

Оптик спектроскопи, плазм болон нанобүтцийн чиглэлийн сургалт судалгаанд атомын спектрограф PGS-2 маркийн багажийг автоматжуулан ашиглах боломж

Ш.Мөнхжаргал^{1,*}, Ц.Очирхүү², Б.Бат-Эрдэнэ¹, Д.Баярчимэг³, Ө.Доржханд³,
Б. Хүүхэнхүү²

¹ МУИС, ШУС, БУС Физикийн тэнхим

² ШУА ФТХ Биофизикийн тасаг Оптик спектрийн лаборатори

³ ГТЛ Эксперт шинжилгээний тасаг

Атомын спектрограф PGS-2 маркийн багажийг спектрийн анализатортай холбох, улмаар оптик спектроскопийн практик зарим шийдэл, бодисын найрлагын шинжилгээ, цахилгаан ниргэлэг орчмын нам температурын плазмын оношлогоо, электродонд үүсэх нүүрстөрөгчийн нано бүтэц, хий, усан дахь ниргэлгийн оптик ба протоны спин судлах ажлуудыг оюутны сургалт судалгаанд ашиглах боломжийн талаар өгүүлнэ.

Түлхүүр үг: Атомын спектрограф PGS-2, МАЭС, “АТОМ” программ, цахилгаан ниргэлэг, электрод дахь нано бүтэц, плазмын процесс.

I. Оршил

Орчин үед байгалийн шинжлэлийн шинжлэх ухааны сургалт судалгааны ажлын хэрэгцээ шаардлага, ач холбогдол өсч байгаатай холбоотойгоор бодисын найрлага бүтцийн судалгаа туршилтийн ажилд анхаарал хандуулж байна. Манай улсад энэ чиглэлийн шу судалгаа шинжилгээний ажлын эхлэл 1960-аад оноос тавигдсан билээ. Эдүгээ судалгаа шинжилгээний лабораториудад бодисын найрлага бүтцийг судлахад оптик спектроскопийн багажит анализ суурь арга болсоор хэвээр байна.

Эдүгээ дэлхий нийтийн хэмжээнд ялангуяа, шинжлэх ухаан, боловсрол ба үйлдвэрлэлийн салбарт байгууллага, эрдэмтэн судлаачид багш, инженер техникийн ажилтан болон оюутнууд хамтран ажиллах, нэгдэх хандлагатай болж байгаа нь сургалт судалгааны ажилд шинэлэг, өргөн, сонирхолтой боломжийг нээж байна.

Бид энэхүү шинэлэг нөхцөл байдлыг үндэслэн атомын спектрограф PGS-2 багажийг автоматжуулан улмаар оптик, спектроскопи, плазм болон нанобүтцийн чиглэлийн сургалт судалгаанд ашиглах боломжийн талаар өгүүлэхийг зорилоо.

II. Атомын спектрограф PGS-2 –ийн хэрэглээ

Хэдийгээр орчин үеийн атомын спектрийн өндөр нарийвчлалтай багажийн модификациуд гарсаар байгаа ч атомын спектрийн дунд үеийн спектрографууд нь энгийн, найдвартай, шинжилгээний өртөг бага зэргээс гадна тэдгээрийг автоматжуулан ашигласнаар аналитик шинжилгээний үзүүлэлтүүд сайжирч, мөн плазм, нано бүтцийн процессыг судлах туршилтийн нэгэн бааз болсон билээ. Ялангуяа 1970-аад онд Герман улсын Карл Цейс фирмд үйлдвэрлэгдсэн атомын спектрографуудийг өнөөдөр Новосибирскийн Их сургууль, Германы Германы Бохум хотын Рурскийн их сургууль ба туршилтын физикийн II институт, Томскийн Их сургууль, Хятадын Шинжлэх ухаан ба Технологийн их сургууль, Польшийн электроник материалын технологийн институт зэрэг газруудад спектрийн анализаторт холбон сургалт судалгаанд ашигласаар байна.

Манай улсад PGS-2 маркийн атомын спектрографууд МУИС-ийн ШУС БУС-ийн Физикийн тэнхим, ШУА ФТХүрээлэнгийн Биофизикийн салбарын Оптик спектроскопийн лаборатори болон Геологийн Төв лабораторийн Эксперт шинжилгээний тасагт байдаг. Эдгээр спектрографууд нь бакалавр, магистр оюутнуудын мэргэжлийн практик хичээл, курс диплом, хөрсний микро болон хүнд элементийн

* Electronic address: munkhjargal@num.edu.mn

болон геологийн дээжийн судалгаа шинжилгээний ажилд ашиглагдсаар иржээ. Энэ чиглэлийн мэргэжилтэн үндсэн боловсон хүчинг МУИС-ийн Физикийн тэнхим бэлтгэж ирсэн түүхэн уламжлалтай. Оюутан болон төгсөгчдөд энэ чиглэлийн сургалтын хэрэгцээ шаардлагат хэлбэрийг [1] эрэлхийлж, 2016 онд БСШУСЯ ба АДВ-ээс зарласан “Дээд боловсролын сургалтын байгууллага ба үйлдвэрлэлийн түншлэлийг хөгжүүлэх” хөтөлбөрийн хүрээнд “Түншлэл хамтын ажиллагаанд тулгуурлан оюутны практик сургалт-судалгаа-үйлдвэрлэлийн дадлагын дундын бааз лабораторийг хөгжүүлэх боломж” сэдэвт төслийн саналыг боловсруулан дэвшүүлж байлаа (Ш.Мөнхжаргал, Б.Хүүхэнхүү, Ө.Доржханд).

Манай улсын хөдөө аж ахуй, геологи уул уурхай, экологи, анагаах ухаан, барилга зам, хүнс тэжээл, хил гаалийн албанд болон их сургуулиудын физик, хими, биологи, техник технологийн зэрэг шу төдийгүй нийгэм эдийн засгийн олон салбарт хамаарагдах 100 гаран шинжилгээний лабораториудад оптик спектроскопийн багажит анализийг өргөн ашиглаж байгаа нь [2] атомын спектроскопийн практик хэрэглээ үүнийг дагасан байнгийн сургалтын хэрэгцээ нэмэгдэж буйг харуулж байна.

III. Атомын цацаргалтын спектрограф PGS-2 ба түүний автоматжуулалт

Атомын цацаргалтын спектрийн анализ нь бодист агуулагдах олон элементийн мэдээлэл өгдөг шинжилгээний аргуудын нэг билээ. Атомын цацаргалтын ИСП-28, ИСП-30, ДФС-8, ДФС-13, PGS-2, СТЭ-1, ДФС-10М, ДФС-36, ДФС-41, ДФС-51, ДФС-458С маркийн спектрийн багажууд шинжилгээний практикт өргөн хэрэглэгдэж иржээ. 2001 оны үеэс Оросын «ВМК-Оптоэлектроника» нэгдлийн технологийн үйлдвэрлэлээр эдгээр спектрограф ба спектрометрүүдийг олон сувагт эмиссийн спектрийн анализатортой (МАЭС) [1] ба «АТОМ» [2] программ хангамжтай холбосноор атомын цацаргалтын анализид томоохон дэвшил гарсан. PGS-2 нь бусад спектрографуудтай харьцуулахад долгионы уртын өргөн мужид бүртгэдэг [5] нь аналитик болон бусад туршилт

судалгаанд ашиглах боломжийг нэмэгдүүлдэг байна. PGS-2 ийн оптик параметруудийн онцлог ба олон сувагт атомын эмиссын спектр анализаторын (МАЭС) холболтын дүнд үелэх системийн бараг бүх элементийн цацаргалтын спектрийг авч, нэг удаагийн экспозицид $0,15 \text{ \AA}$ ялгах чадвартай, 2000 \AA орчим спектрийн завсрыг бүртгэх үнэтэй боломж бүрддэг байна [6]. МАЭС нь олон кристаллуудын цогц ба электроны бүртгэгч, тэжээлийн блок, компьютерийн хэсгүүдээс тогтоно. Спектрографийн гаралт дээрх спектрийн дүрс мэдээлэлийг нь олон кристаллуудын гадаргуу дээрх фотодиодууд нэгэн зэрэг бүртгэн авна. Энэ дохиог 16-разрядын АЦП нь тоон утганд хувиргана. Үндсэндээ МАЭС комплекс нь өдөөгч гэрлийн үйлчлэлээр үүсэх судлах элементийн атомын цацаргалтын спектрийн эрчмийг хэмжих зарчмаар ажиллана. Энэ эрчмийн хэмжилт ба түүн дэх элементүүдийн агуулгыг харгалзуулан компьютерт тооцоолох зарчимтай [7].

IV. Спектрограф PGS-2 сургалтын лаборатори практикийн ажилд

Новосибирскийн их сургуулийн физикийн мэргэжлийн оюутнууд МАЭС-тай холбосон PGS-2 спектрографийг ашиглаж протоны спиныйг тодорхойлох лаборатори практикийн ажлыг хийдэг байна [8]. Энд оюутнууд хөнгөн молекулын эмиссийн спектрийг судалж, эргэлтийн бүтцийн спектрт цөмийн спин нөлөөлдөг зэрэг суурь үзэгдлүүдтэй танилцах, хийн орчны температурыг хэмжих зэрэгт атомын цацаргалтын спектр аргыг ашиглах боломжийг олж мэднэ [8]. Улмаар Н молекулын спектрийг эргэлтийн спектрийн шугамаар судалж, тэдгээрийн эрчмээр протоны спин ба нуман ниргэлэгийн температурыг тодорхойлуулж байгаа нь оюутнуудад квант түвшний төсөөлөл, мэдлэгийг баттай олж авахад нь атомын спектрийн багажуудыг ашиглах явдал тустай байгааг харуулж байна.

Мөн байгалийн шинжлэлийн оюутнуудын лаборатори практикт нарны цацаргалтын спектрийг судлах ажлыг оруулах нь танин мэдэх, зохион бүтээх сэтгэлгээнд тустай юм. Үүнд, спектрийн анализатор бүхий PGS-2 спектрографийг нарны интерференцэт эргэлтэт

хавтан болон оптик шилэн утсыг ашигласан хэмжилтийн системийг бүрдүүлж болох юм.

V. PGS-2 спектрограф плазм ба нанобүтцийн сургалт, судалгаанд

Атомын цацаргалтын спектрийн багажийн гэрэл үүсгүүрийн хэсэгт электродуудын хооронд явагдах цахилгаан ниргэлэгийн дүнд плазмын төлөв бүхий бүс үүсдэг. Энэ плазмын бүсэд ион, электрон, радикалууд голлож, 10000K температур ба 1000 атм. даралт бүхий орчинд хэт ягаан ба инфра улаан туяа, хэт авиа, кавитаци зэрэг физик химийн олон үзэгдлүүд зэрэгцэн явагдах шугаман бус систем үүсдэг байна[9]. Ийнхүү орчин үед атомын спектрографийг нам температурын плазмын оношлогоонд ашиглах болжээ[10]. Физикийн тэнхимд буй PGS-2 спектрографийн цахилгаан генераторийг ашиглан усанд явуулсан плазмт ниргэлэгийн дүнд катодын орчимд үүсэх нүүрстөрөгчийн сонгинолог бүтцийн судалгааг [11] 2008-2010 онд бакалавр, магистрийн ажлын түвшинд явуулж байв. Спектрографад нэмэлт PMT ба CCD бүртгэгч тавих замаар нам температурын плазмын оношлогооны судалгааг явуулах боломжтой юм.

ДҮГНЭЛТ

Энгийн хялбар бүтэц, ажиллах зарчимтай атомын цацаргалтын багажууд тухайлбал, PGS-2 зэрэг спектрограф дээр оюутнуудыг ажилуулах боломжийг бүрдүүлэх нь тэдний онолын мэдлэгийг практиктай холбон ойлгож, эзэмших, багаж техниктэй ойр харьцах боломжийг нэмэгдүүлж, улмаар бүтээлчээр суралцахад чухал ач холбогдолтой болно.

Сургалт судалгаа үйлдвэрлэлийн байгууллагуудад буй ижил төст багаж техникийг ашиглах, шинэчлэн сайжруулалтыг хамтын ажиллагааны зохист хэлбэрийг эрэлхийлэх замаар байгалийн шинжлэлийн ангийн оюутны сургалт судалгааны ажилтай холбоход атомын цацаргалтын спектрограф PGS-2 багажийг ашиглах боломжтой гэж үзэж байна.

НОМ ЗҮЙ

[1] “ФИЗИК” мэргэжлээр бакалаврын сургалтын хөтөлбөрийг магадлан

итгэмжлүүлэх өөрийн үнэлгээний тайлан, уб 2018.

- [2] Физикийн нийгэмлэгийн хурлын илтгэлд, УБ 2014.
- [3] Лабусов В.А. Анализаторы МАЭС и их использование в качестве систем регистрации и обработки атомно-эмиссионных спектров / В.А. Лабусов, В.И. Попов, А.Н. Путьмаков, А.В. Бехтерев, Д.О. Селюнин // Аналитика и контроль. 2005. Т. 9, № 2. С. 110-115.
- [4] Гаранин В.Г. АТОМ – программное обеспечение анализатора МАЭС / В.Г. Гаранин, О.А. Неклюдов, Д.В. Петроченко, А.В. Смирнов // Аналитика и контроль. 2005. Т. 9, № 2. С. 116-124.
- [5] А.Н. Путьмаков, В.И. Попов, В.А. Лабусов, А.В. Борисов, Новые возможности модернизированных спектральных приборов, Заводская лаборатория диагностика материалов. Специальный выпуск. 2007. Том 73
- [6] А.Н. Путьмаков, Л.Н. Комиссарова, И.Р. Шелпакова, О Некоторых возможностях повышения эффективности атомно-эмиссионного спектрального анализа порошковых проб, Аналитика и контроль. 2008, Т. 12. № 3-4.
- [7] V.A.Labuson, D.O.Selunin, J.A.Zarubin, S.A.Babin, Z.V.Semenov, Mulyichannel analyzers of emission spectra MAES measuring tools for atomic emission spectrometry, <https://cyberleninka.ru/article>
- [8] Дмитриева В. Д., Дубов Д. Ю., Казырицкая О. Н., Курилко С. С., Мешков О. И., Спицын Р. ское измерение спина протона // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Физика. 2014. Т. 9, вып. 1. С. 95–104.
- [9] Yuri P. Raizer. Gas Discharge Physics. Springer-Verlag, Berlin, 1991.
- [10] Basics of Plasma. Spectroscopy Institute for Experimental Physics II Chair of Physics of Reactive Plasmas Ruhr-Universitat Bochum, German, www.plasma-school.org/files/lectures/2016/svdg16_2.pdf
- [11] Б.Бат-Эрдэнэ, Ш.Мөнхжаргал Усан дахь нуман ниргэлэгээр катодын депозит үүсэх нөхцөл ба түүний морфологи бүтцийн судалгаа, Физик, 2011 355 (16).