

Нарны титмийн плазм дахь электроны нягтыг радио гялбааны ажиглалтаар тодорхойлох

Д.Мөнхманлай*, Б.Түвшинжаргал, Б.Батбаяр, Ч.Мөнхжаргал

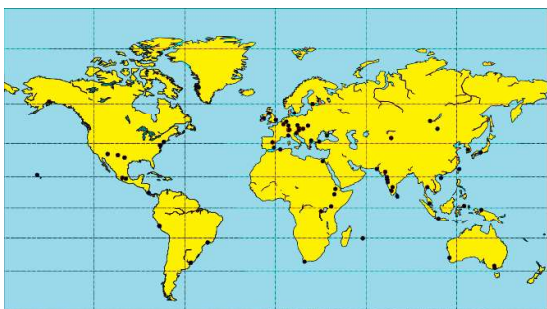
ШУА, Одон Орон, Геофизикийн Хүрээлэн

Швейцарийн Цюрих Технологийн Институтад зохион бүтээсэн CALLISTO (Compound Astronomical Low-cost, Low-frequency Instrument for Spectroscopy and Transportable Observatory) буюу хямд, нам радио давтамжийн мужид ажилладаг зөөврийн спектрометрийн багажаар цахилгаан соронзон цацаргалтын эрчим болон нарны радио гялбааг байнгын цэгт тасралтгүй бүртгэж байна.

PACS number: 95.30.Gv

I. ОРШИЛ

Нарны радио цацрагийн спектрийг 45МГц - 850МГц мужид бүртгэх “CALLISTO” олон улсын судалгааны сүлжээнд Одон Орон Геофизикийн Хүрээлэн (ООГХ) 2008 оноос оролцож Нарны тэсрэлтээс үүссэн радио гялбааг (radio burst) тогтмол бүртгэж байна (Зураг 1).

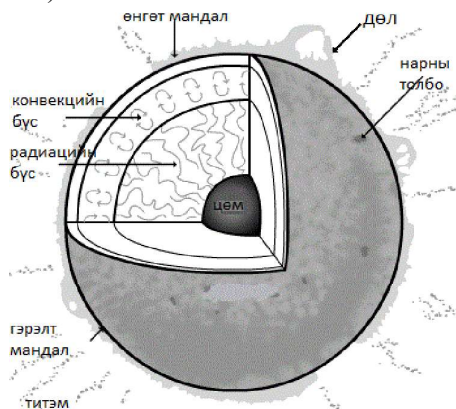


Зураг 1. CALLISTO багажыг суурилуулсан газрууд[4].

II. ҮНДСЭН ХЭСЭГ

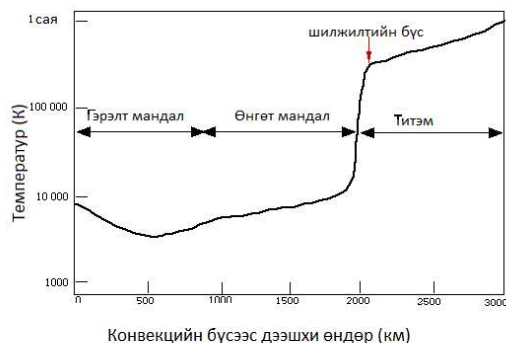
A. Нарны ерөнхий бүтэц

Нар нь цөм, цацрагийн бүс, конвекцийн бүс болон агаар мандал гэж нэрлэгдэх гэрэлт мандал, өнгөт мандал, титэм зэргээс тогтоно (Зураг 2).



Зураг 2. Нарны дотоод бүтэц ба агаар мандал.

Мөн өнгөт мандал болон титмийн хооронд шилжилтийн бүс гэж нэрлэдэг хэсэг бий. Энд өнгөт мандлын температур 8000К орчим байхад, харин шилжилтийн бүсэд температур 500000К байдаг. Температурын эрс өөрчлөлт бүхий энэ шилжилтийн бүс 100 км орчим зузаантай байна [3].



Зураг 3. Нарны агаар мандлын температурын явц.

B. Радио гялбаа

Нарны титэм, өнгөт мандалд тэсрэлт болох ба түүнээс үүссэн электроны багц урсгал нь титэмийн орчноор дайран өнгөрөхдөө тухайн орчин буюу плазмыг хэлбэлзэлд оруулна. Энэхүү хэлбэлзэл нь радио долгионыг үүсгэх бөгөөд спектрометр багажаар бүртгэж титмийн плазм дахь электроны нягтыг тодорхойлж болно.

Хүснэгт 1. Нарны радио цацаргалтын төрлүүд, тэдгээрийн үүсэх механизм [1].

Emission mechanism	Frequency	Source/Exciter
(1) Incoherent radio emission:		
(1a) Free-free emission (Bremsstrahlung)	$\nu \geq 1$ GHz	Thermal plasma
- Microwave postbursts		Thermal plasma
(1b) Gyroemission	$\omega = s\Omega_e$	
Gyroresonance emission	$(s = 1, 2, 3, 4)$	Thermal electrons
Gyrosynchrotron emission	$(s \approx 10 - 100)$	Mildly relativistic electrons
- Type IV mowing		Trapped electrons
- Microwave type IV		Trapped electrons
(2) Coherent radio emission:		
(2a) Plasma emission	$\nu_{pe} = 9000\sqrt{\nu}$	Electron beams
- Type I storms		Langmuir turbulence
- Type II bursts		Beams from shocks
- Type III bursts		Upward propagating beams
- Reverse slope (RS) bursts		Downward propagating beams
- Type J bursts		Beams along closed loops
- Type U bursts		Beams along closed loops
- Type IV continuum		Trapped electrons
- Type V		Slow electron beams
(2b) Electron-cyclotron maser:	$\omega = s\Omega_e / (\gamma + k_{\parallel} v_{\parallel})$	Losscones
- Decimetric ms spike bursts		Losscones

* Electronic address: d.munkhmanlai@yahoo.com

III. АЖИГЛАЛТ

CALLISTO нь антенн, хүлээн авагч багаж гэсэн хоёр хэсгээс ерөнхийдөө бүрдэнэ (Зураг 4, 5).

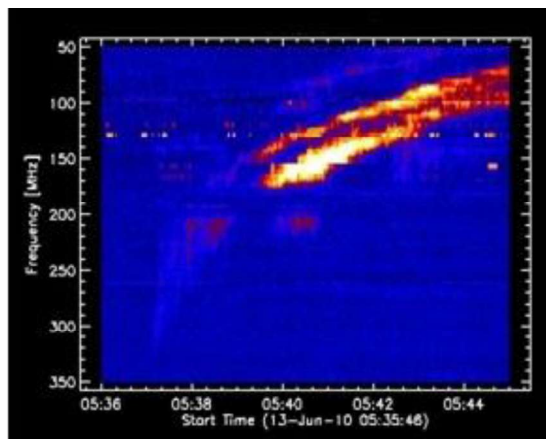


Зураг 4. Бүртгэгч антенн.



Зураг 5. CALLISTO хүлээн авагч багаж.

Бүртгэгдсэн тоон мэдээг боловсруулалтын программ ашиглан зураг болгоно.



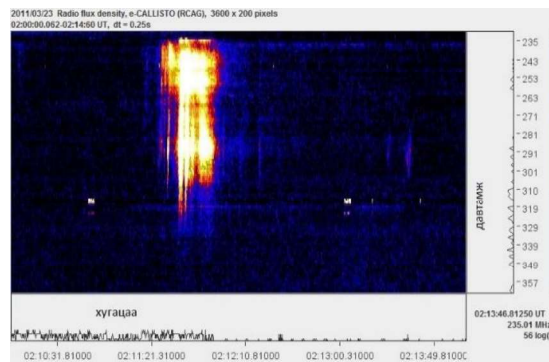
Зураг 6. CALLISTO радиоспектрометрээр авсан спектр.

Тухайлбал, зураг 6-д эрчмийн давтамж ба хугацааны хамаарлыг харуулав.

IV. ТООЦОО

Гялбааны цацрагийн давтамж нь титмийн плазмын давтамжтай тун ойролцоо байдаг. Энэ нь бодолт хийх үндсэн нөхцлийг олгодог.

2011 оны 3 сарын 23-нд бүртгэгдсэн гялбааг жишээ болгон электроны нягтыг нь тооцоолъё.



Зураг 7. Тооцоо хийсэн III төрлийн гялбаа.(2011.3.23).

Зургаас харахад тэсрэлтээс үүссэн радио гялбааны давтамж 235-324МГц-ийн хооронд шилжсэн байна.

Иймээс давтамжыг нь ашиглан дараах бодолтыг хийж болно.

$$\omega_{pe} = 2\pi \cdot 8977 \sqrt{n_e} \quad (1)$$

Дээрх (1) томъёоноос титмийн электроны нягт n_e -г дараах томъёогоор олно.

$$n_e = \left(\frac{\omega_{pe}}{2\pi \cdot 8977} \right)^2 \quad (2)$$

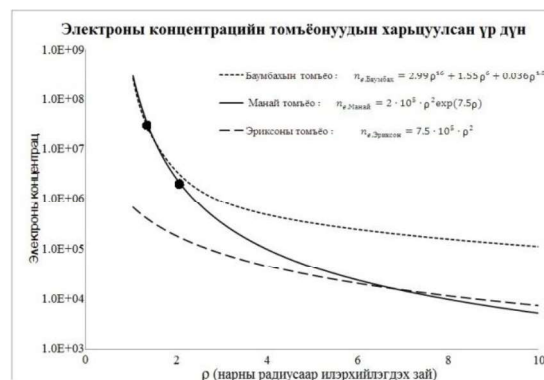
Хүснэгт 2. Зураг 7 дээр хийсэн тооцоо.

Давтамж(ν)	235МГц	324МГц
Нягт (n_e)	$0.17 \cdot 10^8 \text{ см}^{-3}$	$0.33 \cdot 10^8 \text{ см}^{-3}$

Ажиглалтаас үзэхэд радио долгион давтамж багасах чиглэл рүү шилжиж байна. Энэ нь титэмийн плазм дахь электроны нягт улам бүр багасаж байгаатай холбоотой юм.

V. ҮР ДҮН, ДҮГНЭЛТ

2009 онд хийсэн FeXI-FeXII ионы шугамын тооцооллоор бол тэсрэлтийн электроны концентраци $n_e \sim (1.6 \div 8) \times 10^9$, идэвхт мужийн $n_e \sim (0.6 \div 1.6) \times 10^9$, тайван мужийн $n_e \sim 5 \times 10^8$ гэсэн дүн гарсан байна [2].



Зураг 8. Бусад судлаачдын гаргаж авсан электроны концентрацийн тооцоололтой харьцуулсан байдал.

Бусад судлаачдын үр дүнтэй харьцуулж үзэхэд бидний тодорхойлсон электрон нягт тэсрэлтийн, идэвхт мужийн n_e -ээс бага, тайван үеийнхтэй ойролцоо байна. Зураг 8 дээр тодорхойлсон утгыг тавибал нягт нь гэрэлт мандлаас 0.5-аас 1 хүртэлх нарны радиус бүхий зайнд байна гэж үзэж байна.

Иймд бидний тодорхойлсон электроны нягт нь тайван муж буюу нарны идэвхжлийн минимум үеийн титмийн нягттай тохирч байна.

Энэхүү ажлыг ООГХ-ийн “Нарны идэвхжлийн үеийн идэвхт муж, үзэгдлүүдийн бүтэц, динамикийн судалгаа” сэдэвт ажлын хүрээнд хийж гүйцэтгэв.

VI. ТАЛАРХАЛ

Судалгааны арга зүйн зөвлөгөө өгч тусалсан эрдэм шинжилгээний тэргүүлэх ажилтан Д.Батмөнхөд талархал илэрхийлье.

VII. НОМ ЗҮЙ

- [1] Markus J. Aschwanden, Physics of the Solar Corona (2005) p.638.
- [2] Письмо в астрономический журнал, 2009, т.35, №1, с.50-62.
- [3] https://www.nasa.gov/mission_pages/iris/multimedia/layerzoo.html
- [4] www.e-callisto.org