پراش الکترون

هدف آزمایش:

مشاهده طرح پراش از نمونه گرافیت پلی کریستالی

اندازه گیری طول موج وابسته به الکترون ها

اندازه گیری ثابت شبکه گرافیت

مقدمه:

تا اوایل قرن بیستم، دوگانگی موجی-ذره ای امواج الکترومغناطیس کاملاً مشخص شده بود. در نظریه کوانتومی، تابش الکترومغناطیسی شامل فوتون هایی است که انرژی هریک با E=hv بیان می شود. همچنین یک فوتون را می توان به عنوان یک ذره با جرم سکون صفر، که با سرعت c در حرکت است، در نظر گرفت که بزرگی اندازه حرکت خطی p برابر است با: $P = \frac{h}{\lambda}$

در این رابطه $h=6.625 \times 10^{-34}$ Js ثابت پلانک می باشد.

در سال ۱۹۲۴ لویی دوبروی (de Broylie) حدس زد که یک ذره مادی، به خاطر تقارن طبیعت، باید خواص موجی را نیز به خوبی نشان دهد. علاوه بر این، او فرض کرد که معادلات بالا باید مشخصه های موجی ذرات مادی مانند الکترون را نیز به دست دهند.

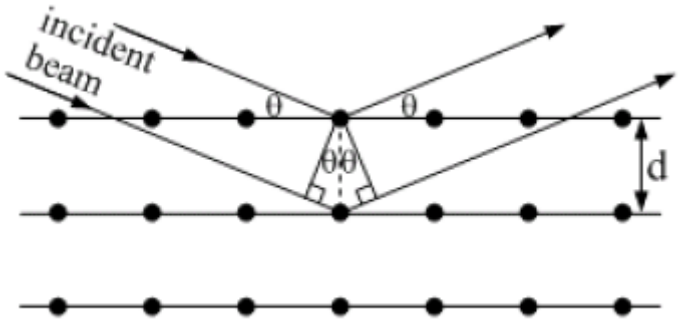
در سال ۱۹۲۷ با انجام آزمایش های پراش الکترون توسط دیویسون (C. Davisson)، گرمر (L. H. Germer) و تامسون (J. J. Thomson)، رابطه دوبروی تأیید شد. آنها باریکه ای از الکترون ها با انرژی مناسب را بر روی نمونه های کریستال یا پلی کریستال تاباندند. نقاط یا دوایر روشنی بر روی صفحه فلئورسنت واقع در اطراف نمونه مشاهده و یا چندین بیشینه توسط آشکارساز چرخان واقع در زوایای خاص ثبت کردند.

این نتایج با فرض رفتار موج گونه الکترون ها و پراکندگی این امواج توسط شبکه تناوبی اتم ها در صفحات بلور و تداخل سازنده امواج قابل توجیه است.

شکل ۱ امواج بازتابیده از صفحات بلور را نشان می دهد. پرتوی ورودی با زاویه θ به سطح نمونه تابیده می شود. شرط تداخل سازنده دو پرتوی بازتابیده از صفحات متوالی این است که اختلاف راه دو پرتو، مضرب صحیحی از طول موج باشد. به این ترتیب رابطه براگ به دست می آید:

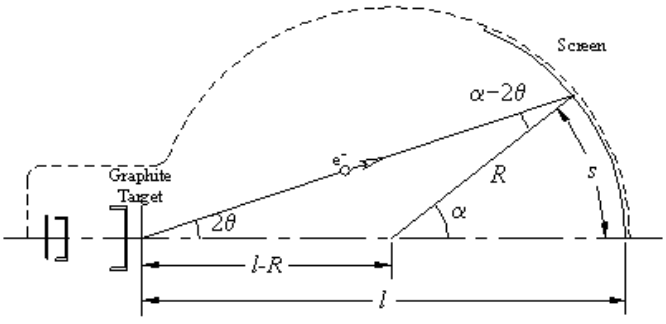
$$2d\sin\theta = n\lambda \qquad (1)$$

در این رابطه d ثابت شبکه کریستال و n مرتبه پراش می باشد.



شکل ۱. امواج بازتابیده از صفحات اتمی

از طرح پراش می توان تقارن های شبکه کریستالی و ثابت های شبکه را به دست آورد. با توجه به شکل ۲ ، با دانستن فاصله نمونه از صفحه فلئورسنت (L) و پتانسیل اعمال شده (V) و اندازه گیری R و همچنین شعاع دوایر روشن مربوط به بازتاب از نمونه پلی کریستال (r) ، می توان زاویه θ و ثابت شبکه d را از روابط زیر به دست آورد.



شکل ۲. طرح شماتیک برای تعیین زاویه پراش

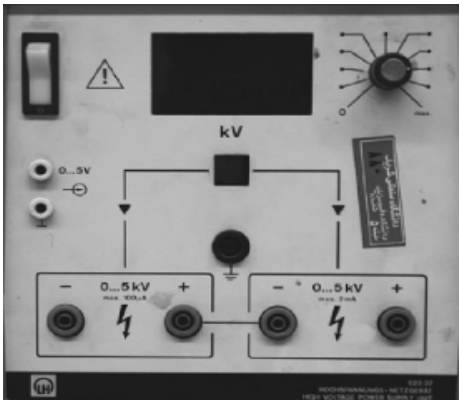
$$\tan 2\theta = \frac{sin\alpha}{\frac{L}{R} + cos\alpha - 1} \qquad (2)$$

$$\sin\theta = \frac{h}{\sqrt{8me}\, d} \frac{1}{\sqrt{V}} \qquad (3)$$

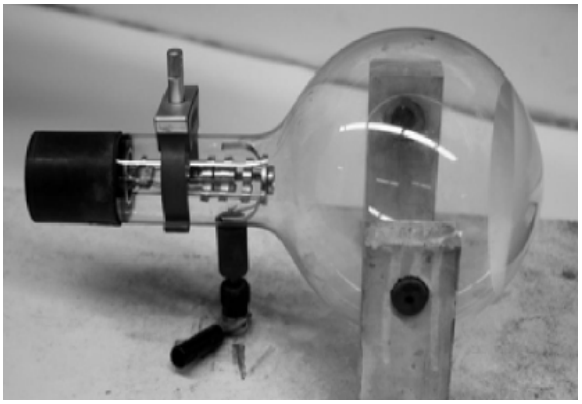
وسایل آزمایش:

وسایل مورد نیاز آزمایش شامل لامپ الکترونی (شکل ۳)، منبع ولتاژ زیاد (شکل ۴) و منبع جریان فیلامان (منبع AC ۶ ولت) می باشد. از یک مقاومت و آمپرمتر نیز برای کنترل جریان عبوری از فیلامان لامپ الکترونی استفاده شده است.

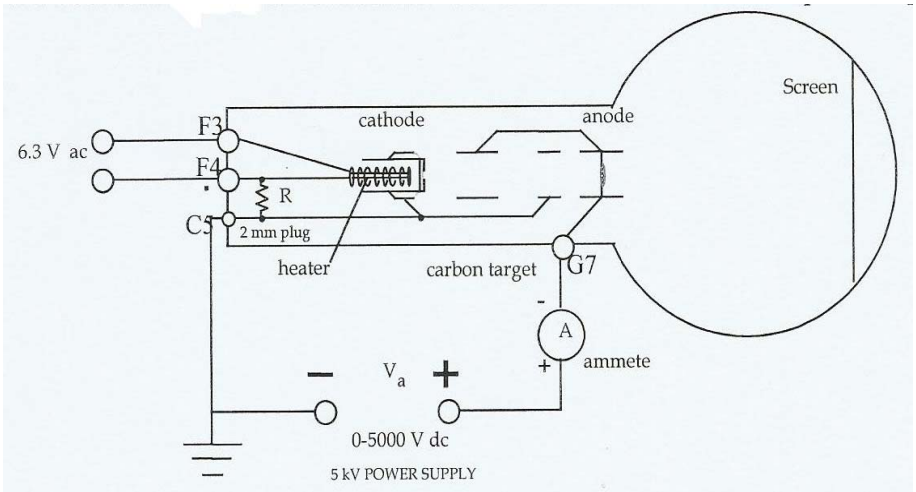
تولید الکترون ها از طریق گرم کردن فیلامان با عبور جریان کمتر از A ۰/۲ و شتاب دادن به آنها با اعمال ولتاژ بالای ماکزیمم KV ۵ انجام می شود. اشعه الکترونی تولید شده بر روی نمونه نازکی از جنس پلی کریستال گرافیت که نوک لامپ قرار دارد، تابانده شده و طرح پراش بر روی قسمت پوشیده شده از ماده فلئورسنت (در فاصلهcm ۱۳/۵ از نمونه) قابل مشاهده می باشد. (شکل ۵)



شکل ۴. منبع ولتاژ لامپ



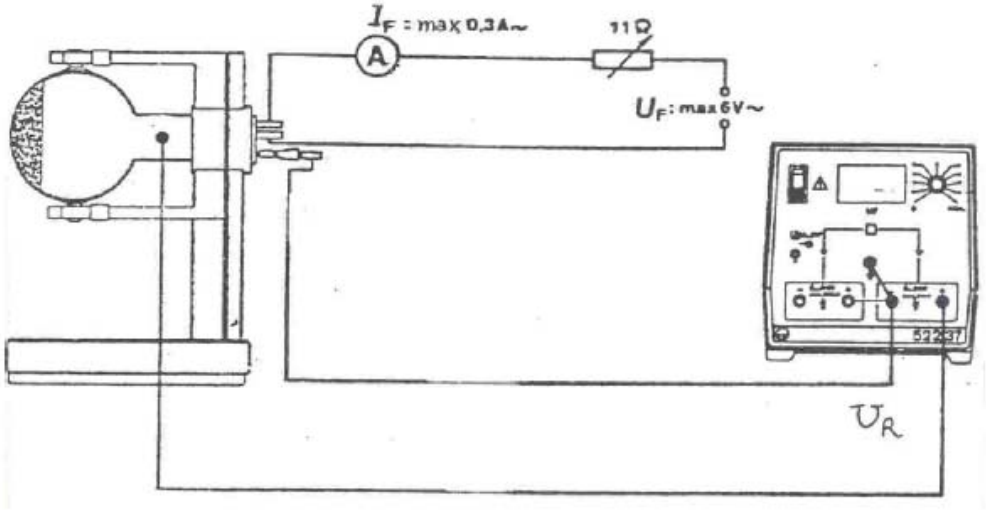
شکل ۳. لامپ اشعه الکترونی



شکل ۵. اجزای محفظه لامپ الکترونی

شرح آزمایش:

مدار شکل ۶ را ببندید. فیلامان را به منبع متناوب۶ V و آمپرمتر و رئوستای متغیر وصل کنید. قبل از روشن کردن منبع، رئوستا را در بیشینه مقاومت قرار دهید و منبع را روشن نموده و با استفاده از رئوستا جریان I_f را روی ۲۰۰ mA تنظیم کنید. پتانسیومتر منبع ولتاژ زیاد V_A را بر روی صفر قرار داده و سپس آن را روشن کنید. با اعمال ولتاژ مناسب، طرح پراش قابل مشاهده است. با اعمال چندین ولتاژ V_A و اندازه گیری شعاع دایره ها جدول ۱ را پر کنید.



شکل ۶. طرز اتصال دستگاه ها

جداول و داده ها:

جدول ۱

d_2فاصله براگ مربوط به دایره دوم ($A°$)، n=1	d_1فاصله براگ مربوط به دایره اول ($A°$)، n=1	طول موج الکترون ($A°$)	شعاع دومین دایره (mm)	شعاع اولین دایره (mm)	ولتاژ آند (KV)

پرسش ها:

در زمان انجام آزمایش به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱. برای به دست آوردن تکانه الکترون از روابط نسبیتی استفاده کردید یا کلاسیکی؟ چرا؟

۲. در مورد نتایجی که از آزمایش انتظار دارید بحث کنید.

۳. نقطه نورانی مرکز لامپ مربوط به چیست؟

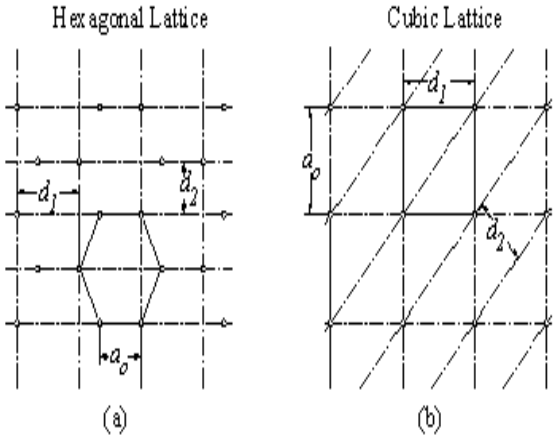
پاسخ سؤالات زیر را در جلسه بعد تحویل دهید.

۱. با توجه به شکل ۲، رابطه ۲ را به دست آورید.

۲. با استفاده از انرژی الکترون و رابطه براگ، رابطه ۳ را به دست آورید.

۳. برای هر دو حلقه، نمودار $\sin\theta$ بر حسب $1/\sqrt{V}$ را رسم کنید و با استفاده از آن ثابت های شبکه d_1 و d_2 را محاسبه کنید. نسبت d_1 به d_2 چیست؟

۴. آنچه در سؤال قبل محاسبه کردید، فواصل دو مجموعه صفحات براگ پلی کریستال گرافیت بوده است. شکل های زیر مجموعه صفحات براگ دو شبکه اتمی مکعبی و شش ضلعی را نشان می دهد. در هریک نسبت d_1 به d_2 را حساب کنید.



با توجه به سؤال قبل، حدس می زنید ساختار گرافیت مکعبی است یا شش ضلعی؟ با توجه به این ساختار، فاصله دو اتم کربن را به دست آورید و با مقدار واقعی آن(۱/۴۲ A°) مقایسه کنید.

۵. چطور می توان نشان داد که هر دو دایره مربوط به پراش در مرتبه اول است؟

۶. اگر به جای الکترون از پروتون استفاده شود و قطر دایره ها تغییر نکند، نسبت اختلاف پتانسیل برای دو آزمایش الکترون و پروتون چقدر است؟

۷. چرا طبیعت موجی ماده در مشاهدات روزمره مشهود نیست؟

۸. در آزمایش پراش با نور مرئی، توری پراش با ایجاد خطوط نازک نزدیک به هم روی شیشه ساخته می شود (آزمایش ریدبرگ). چرا این توری ها در آزمایش های پراش الکترون یا اشعه ایکس مناسب نیستند؟

۹. از پدیده پراش الکترون چگونه در میکروسکوپ های الکترونی استفاده می شود؟

۱۰. پرتوی الکترونی چگونه بر روی نمونه متمرکز می شود؟ در رابطه با عدسی مغناطیسی توضیح دهید.

۱۱. چرا نمونه گرافیت می بایست نازک باشد؟

۱۲. اگر گرافیت به فرم بلوری بود طرح پراش چگونه می توانست باشد؟

۱۳. خطاهای آزمایش را بنویسید. آیا میزان خطا برای دو دایره یکسان است؟