ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МАЛЫХ ПРИМЕСЕЙ В РАЗРЕЖЕННОЙ ПЛАЗМЕ ГЕЛИЯ [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Чиннов В.Ф., 1,2Кавыршин Д.И., 1Федорович С.Д., 1,2Муравьева Е.В., 1,2Мязин А.С., 1Чан К.В., 1Карпов А.В., 1Будаев В.П.

1ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Москва, Россия, dimakav@rambler.ru,
2ОИВТ РАН, Москва, Россия, v\_chinnov@oivtran.ru.

В работе рассматривается разреженная (p~10-5 атм) электроразрядная плазма гелия вблизи металлической стенки из вольфрама на медной подложке. При плотности основного газа [He]≈ 1013÷1014 см-3 и зарядов (n≈1011÷1013см-3) определяющим механизмом уширения спектральных линий является Доплер-эффект, определяемый температурой излучающих частиц [1]. Согласно модели «эффективного времени жизни» Л.М.Бибермана [2], интенсивность реабсорбированной спектральной линии, отвечающей оптическому переходу m→k, определяется эффективной вероятностью перехода *Amk\* = Amk ∙ θmk,* где *Amk*- вероятность спонтанногоперехода оптически тонкой линии, *θmk* – вероятность вылета принадлежащего данному переходу фотона из рассматриваемой точки среды.

Для доплеровского контура линии, излучающей из центра цилиндра радиусом R, вероятность вылета фотона [2]: $ϴ(k\_{0}R)=\sqrt{π}/(4k\_{0}R\sqrt{ln(k\_{0}R)})$, (1)

а коэффициент поглощения в центре этой линии: $ k\_{0}=\left(πe^{2}/mc\right)∙(f\_{km}N\_{k}^{погл}/∆v\_{D})$ (2)

определяется концентрацией частиц на поглощающем уровне $ N\_{k}^{погл}$и полушириной доплеровской линии $∆v\_{D}=7.16∙10^{-7}v\_{0}\sqrt{T/μ}$. Для диагностики параметров на установке выполнялась регистрация спектров излучения трехканальным спектрометром AvaSpec-ULS2048 в диапазоне длин волн 200-1100 нм. Реабсорбции в разреженной плазме могут быть подвержены спектральные линии, соответствующие переходам в основное состояние атома. В плазме He + Cu это резонансные линии Cu I 324.7 и 327.4 нм. Наблюдаются в спектре и линии Cu I 510.5 и 578.2 нм, которые имеют общий верхний уровень с линиями 324.7 и 327.4 нм соответственно. Выполним оценку вероятности вылета фотона *θ* для резонансной линии 327.4 нм, используя измеренное отношение интенсивностей рассматриваемых линий с общей (равной) населенностью их излучающего уровня *N4p*: $N\_{4p}=C\left(578.2J\_{578}/g\_{4p}A\_{578}\right)=C(327.4J\_{327}/g\_{4p}A\_{327}∙ϴ\_{4p-1s})$. Разрешая равенство относительно вероятности вылета «резонансного» фотона λ=327.4 нм, находим его численное значение *ϴ4p-1s* = 0.20. Решив уравнение (1), определяем оптическую плотность плазмы *k0R =*2.35и, при *R =* 1.6 см*,* получаем значение коэффициента поглощения в центре линии 327.4 нм - *k0 = 1*.5 см-1. Оценив доплеровскую полуширину резонансной линии Cu I 327.4 нм при *T* =1200 K,*μ= 63.5*4, *v0* = 0.92∙1015 с-1, - Δ*vD* =2.8∙10 9 с-1, определяем по (2) концентрацию поглощающих атомов меди в основном состоянии $ N\_{0}^{погл}=[Cu]$ =5.7∙1011 см-3.Выполнив аналогичное сравнение интенсивностей второй резонансной линии 324.7 нм и линии 510.6 нм, находим значение *θ* = 0.14,  *k0R =3.0* и[Cu] =4.8∙1011 см-3. Среднее значение плотности
[Cu] =5.2∙1011 см-3 соответствует давлению насыщенных паров меди над поверхностью металла с температурой $T\_{W}≅1300 $K [3]*,* - эта температура находится в хорошем согласии с использованной нами выше температурой атомов при оценке доплеровской ширины линии.

Спектроскопические измерения выполнены при поддержке гранта РНФ 21-79-10281, работы по генерации плазмы на ПЛМ выполнены при поддержке проекта 223 ЕОТП-УТП.

Литература

1. В.Н. Очкин. Спектроскопия низкотемпературной плазмы. М., Физматлит, 2006.
2. Л.М. Биберман, В.С. Воробьев, И.Т. Якубов. Кинетика неравновесной низкотемпературной плазмы. Наука, Москва, 1982.
3. S. Dushman. Scientific Foundations of Vacuum Technique. N-Y, London, 1962.
1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLIX/Lt/en/FC-Chinov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)