

背景

シリコンMOSトランジスタ高性能化のためのドーピング技術

● 高速動作化 → ソース・ドレイン部の低抵抗化 → ドーピング技術
高活性化技術

動作速度は、オン電流の大きさによって決まるため、オン電流が大きくなるよう、 1×10^{20} atoms/cm³程度の不純物を添加し且つ、電気的に活性化率を高め、ソース・ドレイン部の抵抗を小さくする技術開発が必要である。

● ショートチャネル効果抑制 (リーク電流低減) → 極浅接合形成 → 極浅ドーピング技術

ショートチャネル効果を抑えるため、ソース・ドレイン部の接合深さを浅くする技術開発が必要である。

背景 ドーハント元素周辺のXAFS構造解析技術と問題点

ドーハント活性化とドーハント元素周辺のXAFS局所構造

極浅、高活性化ドーピング技術の開発には、ドーハント元素周辺の局所構造を正確に調べ、ドーハント活性化のメカニズムを把握することが必要である。

これまで、高エネルギー(100 keV)、高濃度($\sim 5 \times 10^{21}$ at./cm³)のヒ素(As)注入試料のXAFS構造解析により、不活性化の原因として、AsSi析出物、As-Vacancyクラスターの存在が考えられている。

K. C. Pandey et.al., Phys. Rev. Lett. 61, 1282 (1988).

従来解析技術の問題点

実デバイスのドーハント注入条件での試料(低エネルギー注入、ヒ素濃度 $\sim 1 \times 10^{20}$ at./cm³)について、XAFS局所構造解析を行うには、濃度が微量であるため、実用的な測定時間で、解析が可能なデータを得ることは困難であった。

目的

■高感度XAFS測定技術の開発

アンジュレータ光によるSi中微量ヒ素 (As) の高感度XAFS測定技術の開発

光子フラックスの比較

アンジュレータ光源 (BL16XU) : $\sim 10^{12}$ photons/sec.

偏向電磁石光源 (16B2) : $\sim 10^{10}$ photons/sec.

■As周辺の局所構造の状態解析

極浅イオン注入したヒ素 (As) の局所構造解析

ヒ素 (As) 元素の不活性化メカニズムの理解

実験

試料

As注入条件	ピーク濃度レベル
$2 \times 10^{14}/\text{cm}^2$, 10 keV	$10^{20}/\text{cm}^3$
$1 \times 10^{15}/\text{cm}^2$, 5 keV	$10^{21}/\text{cm}^3$
$9 \times 10^{15}/\text{cm}^2$, 5 keV	$10^{22}/\text{cm}^3$

Arsenic-doped Si ($10^{18}/\text{cm}^3$) ヒ素注入Si試料とヒ素添加Si試料、構造の比較用

測定（産業用専用BL利用）

BL16B2

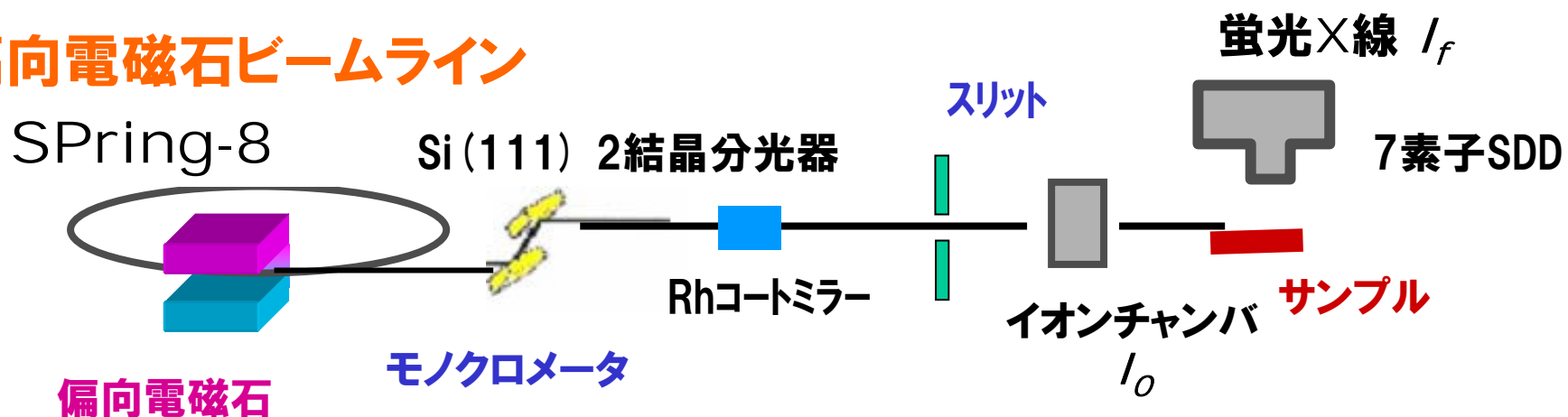
- ・光源 偏向電磁石
- ・入射光モニタ 17cmイオンチェンバ (N_2 100%)
- ・測定 エネルギー分散法、7素子SDD(KETEK社製)による蛍光X線測定

BL16XU

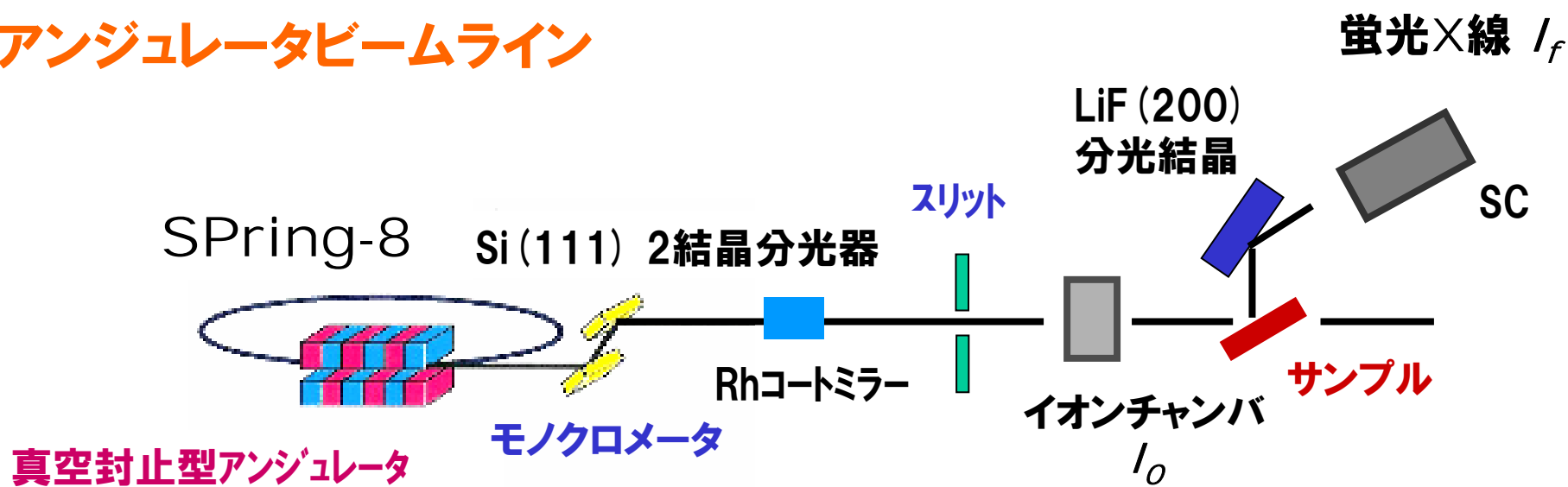
- ・光源 真空封止型アンジュレータ
- ・入射光モニタ 17cmイオンチェンバ (N_2 100%)
- ・測定装置 リガク製蛍光X線装置
- ・測定 波長分散法、シンチレーションカウンタ(NaI)による蛍光X線測定

実験配置

偏向電磁石ビームライン

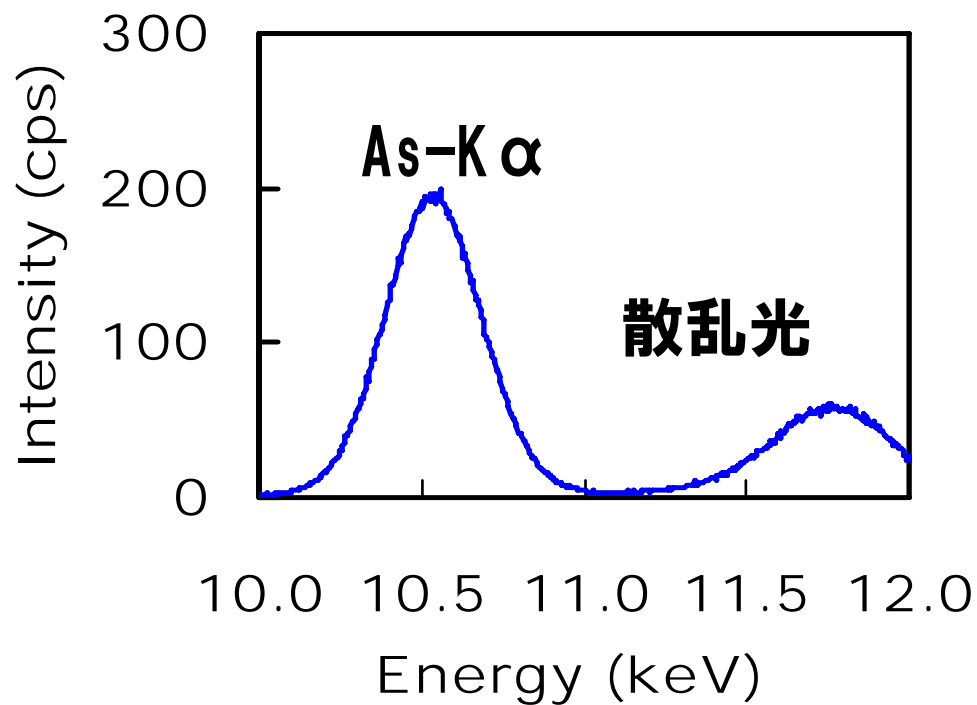


アンジュレータビームライン

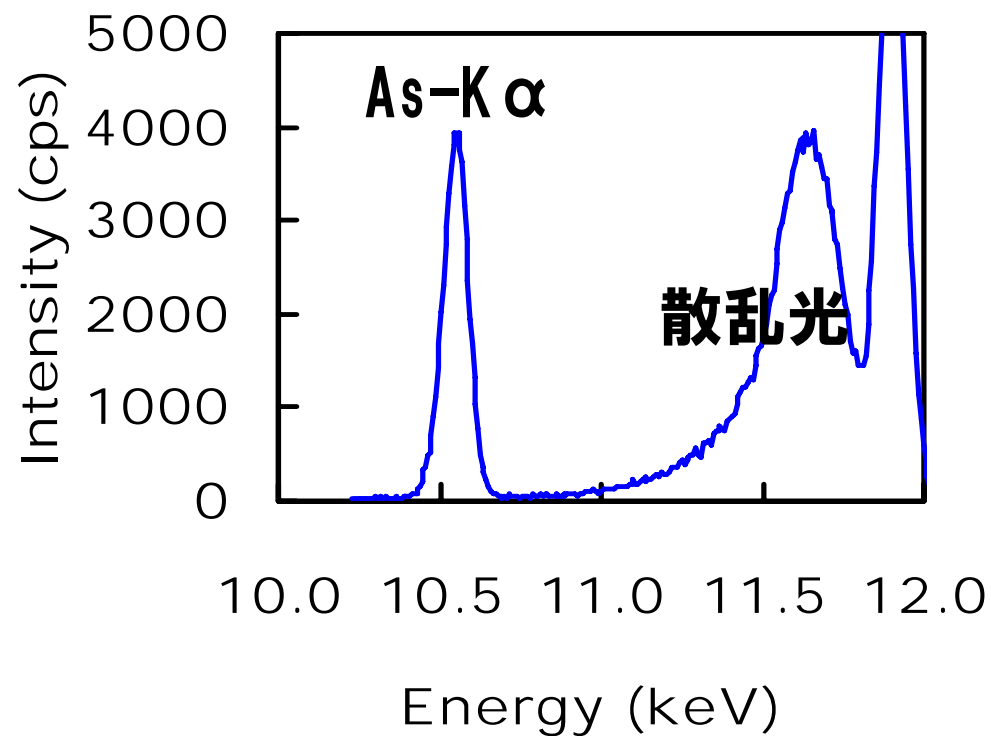


As-K α 蛍光スペクトル

偏向電磁石光源
エネルギー分散型測定



アンジュレータ光源
波長分散型測定



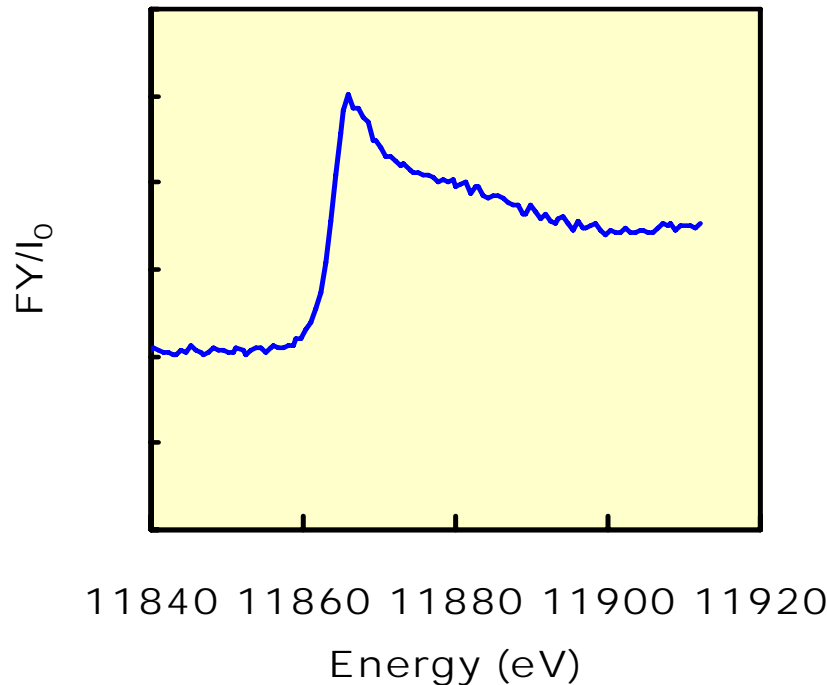
●アンジュレータ光源利用により、高感度測定が実現。

XANESスペクトル

5 keV-As 1E15 /cm²のXANESスペクトル（ピークトップで規格化）

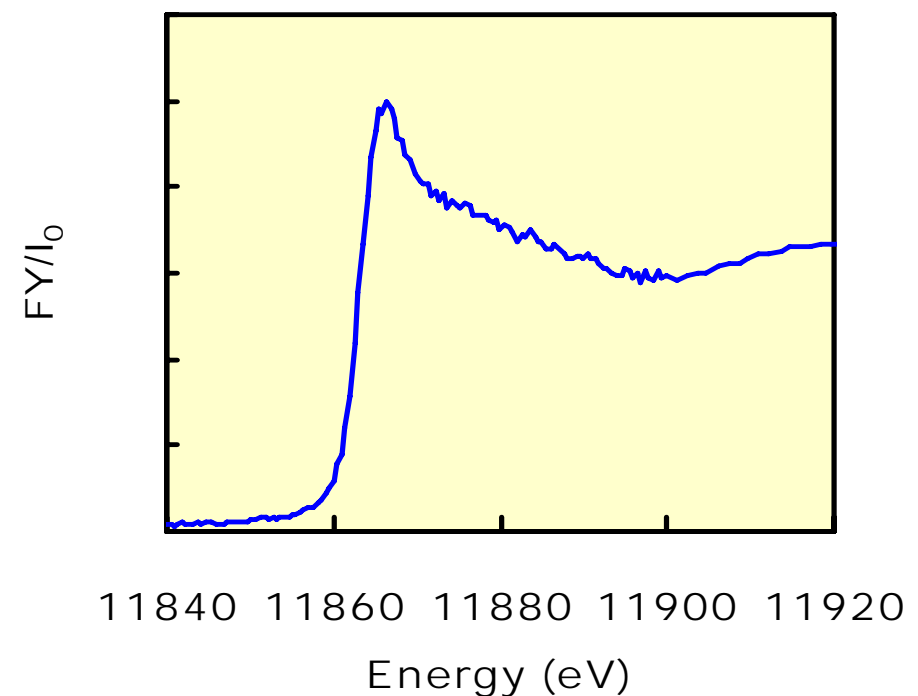
偏向電磁石光源

測定時間:20分



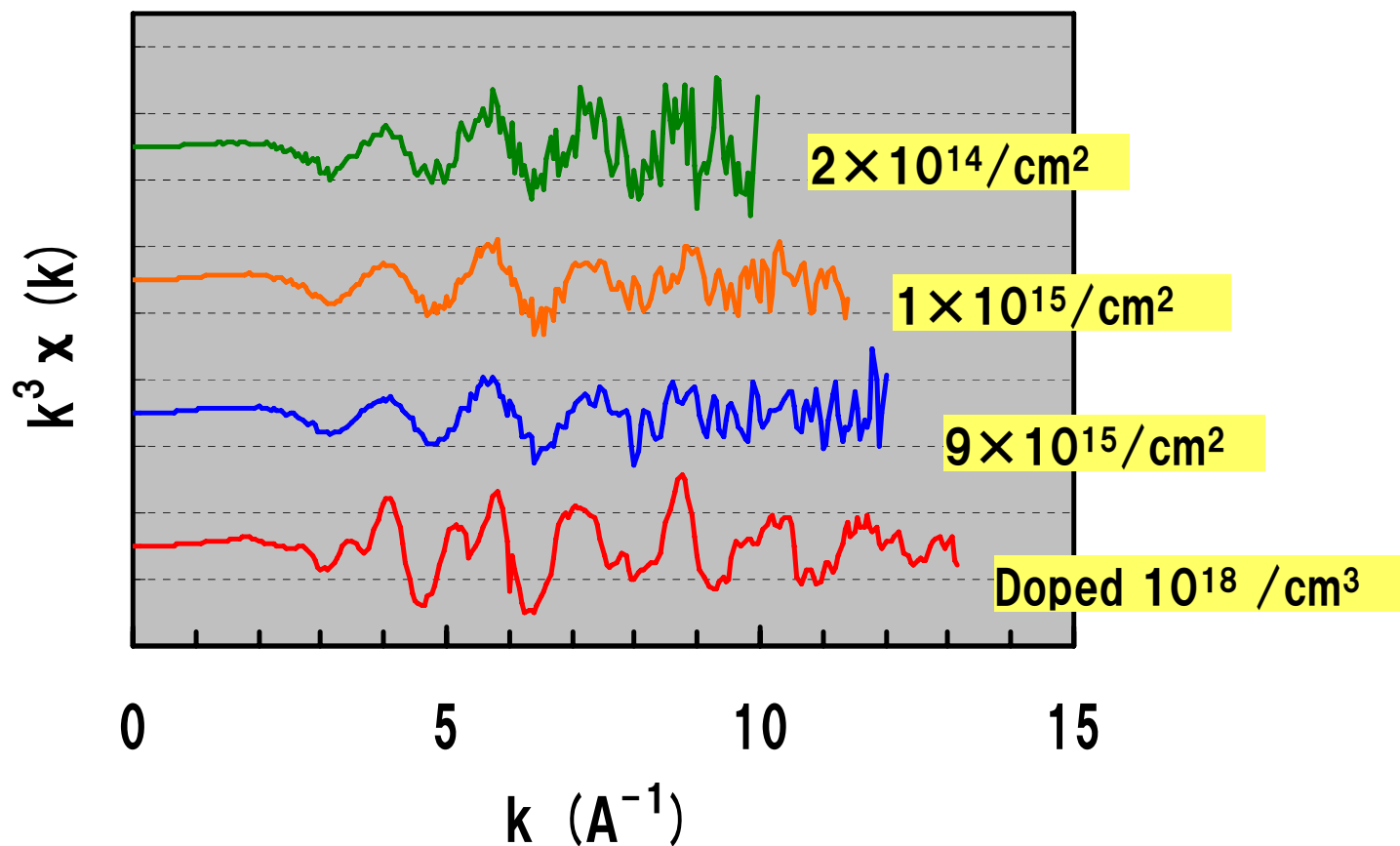
アンジュレータ光源

測定時間:10分



- アンジュレータ光源利用により、短時間測定が実現
- 波長分散型測定によりバックグラウンドが低減

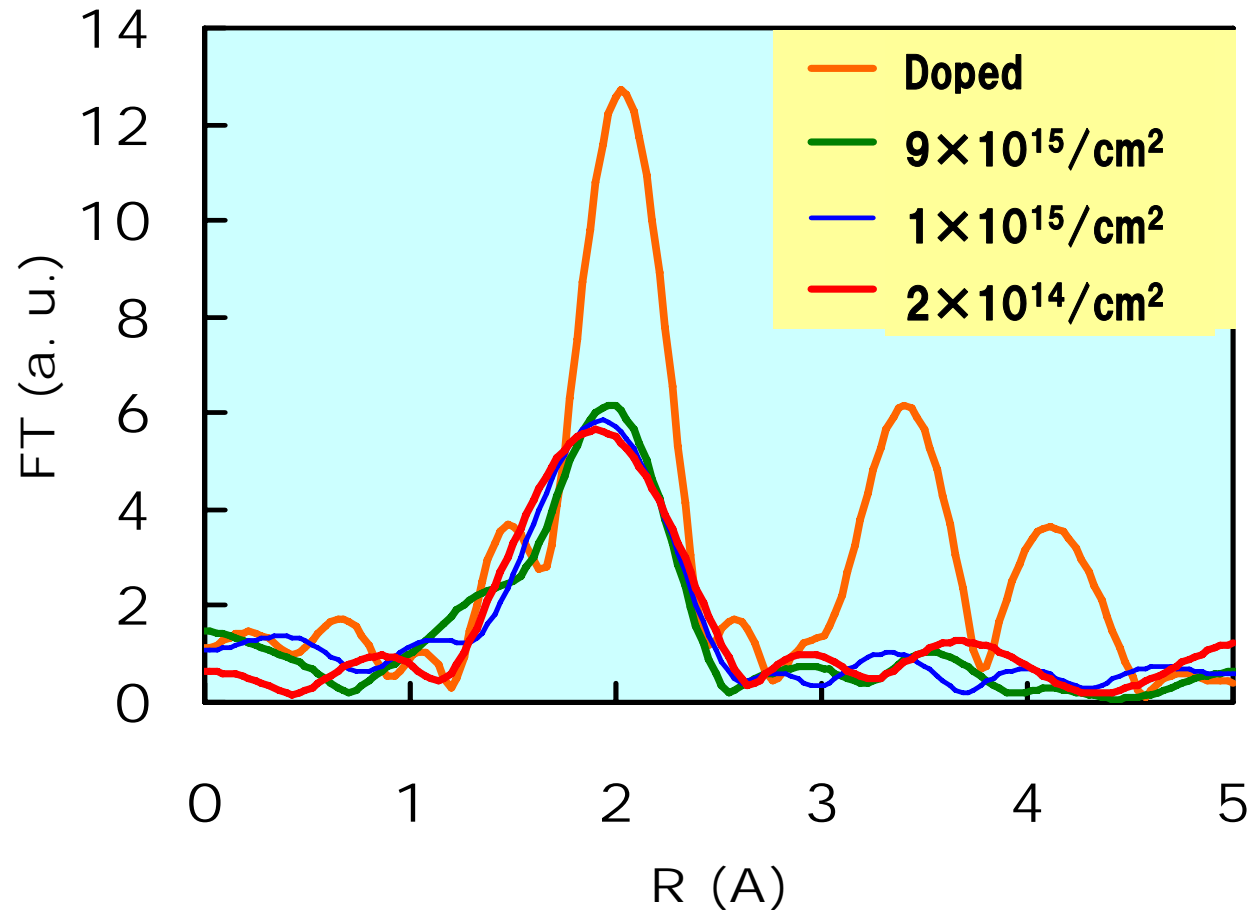
k^3 で重み付けしたEXAFSスペクトル



- ヒ素ドーピング試料において、振動構造が 10\AA^{-1} 以降も認められる。
- ヒ素注入ドーピング量： $\sim 10^{14} / \text{cm}^2$ 以上であれば解析可能であることを確認した。
- 注入試料はドーピング試料と比較して、配位数が減少していることがわかる。

動径構造関数 注入ドーズ量依存性

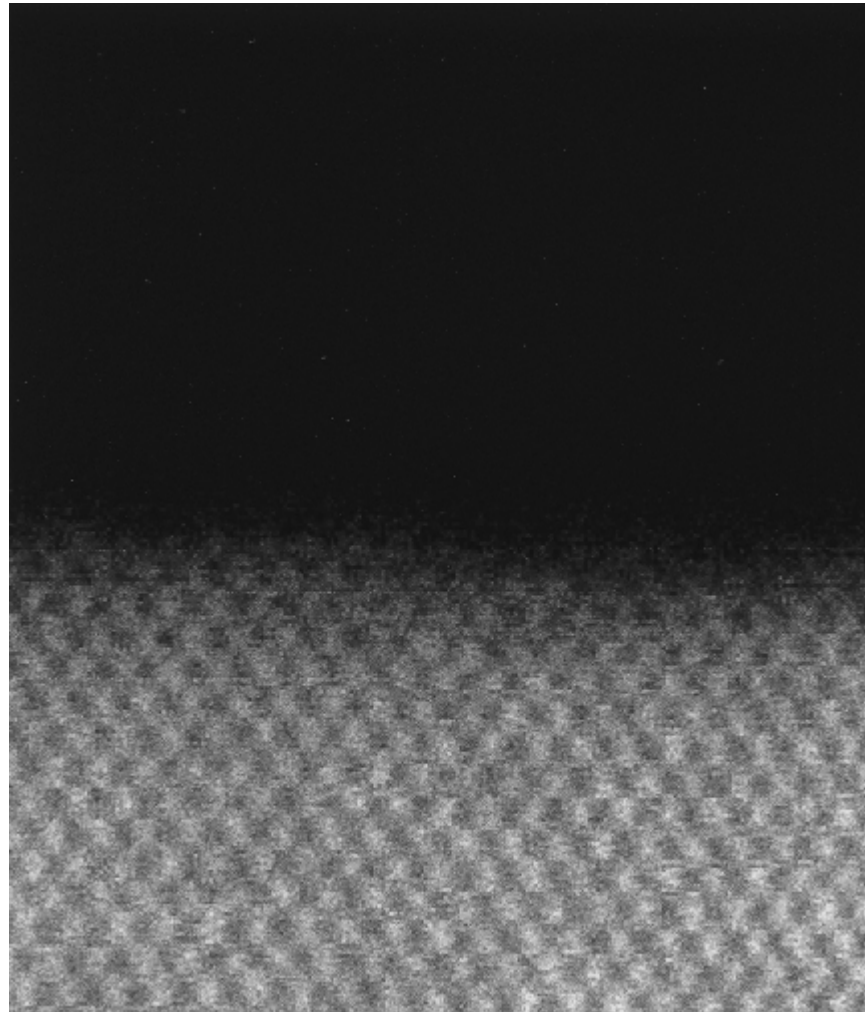
抽出したEXAFS振動のフーリエ変換



- ドーブ試料のみ第2、第3ピークが観測された。
- ヒ素注入試料はいずれもアモルファスである。

TEM (HAADF) 観察結果

ヒ素注入ドーズ量
 $9 \times 10^{15} / \text{cm}^2$



- As析出物に相当するコントラストが確認されなかった。

まとめ

■アンジュレート光源と波長分散検出による高感度な光収量XAFS法を開発した。

蛍

■ヒ素注入ドーズ量が 10^{14} / cm^2 の低濃度の試料でも、EXAFS解析ができた。

■ドーズ量によって、ヒ素周辺の局所構造に変化が

生

➡活性化アニールプロセスの構築に有用であった。