### Академик А. Р. Мкртчян, А. Г. Мкртчян, А. А. Асланян, М. М. Мирзоян

# Исследование энергетических и угловых характеристик параметрического рентгеновского излучения электронов с энергией 855 МэВ в монокристаллах

(Представлено 13/III 2006)

Ключевые слова: электрон, конденсированная среда, излучение, акустика

Получены энергетические и угловые распределения параметрического рентгеновского излучения (ПРИ) электронов с энергией 855 МэВ в монокристаллах кварца и ниобата лития. Зарегистрированы изменения параметров ПРИ под воздействием акустических колебаний, которые подтверждают справедливость теоретических расчетов [1] и экспериментальных результатов [2-5].

Экспериментальные исследования явления ПРИ электронов с энергией 855 МэВ в монокристаллах кварца и ниобата лития проводились на микротроне МАМИ Майнцского университета (Германия) [6]. Эксперименты проводились в геометрии Лауэ [7].

В качестве радиаторов были использованы пластины пьезоэлектрических кристаллов SiO<sub>2</sub> и LiNbO<sub>3</sub> разных толщин и срезов. Радиаторы с помощью специально разработанных держателей были закреплены на гониометре с пятью степенями свободы. Для регистрации излучения, возникающего при взаимодействии электронов с радиаторами, были использованы полупроводниковые детекторы на основе кремния и германия. После ориентации радиатора методом регистрации излучения каналированных электронов в определенном телесном угле радиатор поворачивался в горизонтальной плоскости на угол 22.5°, чтобы обеспечить условие Брэгга и регистрацию ПРИ под углом  $45^{\circ}$ .

Для всех выбранных радиаторов-мишеней были зарегистрированы спектры угловых и энергетических распределений ПРИ. На рис. 1 приведены зарегистрированные под углом  $45^{\circ}$  характерные спектры излучения, возникающего при взаимодействии электронов с монокристаллами кварца X-среза толщиной 0.795 мм и ниобата лития Z-среза толщиной 0.65 мм (рис. 1, а, б соответсвенно). На рис. 1, а при энергиях ~ 5, ~ 10, ~ 15 и ~ 20 кэВ выделяются характерные энергетические выходы ПРИ, т.е. выполняется условие Брэгга для семейства плоскостей кварца ( $10\overline{1}1$ ). В спектре при энергиях 0.525 и 1.74 кэВ также присутствуют характеристические излучения К-краев кислорода и кремния. Зарегистрированные спектры отличаются интенсивностью, энергией и угловым распределением характерных выходов ПРИ, которые определяются условием Брэгга и толщиной радиатора, а также присутствием излучения К-краев атомов, входящих в состав исследуемого радиатора. Для наглядности на

рис. 1,6 приведен зарегистрированный спектр излучения электронов для монокристалла ниобата лития Z-среза толщиной 650 мкм, где при энергиях ~ 11, ~ 16 и ~ 22 кэВ выделяются

рефлексы ПРИ для семейства плоскостей (3 $\overline{3}$ 00), в спектре также выделяются К-края ниобата: К<sub> $\alpha$ </sub>1 - 16.615, К<sub> $\beta$ </sub>1 - 18.623, К<sub> $\beta$ </sub>2 - 18.952 и L<sub> $\alpha$ </sub>1 - 2.16 кэВ.



Рис. 1. Спектры ПРИ для семейств плоскостей (10 1 1) пластины кварца X-среза толщиной 795 мкм (а) и (3300) ниобата лития Z-среза толщиной 650 мкм (б).

На рис. 2 приведено угловое распределение ПРИ для семейства плоскостей кварца (1011), непрерывные линии соответствуют характеристическим излучениям кислорода и кремния. Также были получены соответствующие трехмерные картины углового - энергетического распределения ПРИ (рис. 3).

На основе полученных результатов был проведен сравнительный анализ и были получены зависимости интегральной интенсивности ПРИ от толщины и ориентации радиатора. Предварительная оценка толщины кристаллов для оптимального выхода ПРИ хорошо согласуется с полученными экспериментальными результатами.



Рис. 2. Двумерная картина углового - энергетического распределение ПРИ для семейства плоскостей кварца (1011).



Рис. 3. Трехмерная картина углового - энергетического распределения ПРИ для плоскости кварца (10 1 1).

Во время экспериментальных работ также были проведены исследования по выявлению воздействия внешних акустических колебаний на угловые и энергетические распределения ПРИ. С этой целью были разработаны специальные резонаторы-держатели, которые обеспечивали возбуждение в образце объемных акустических колебаний.







Угол сканирования, °

Рис. 4. Энергетическое и угловое распределение ПРИ при отсутствии (а) и наличии (б) акустических колебаний.

Для выявления воздействия акустических колебаний на угловые и энергетические распределения ПРИ почти для всех образцов результирующие излучения были зарегистрированы как при отсутствии, так и при наличии акустических колебаний разной амплитуды. На рис. 4, а, б приведены энергетические и угловые распределения ПРИ для

кристаллографической плоскости (3030) монокристалла кварца Х-среза толщиной 0.795 мм при отсутствии и наличии акустических колебаний с амплитудами 20 В. Аналогичные распределения были получены для всех исследованных образцов. Анализируя полученные спектры, можно прийти к заключению, что акустические колебания могут изменять не только интенсивность, но и форму линий характерных энергетических выходов ПРИ. Для полного представления об изменениях формы линии и интенсивности ПРИ была проведена специальная обработка данных и получены распределения абсолютного изменения интенсивности.

Во время экспериментальных работ были зарегистрированы увеличения интенсивности ПРИ. Однако предполагаемого увеличения вследствие нагрева радиаторов-кристаллов в вакуумной среде при больших значениях амплитуды акустических колебаний не наблюдалось.

Полученные экспериментальные результаты хорошо согласуются с теоретическими расчетами и оправдывают выборку пьезоэлектрических кристаллов.

Институт прикладных проблем физики НАН РА

Ակադեմիկոս Ա. Ռ. Մկրտչյան, Ա. Հ. Մկրտչյան, Ա. Ա. Ասլանյան, Մ. Մ. Միրզոյան

# 855 ՄԷՎ էներգիայով Էլեկտրոնների պարամետրիկ ռենտգենյան Ճառագայթման էներգետիկ և անկյունային բնութագրերի ուսումնասիրությունը միաբյուրեղներում

Գրանցվել են կվարցի և լիթիումի նիոբատի միաբյուրեղներում 855 ՄէՎ էներգիայով էլեկտրոնների պարամետրիկ ոենտգենյան ձառագայթման էներգետիկ և անկյունային բաշխվածությունները։ Դիտվել են ակուստիկ տատանումների ազդեցությամբ պարամետրիկ ոենտգենյան ձառագայթման բնութագրերի փոփոխություններ, որոնք հաստատում են տեսական հաշվարկների [1] և նախկին փորձնական հետազոտությունների արդյունքների [2-5] իսկությունը։

### Academician A.R.Mkrtchyan, A.H.Mkrtchyan, A.A.Aslanyan, M.M.Mirzoyan

### Investigation of the 855MeV Electrons Parametric X-Ray Radiation Energy and Angular Characteristics in the Single Crystals

The energy and angular distributions of the parametric X-Ray radiation (PXR) from 855MeV electrons in quartz and lithium niobium single crystals are obtained. Variations of the parameters of PXR under the influence of acoustic vibrations are detected, so the verity of the theoretical calculations [1] and preceding experimental results[2-5] are confirmed.

#### Литература

1. *Асланян А.А., Мкртчян А.Г., Налбандян В.В., Мирзоян М.М.* - Известия НАН Армении. Физика. 2005. Т. 40. N 3. C.194-199.

*Mkrtchyan A.R., Aslanyan H.A., Mkrtchyan A.H. et al.* - Solid State Communication 1991. V.
N 4. P. 287-288.

3. *Mkrtchyan A.R., Aslanyan H.A., Mkrtchyan A.H. et al.* - Physics Letters A. 1991. V. 152. N 5,6. P. 297-299.

4. *Mkrtchyan A.R., Aslanyan H.A., Mkrtchyan A.G. et al.* - Radiation Effects and Defects in Solids. 1991. V. 117. P.17-22.

5. Мкртчян А.Р., Мкртчян А.Г., Асланян А.А., Тароян С.П., Геворкян Л.А., Никогосян В.Ц., Бабаян А.З., Тоноян В.У., Айвазян Г.А., Довлатян Т.Г., Налбандян В.В., Антонян А.П., Мирзоян М.М., Саргсян А.Н., Аршакян А.А. - Известия НАН Армении. Физика. 2005. Т.40. N 4. С. 282-286.

6. The Mainz microtron MAMI: a facility portrait with a glimpse at first results. - Nuclear Physics News. 1994. V. 4. N 2. P. 5-15.

7. Brenzinger K.-H., Nerberg C., Limburg B., Backe H., Dambach S., Euteneuer H. et al. - Z. Phys. A. 1997. V. 358. P. 107-114.