

ディープラーニングを利用した二次電子放出の研究 Study of secondary electron emission based on deep learning system

大阪府立大院 工, ○楠見 将啓, 平井 義彦, 安田 雅昭

Osaka Pref. Univ., College of Engineering

○Masahiro Kusumi, Yoshihiko Hirai, Masaaki Yasuda

E-mail: yasuda@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに

電子線を試料に照射した際の二次電子の生成や散乱は、走査電子顕微鏡の像形成や電子線リソグラフィのパターン形状に関係する重要な現象である。二次電子については、長年にわたって実験やシミュレーションによる多くの研究が行われて来たが、依然として不明な点も多い。例えば、二次電子の最大収率と試料の仕事関数についてはBaroody[1]により相関関係が報告されているが、その正当性についても疑問が残っている。本研究では、ディープラーニングを用いた簡単な二次電子収率の予測システムを構築し、データ科学の観点より二次電子収率について検討した。

システムの概要

二次電子収率を予測するシステムとしてプログラミング言語 Python[2]のライブラリーを用いた単純なニューラルネットワークを構築した。入力する情報は入射電子の加速電圧、試料の原子番号、密度、族、仕事関数などとし、二次電子収率を出力させた。学習用のデータには実験値を集めたJoy[3]によるデータベースを用いた。今回は対象とする試料は金属材料に限定した。Fig.1 に構築したシステムの例を示す。

結果

Fig.2 に結果の例を示す。原子番号 39 以下の試料に対してデータベースを基に学習を行い、原子番号 40 から 49 の試料を対象に二次電子収率の予測を行った結果である。加速電圧は 0.8kV である。入力として上記のすべてを用いたもの (Result1)、上記から仕事関数を除いたもの (Result2)、上記から密度を除いたもの (Result3) の 3 通りで予測を行い、実験値と比較を行った。学習に用いたデータが少ないために二次電子収率の絶対値は実験値から外れているが、上記のすべてのパラメータを入力とした予測結果は原子番号の変化にともなう収率の増減が比較的よく再現出来ている。仕事関数や密度を除外した予測では、モリブデン (原子番号 42) の収率の減少やインジウム (原子番号 49) の収率の増加が再現出来ていない。特に仕事関数を除外した予測は収率の増減が実験値とは大きく異なっており、二次電子収率と仕事関数の相関を示唆する結果となった。

講演では、加速電圧依存性についても報告する。

参考文献

[1] E. M. Baroody, Phys. Rev. **78**, 780 (1950).

[2] <https://www.python.jp/>

[3] D. C. Joy, Scanning **17**, 270 (1995).

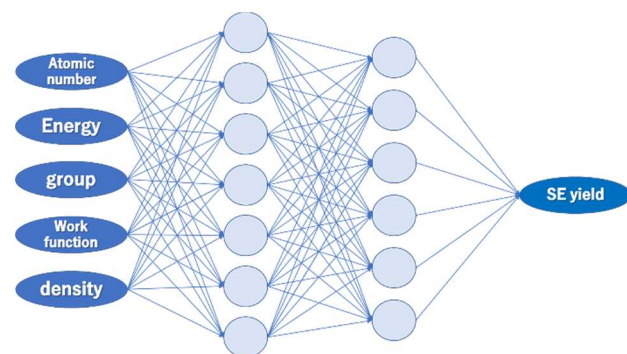


Fig.1 Example of neural network system for Secondary electron (SE) yield prediction.

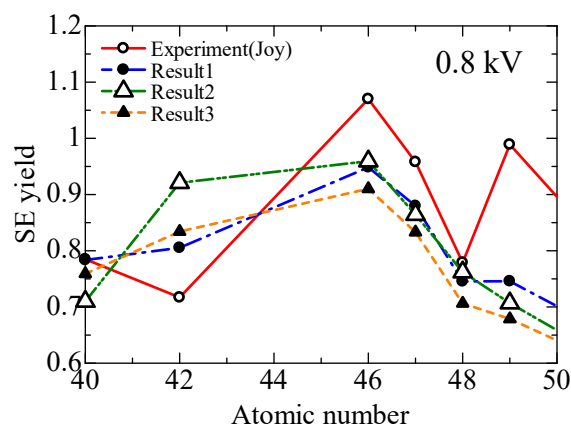


Fig.2 Predicted SE yields as a function of atomic number.