

مقدمه

طیف‌سنجی موسبائر یک روش آنالیزی بسیار دقیق با کاربردهای متعدد است که ارتباط تنگاتنگی با فیزیک هسته‌ای و حالت جامد دارد و اساس آن جذب و نشر بدون پس‌زنی پرتوی گاما در مواد جامد است. از محدودیتهای عملی طیف‌سنجی موسبائر به روش سنتی، می‌توان به کم بودن پرتوایی چشمه‌های رادیوایزوتوپی و نیم عمر کوتاه آنها اشاره کرد که باعث می‌شود زمان طیف‌سنجی ساعتها و حتی چندین روز به طول انجامد.

برای رفع این مشکل و انجام آزمایش با کیفیت بالا، نیاز به داشتن چشمه موسبائر با درخشندگی بالا نظر پژوهشگران را به خود جلب کرده است. یکی از آنها بر اساس تخصیص تابش سینکروترون با استفاده از تجهیزات تکفام ساز در یک محدوده باریک انرژی درون یک زاویه فضایی کوچک است و دیگری استفاده از تحریک کولنی همدوس هسته موسبائر توسط الکترون‌های نسبیتی و تولید تابش گامای پارامتری است. **هدف این مقاله، معرفی تابش سینکروترون و تابش گامای پارامتری به عنوان چشمه‌های نوین برای طیف‌سنجی موسبائر است.**

چشمه نور ایران و تابش سینکروترون

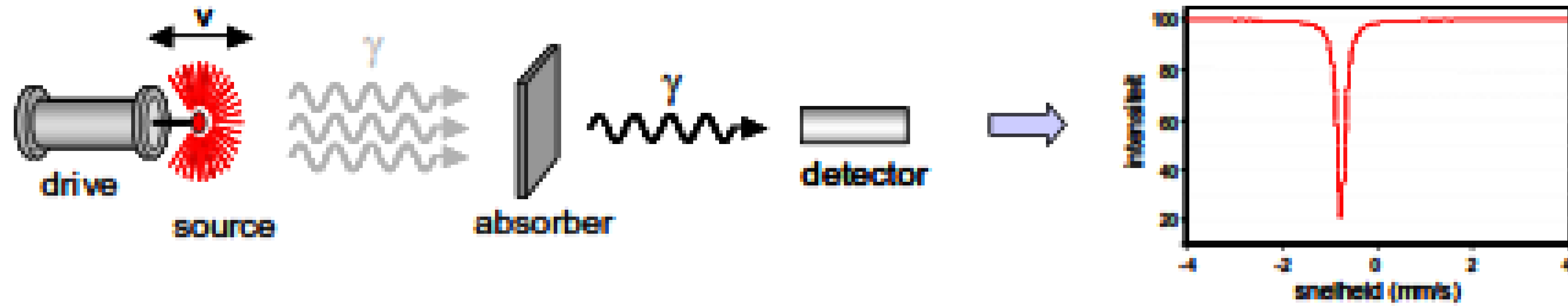
طرح ملی چشمه نور ایران، یک شتابگر سینکروترونی نسل سوم با انرژی باریکه الکترونی ۳ گیگا الکترون ولت و جریان ۴۰۰ میلی آمپر است. در واقع سینکروترون یک چشمه بسیار شگفت‌انگیز از امواج الکترومغناطیسی، در طیف وسیعی از انرژی، از مادون قرمز تا اشعه ایکس سخت و بسیار سودمند برای کند و کاو در مواد است. امروزه تابش سینکروترون به دلیل خصوصیات ویژه آن مانند شار فوتون بسیار زیاد، واگرایی بسیار کم، سطح مقطع کوچک باریکه فوتون، قطبیدگی دلخواه، پالسی بودن و انرژی قابل تنظیم به ابزاری منحصر به فرد برای انجام آزمایش‌های گوناگون در زمینه‌های فیزیک، شیمی، علم مواد، علوم و فناوری نانو، محیط زیست، پزشکی، داروسازی و تحقیقات علمی تبدیل شده است.

تابش گامای پارامتری

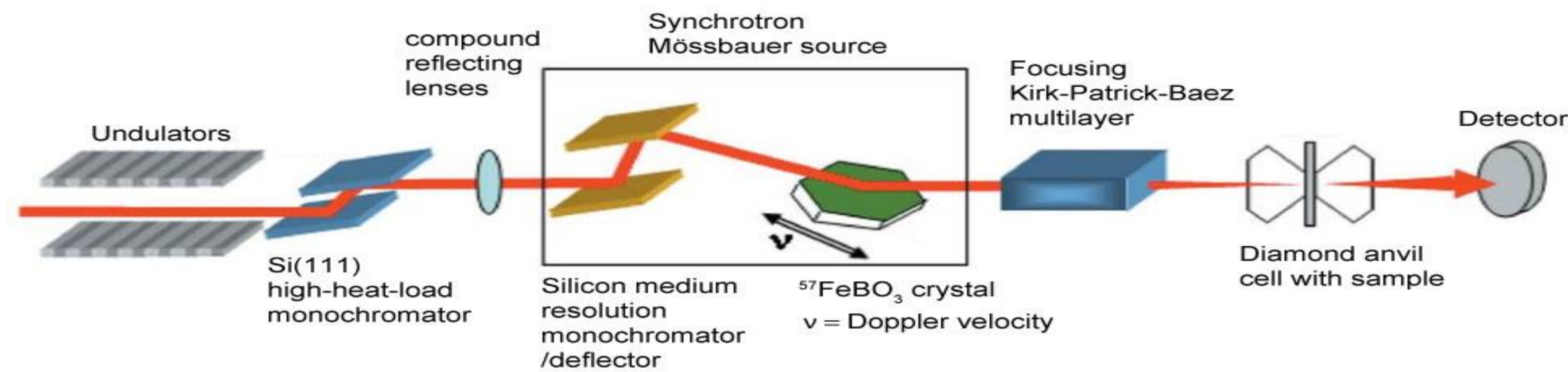
تابش گامای پارامتری در واقع یک چشمه نوین تابش با درخشندگی بالا، تکفام و تقریباً قطبیده است که هنگام عبور الکترون‌های نسبیتی از درون بلورهای حاوی هسته‌های موسبائر تولید می‌شود. ویژگی‌های این تابش به پارامترهای بلور، نوع هسته موسبائر و انرژی الکترون‌های فرودی بستگی دارد و قابل استفاده در طیف‌سنجی موسبائر است.

نتایج

در مقایسه با چشمه‌های رادیوایزوتوپی، چشمه موسبائر سینکروترونی کاملاً قطبیده است و تمام انرژی باریکه پرتو در ناحیه رزونانس قرار دارد، یعنی سینکروترون تابش رزونانسی را برای هسته موسبائر ^{57}Fe در $14/41 \text{ keV}$ با پهنای باند حدود 15 neV تولید می‌کند و دارای درخشندگی بالاست و قابلیت متمرکز کردن باریکه بر روی هدفی با ابعاد میکرونی را دارد. تابش گامای پارامتری حاصل از بلوری حاوی هسته موسبائر از نوع ^{57}Fe ، امکان دستیابی به یک چشمه نوین با باریکه متمرکز از فوتونهای رزونانسی $E_{\text{PGR}} = 14/41 \text{ keV}$ با پهنای باند طیفی $\Delta E \approx \Gamma = 4/67 \times 10^{-12} \text{ keV}$ و پرتوایی زیاد که بتواند در هر ثانیه $N_{\text{PGR}}[s^{-1}] = 2/60 \times 10^4/[A]$ فوتون درون یک مخروط با زاویه فضایی بسیار کوچک گسیل کند، وجود دارد.



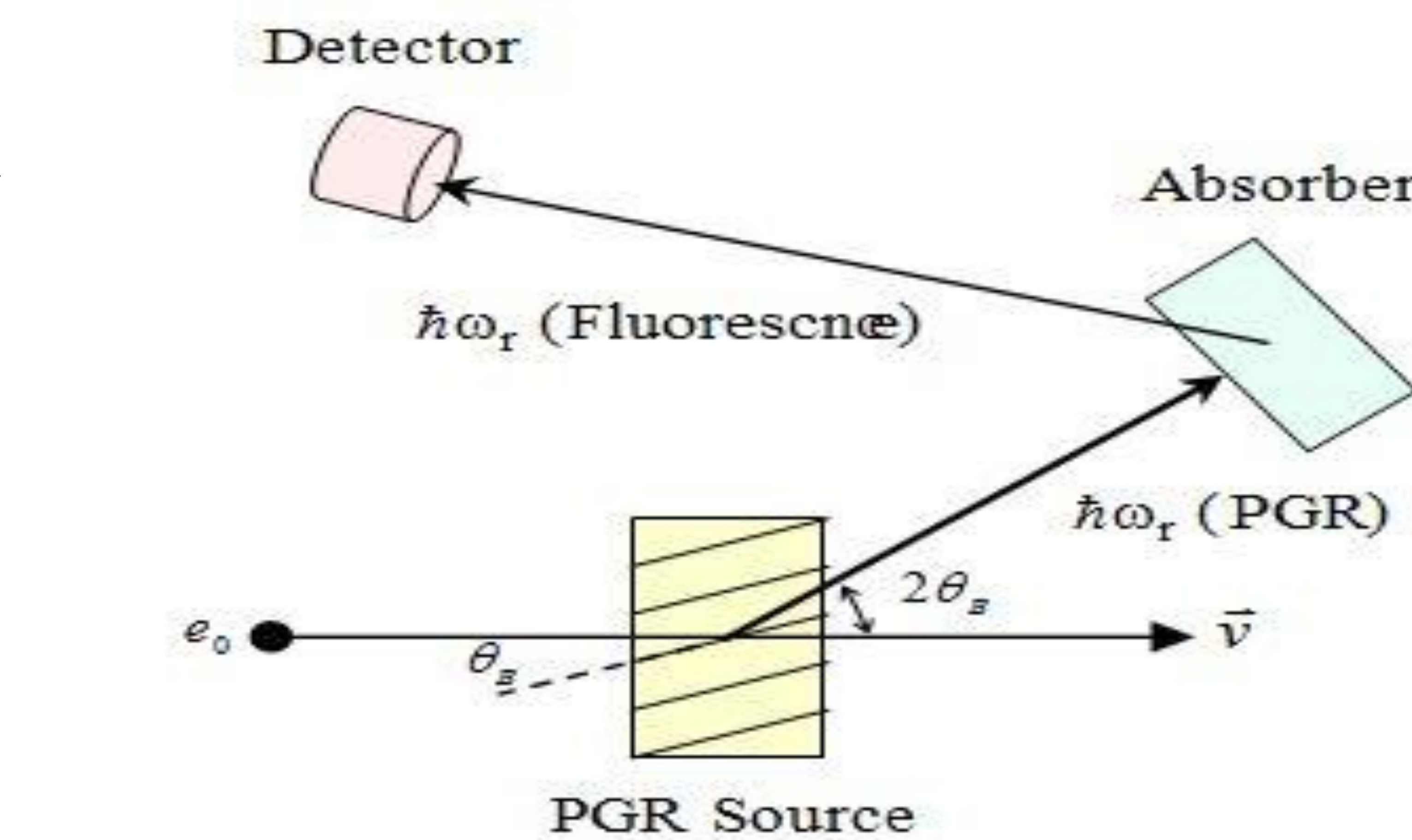
شکل ۱: طرحی ساده از آزمایش طیف‌سنجی موسبائر با استفاده از چشمه رادیوایزوتوپی



شکل ۲: طرحی ساده از آزمایش طیف‌سنجی موسبائر با استفاده از تابش سینکروترون و تجهیزات تکفام ساز

مراجع

- [۱] رحیقی، جواد و همکاران؛ «چشمه نور ایران، اولین آزمایشگاه ملی برای تحقیقات بین رشته‌ای»؛ مجله پژوهش فیزیک ایران، جلد ۱۵، تابستان ۱۳۹۴.
- [۲] Y. Yoshida and G. Langouche, "Modern Mössbauer Spectroscopy; New Challenges Based on Cutting-Edge Techniques"; Springer Singapore,(2021) 523.
- [۳] T. Perez, et al., "A Synchrotron Mössbauer Spectroscopy Study of a Hydrated Iron-Sulfate at High Pressures"; Minerals 10,(2020), 146.
- [۴] A. Ahmadi and I.D. Feranchuk, "Parametric gamma radiation from electron in Mössbauer crystal"; Eur. Phys. Journal Applied Physics, **62**, (2013), 10702.
- [۵] O. Skoromnik, I. Feranchuk, et al., "Parametric Mössbauer radiation source"; Accelerator Physics, (2019).



شکل ۳: طرحی ساده از طیف‌سنجی موسبائر با استفاده از تابش گامای پارامتری