

УГЛОВЫЕ КОГЕРЕНТНОСТИ РЕНТГЕНОВСКОГО
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

П. А. БЕЗИРГАНЯН, А. П. БЕЗИРГАНЯН

Обсуждается вопрос угловой когерентности рентгеновского характеристического излучения. Утверждается, что когерентными являются только пучки волн рентгеновского характеристического излучения, выходящие из точечного источника (атома) под небольшими углами друг относительно друга, т. е. существует предельный угол между этими пучками волн, вне которого они не когерентны друг относительно друга. Предложена методика экспериментального исследования угловой когерентности рентгеновского характеристического излучения точечного источника. Разработана особая система, состоящая из трехблочного интерферометра, работающего в режиме четырехблочного интерферометра.

Элементарными источниками рентгеновского характеристического излучения являются атомы. Известно, что когерентными друг относительно друга являются только волны, принадлежащие одному и тому же акту испускания одного и того же атома. Следовательно, если излучение одного акта испускания атома расщепить на два или несколько пучков и после прохождения ими различных путей наложить эти пучки друг на друга, то мы получим интерференционную картину [1—4]. Именно это осуществляется в интерферометрах, в частности, в рентгеновских интерферометрах, а также при когерентном рассеянии рентгеновских лучей в кристаллах (в средах) [5—6].

На основании вышесказанного можно провести исследование очень интересного и почти неизученного вопроса: распространяется ли излучение, принадлежащее одному и тому же акту испускания одного и того же атома, во всех направлениях от атома или же оно распространяется в ограниченном телесном угле, в вершине которого расположен этот атом?

Для получения однозначного ответа на этот вопрос, очевидно, необходимо исследовать угловую когерентность рентгеновского характеристического излучения, т. е. пропуская излучение от одного и того же точечного источника (атома) одновременно в двух разных направлениях и накладывая эти пучки друг на друга после прохождения ими разных путей. Исследовать интерференционную картину, полученную в результате этого наложения, в зависимости от угла между исходными направлениями пучков (рис. 1). Если данный акт испускания характеристического излучения ограничен какой-либо угловой областью β , то при угле α между исходными направлениями пучков больше, чем β , интерференционная картина, полученная наложением этих пучков, исчезнет.

Для экспериментального исследования степени угловой когерентности рентгеновского характеристического излучения точечного источника

необходимо наблюдать интерференцию двух пучков характеристического излучения, выходящих из одного и того же точечного источника под разными углами. Исследовав эту интерференционную картину в зависимости от угла между интерферирующими пучками, мы можем определить максимальный угол когерентности пучков друг относительно друга.

Для проведения таких исследований нами разработана особая система, состоящая из трехблочного интерферометра, работающего в режиме четырехблочного интерферометра (см. рис. 2).

Расстояние между первым блоком *a* интерферометра и источником, а также между первым и третьим (*c*) блоками интерферометра одинаковое, поэтому ход лучей в

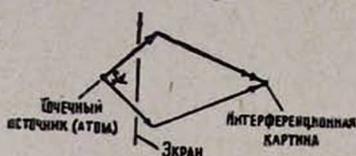


Рис. 1.

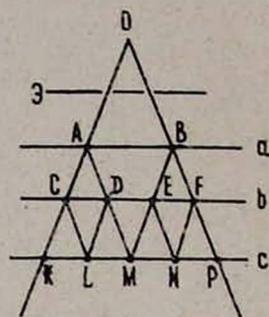


Рис. 2.

Рис. 1. Принципиальная схема опыта исследования угловой когерентности.

Рис. 2. Интерферометр для исследования угловой когерентности. *O* — точечный источник рентгеновских лучей, *Э* — непрозрачный для рентгеновских лучей экран со щелями, через которые проходят пучки *AO* и *BO*, образующие между собой угол 2θ , где θ — угол Вульфа—Брэгга.

интерферометре имеет следующий вид. При помощи экрана *Э*, непрозрачного для рентгеновских лучей и имеющего две щели, от источника *O* выделяются два пучка волн *OA* и *OB*, составляющие друг с другом угол 2θ , где θ — угол Вульфа—Брэгга. Пучки *OA* и *OB* падают под углами отражения по Лауэ на первый блок *a* интерферометра, где каждый из них расщепляется на два пучка: *OA* — на *AC* и *AD*, а *OB* — на *BE* и *BF*. Достигнув второго блока *b* интерферометра, каждый из новых пучков *AC*, *AD*, *BE* и *BF* также расщепляется на два, и в результате получаем восемь пучков: *CK*, *CL*, *DL*, *DM*, *EM*, *EN*, *FN* и *FP*. Если расстояния между тремя блоками интерферометра одинаковые, то на третьем блоке *c* в точке *L* пучки *CL* и *DL*, а в точке *N* пучки *EN* и *FN* наложатся друг на друга, т. е. получаются два интерферометра — *ACLD* и *BENFB*. В то же время если первый блок *a* интерферометра окажется точно на середине расстояния между источником *O* и третьим блоком *c*, то пучки *DM* и *EM* наложатся друг на друга в точке *M*, и мы получим третий интерферометр *OAMBO*. В первых двух интерферометрах интерференционные картины в точках *L* и *N* не зависят от величины угла 2θ , так как независимо от θ пучки *AC* и *BE* всегда когерентны соответственно с пучками *AD* и *BF*. Между тем в точке *M* интерференционная картина получится только в том случае, если пучки *OA* и *OB* когерентны друг относительно друга. Таким образом, именно интерферометром *OAMBO* можно проверить когерентность пучков *OA* и *OB*.

Обсуждение условий эксперимента

Решение поставленной задачи — экспериментальное доказательство некогерентности пучков волн, выходящих из точечного источника под большими углами, — фактически сводится к обнаружению исчезновения интерференционной картины в точке M третьего блока (c) интерферометра в ходе увеличения угла между пучками OA и OB . При проведении эксперимента необходимо иметь в виду следующие обстоятельства.

1. При неудачном выборе источника O , экрана \mathcal{E} и направлений OA и OB в этих направлениях могут распространяться волны и от разных атомов, т. е. некогерентные волны, что приведет к исчезновению интерференционной картины. Следовательно необходимо принять соответствующие меры и убедиться в том, что в этих направлениях распространяются излучения от одних и тех же атомов.

2. При нарушении равенства расстояний между источником O , первым блоком a и третьим блоком c интерферометра мы не получим интерференционной картины в точке M , так как пучки DM и EM не наложатся друг на друга. Интерференционные же картины в интерферометрах $ADLCA$ и $BENFB$ не зависят от соотношения этих расстояний, и следовательно их можно использовать как контрольные интерферометры для проверки годности общей системы; интерференционная картина в них из-за изменения угла θ также не должна исчезнуть. Поэтому необходимо принять меры для поддержания одинаковых расстояний между источником, первым и третьим блоками интерферометра.

3. Вульф-брегговский угол θ отражения от атомных плоскостей интерферометра по Лауэ может быть изменен либо изменением порядка отражения, либо изменением длины волны характеристического излучения. Поэтому эксперимент необходимо выполнить при различных порядках отражения и с разными длинами волн характеристического излучения.

Техника эксперимента

Для достижения большой точности в установлении одинаковых расстояний между источником, первым и третьим блоками интерферометра необходимо иметь особое приспособление для точного смещения интерферометра относительно источника.

Так как в ходе эксперимента требуется распространение в двух различных направлениях характеристических излучений одних и тех же атомов, то возникает необходимость в особом источнике, фокус которого меньше или порядка одного микрона, а излучение которого имеет большую расходимость для обеспечения угла 2θ между направлениями пучков OA и OB . Большое значение при выборе источника имеет и его однородность излучения по интенсивности, так как только в том случае, когда пучки OA и OB имеют одинаковые интенсивности, можно получить четкую интерференционную картину. Изменение же угла 2θ можно осуществить изменением расстояния между экраном \mathcal{E} и источником O .

Наконец необходимо иметь в виду то, что подходящим материалом для изготовления рентгеновских интерферометров являются кремниевые монокристаллы. Поэтому размеры интерферометра (т. е. расстояния между блоками) будут ограничены размерами исходных кремниевых кристаллов, т. е. будут порядка нескольких сантиметров. Отсюда вытекает новое требование при выборе источника: источник должен быть таким, чтобы была возможность расположения интерферометра на расстоянии нескольких сантиметров от фокуса трубки. Конечно, с целью увеличения расстояния между блоками интерферометра можно было бы изготовить его немонолитным, т. е. из отдельных кремниевых монокристаллов. Однако это привело бы к большим осложнениям. Например, для юстировки такого интерферометра потребовались бы прецизионные гониометры, а расшифровка интерференционных картин, полученных на таких немонолитных интерферометрах, не была бы однозначной.

Видимо вопрос угловой когерентности может быть поставлен не только для рентгеновского характеристического излучения, но и для световых, электронных и нехарактеристических рентгеновских лучей. Действительно, в оптике во всех интерферометрических схемах (зеркало Френеля, зеркало Ллойда, бипризма Френеля, пластинка Люммера—Герке и т. д.) первичный пучок берется с небольшой расходимостью. Очевидно, что и в этих случаях увеличение угла расходимости первичного пучка приведет к исчезновению интерференционных картин. Такую же картину можно будет наблюдать и в случае интерференции электронных волн.

Ереванский государственный
университет

Поступила 12.1.1980

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Борн, Э. Вольф. Основы оптики, Изд. Наука, М., 1970.
2. Р. Дичберн. Физическая оптика, Изд. Наука, М., 1965.
3. А. Зоммерфельд. Оптика, Изд. ИЛ, М., 1953.
4. Г. Ландсберг. Оптика, М., 1957.
5. П. А. Безиригян, Ф. О. Эйрамджян. Изв. АН АрмССР, Физика, 5, 453 (1970).
П. А. Безиригян. Некоторые вопросы оптических принципов дифракции рентгеновских лучей, Препринт ЕГУ, ФТТ-4-7, Ереван, 1976.
6. U. Bonse, W. Graeff. X-ray and neutron interferometry, topics in a applied physics. Volume 22: X-ray optics, applications to solids, 1977.

ՌԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԱԿԱՆ ՃՍՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԱՆԿՅՈՒՆԱՅԻՆ ԿՈՂԵՐԵՆՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Պ. Հ. ԲԵԶԻՐԻԳՅԱՆՅԱՆ, Հ. Պ. ԲԵԶԻՐԳՅԱՆՅԱՆ

Առաջ է քաշված ուսումնական ճանապարհների անկյունային կոհերենտության հարցը: Ապացուցվում է, որ կոհերենտ են ուսումնական բնութագրական այն ճանապարհները, որոնք դուրս են գալիս կետային ազդուրից իրար նկատմամբ ոչ մեծ անկյունների տակ: Դոյուսյուն ունի սահմանային անկյուն, որից մեծ անկյունների տակ դուրս եկող ճանապարհները ինտեր-

Ֆերենցիոն պատկեր շեն առաջացնում: Աշխատանքում առաջարկված է կետային աղբյուրի
ոհնտղենյան բնութագրական նաոագայթման անկյունային կոնենրենտության փորձարարական
նետազոտության մեթոդիկա: Մշակված է նատուկ սիստեմ, բաղկացած նոարուկ ինտերֆերո-
մետրից, որը աշխատում է քաոարուկ ինտերֆերոմետրերի ուժիմով:

ANGULAR COHERENCY OF X-RAY CHARACTERISTIC RADIATION

P. A. BESIRGANYAN, A. P. BEZIRGANYAN

The problem of angular coherency of X-ray characteristic radiation is raised, and a technique for experimental investigation of X-ray characteristic radiation from a point source is proposed.