescopes, in this paper, we proposed a new solar radio telescope array. It can be expanded step by step on the basis of the present MUSER and the forthcoming meter-decimeter wavelength radioheliograph of Meridian II project. The maximum baseline of the proposed array will be extended to 30 km, and the spatial resolution will be improved to 0.2". This array is able to detect the element burst procedure of different radio bursts in solar atmosphere plasma. The system schematic and the specifications of this array have been studies and designed preliminarily.

solar activity, plasma, radio telescope, synthesis imaging

PACS: 96.50.Ci, 96.60.ph, 96.60.qe, 07.57.Kp, 07.57.Pt

doi: 10.1360/SSPMA2018-00345