

ALD法を用いて作製したSiO₂膜の表面パッシベーション効果

薄 謙志郎^{1,2}・望月 敏光¹・棚橋 克人¹・高遠 秀尚¹・山口 克彦²

1 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム、2 福島大学

研究の目的

- シリコン太陽電池の高効率化を目指す上で、シリコンウェハ表面再結合を抑制するためにパッシベーション膜の高品質化が求められている。
- 今回、ALD法を用いてSiO₂膜(ALD-SiO₂膜)をシリコン基板上に成膜したあと、各種熱処置を行いそのパッシベーション効果を検討した。
- セルプロセスに用いられる熱プロセスを想定して、N₂アニール処理および電極焼成と同じ条件での熱処理を行い、熱処理がパッシベーション効果に与える影響を調べた。
- シリコン太陽電池におけるパッシベーション膜としてのALD-SiO₂膜の膜厚及びN₂アニール処理条件の最適化を行った。

実験手法

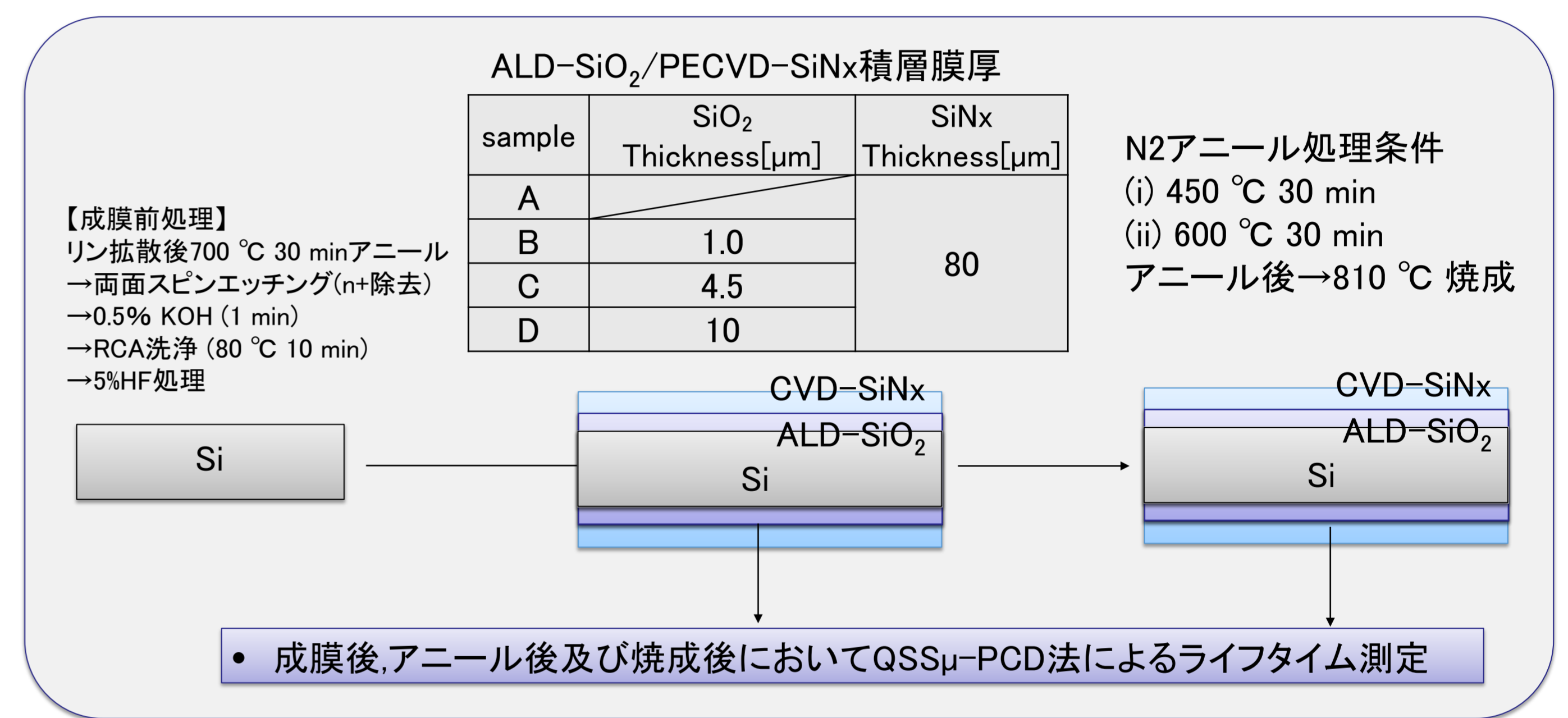
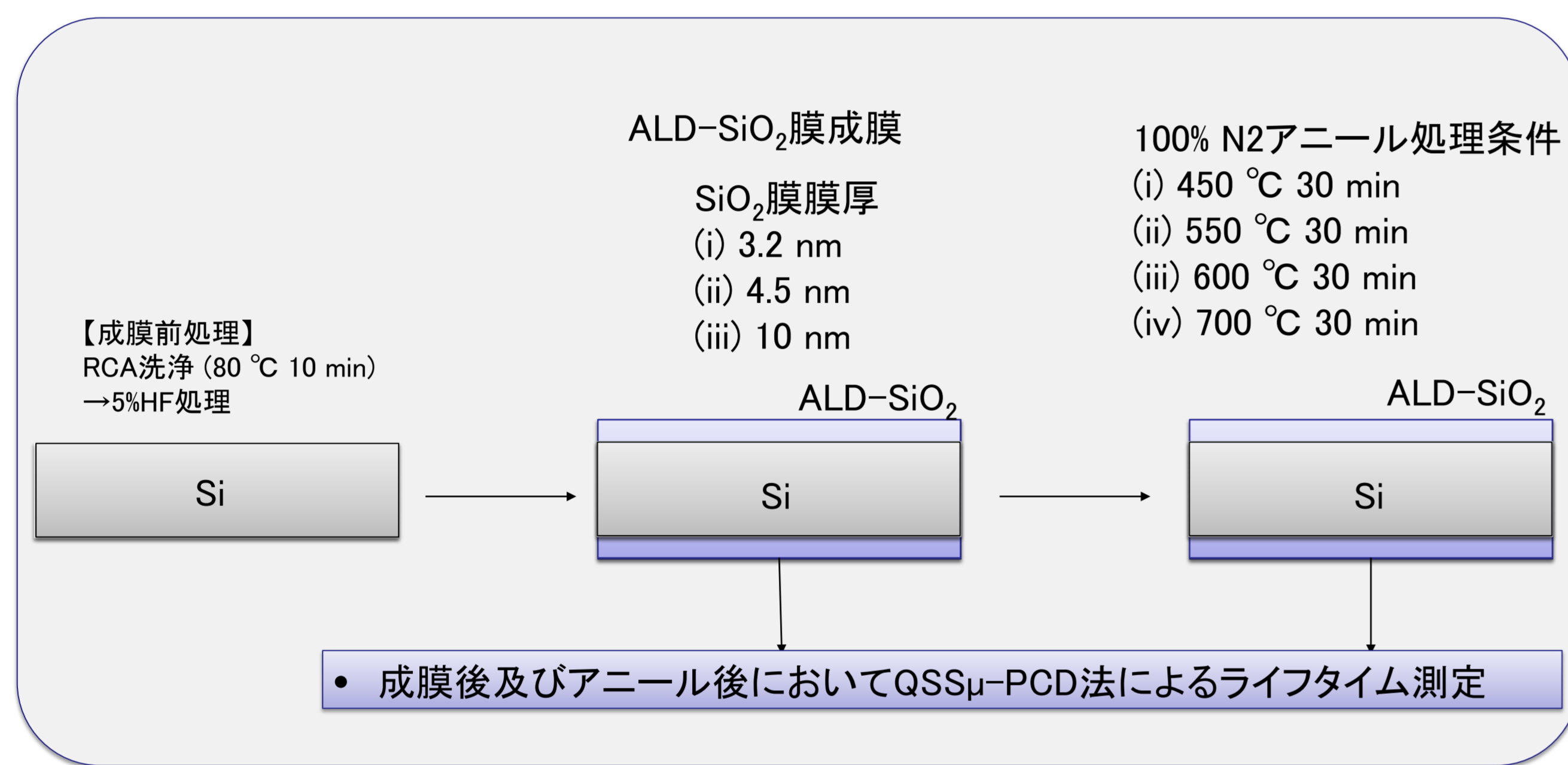
- 表1および表2に示すウェハ、実験手順でサンプルを作製した。
- ALD-SiO₂膜のみ積層させたシリコンウェハおよび、ALD-SiO₂膜上にPECVD法により成膜したSiN_x膜(PECVD-SiN_x)を積層させたシリコンウェハを作成し、成膜時、N₂アニール後及び焼成を行った。
- 作製したサンプルをQSSμ-PCD法を用いたライフタイム測定により評価した。

表.1 ALD-SiO₂膜単層のライフタイム測定に用いたシリコンウェハ

Sample wafers	Surface condition Front/Rear	Thickness [μm]	N _A [cm ⁻³]	Resistivity [Ω cm]
Cz-P	mirror/texture	400±10	1.3E+15	10

表.2 ALD-SiO₂/PECVD-SiN_x積層膜のライフタイム測定に用いたシリコンウェハ

Sample wafers	Surface condition Front/Rear	Thickness [μm]	N _D [cm ⁻³]	Resistivity [Ω cm]
Cz-N	texture/texture	148±2	4.2E+15	1.2



結果・考察

- 図.1にALD-SiO₂膜単層のN₂アニール処理後のライフタイム測定結果を示す。
- N₂アニール処理温度450 °Cにおけるライフタイムは各膜厚とも約20 μs、N₂アニール処理温度600 °Cにおけるライフタイムは各膜厚とも約40~60 μsと2~3倍に増加している。N₂アニール処理温度700 °Cにおけるライフタイムは膜厚10 nmでは120 μsまで増加したが、膜厚3.2, 4.5 nmでは20~40 μsと低下した。
- 図.2にALD-SiO₂/PECVD-SiN_x積層膜の成膜時、N₂アニール処理後、焼成後のLifetime測定結果を示す。
- PECVD-SiN_x膜単層時と比較して、ALD-SiO₂膜とPECVD-SiN_x膜との積層膜にした場合のライフタイムの方が高い値を示しており、ALD-SiO₂膜を積層させたことでシリコンウェハ表面の再結合速度がPECVD-SiN_x膜単層の場合よりも抑制され、表面パッシベーションに有効であることが分かった。
- ALD-SiO₂/PECVD-SiN_x積層膜(厚さ1nmおよび10 nm)の場合、N₂アニール処理温度が600 °Cにおいて450 °Cよりも高いライフタイム値が得られている。この結果はALD-SiO₂膜単層の場合と対応が見られた。また、サンプルB~DのライフタイムがサンプルAと比較して高い値が得られたことから、ALD-SiO₂膜を積層させたことでシリコンウェハ表面の再結合速度がPECVD-SiN_x膜単層の場合よりも抑制されている。
- これらの結果から、PERC型セルなどの太陽電池の表面パッシベーション膜としてSiN_x/ALD-SiO₂/Si構造にすることで変換効率の改善が期待される。

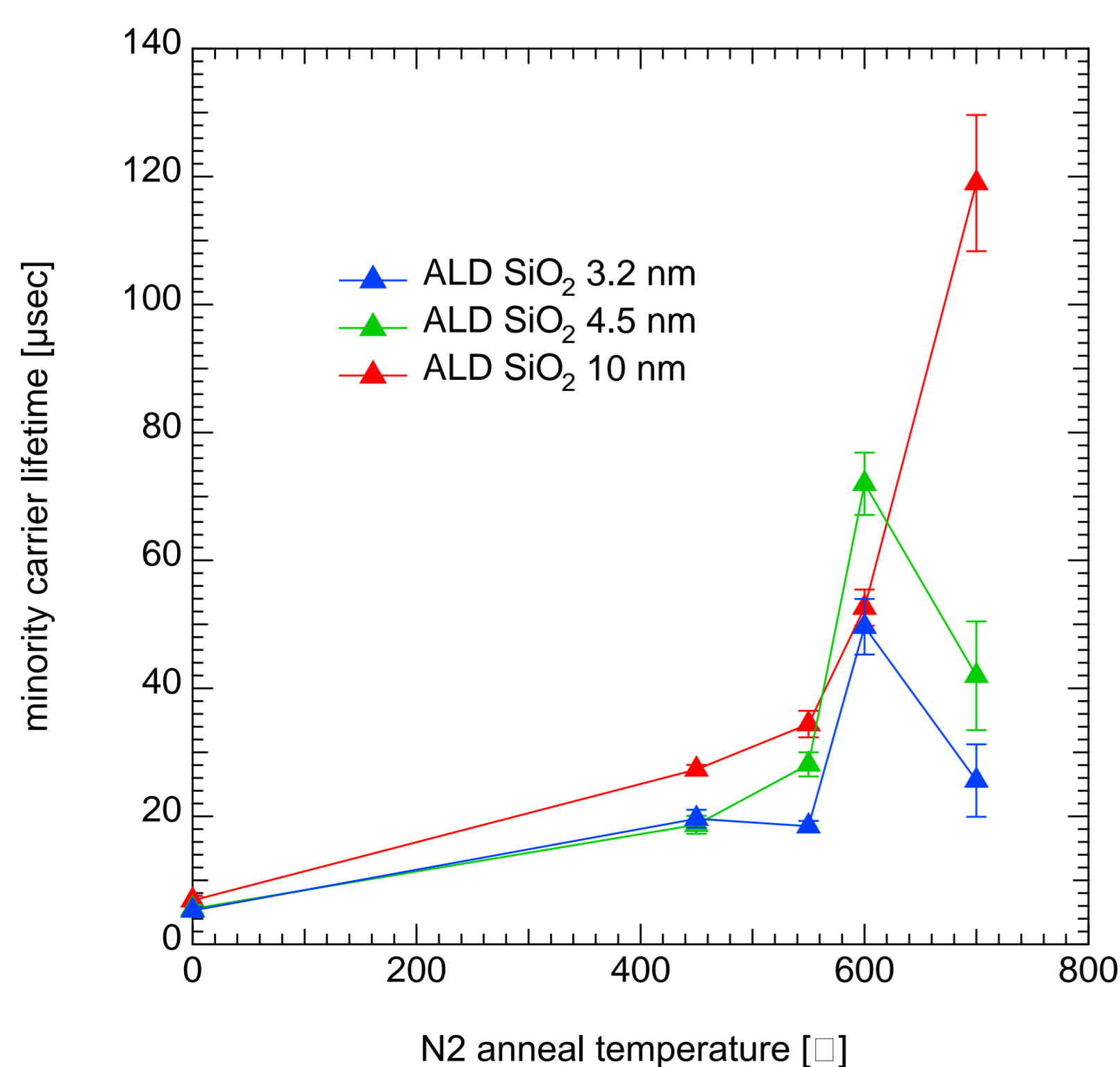


図.1 ALD-SiO₂膜単層膜のN₂アニール処理後のLifetime測定結果

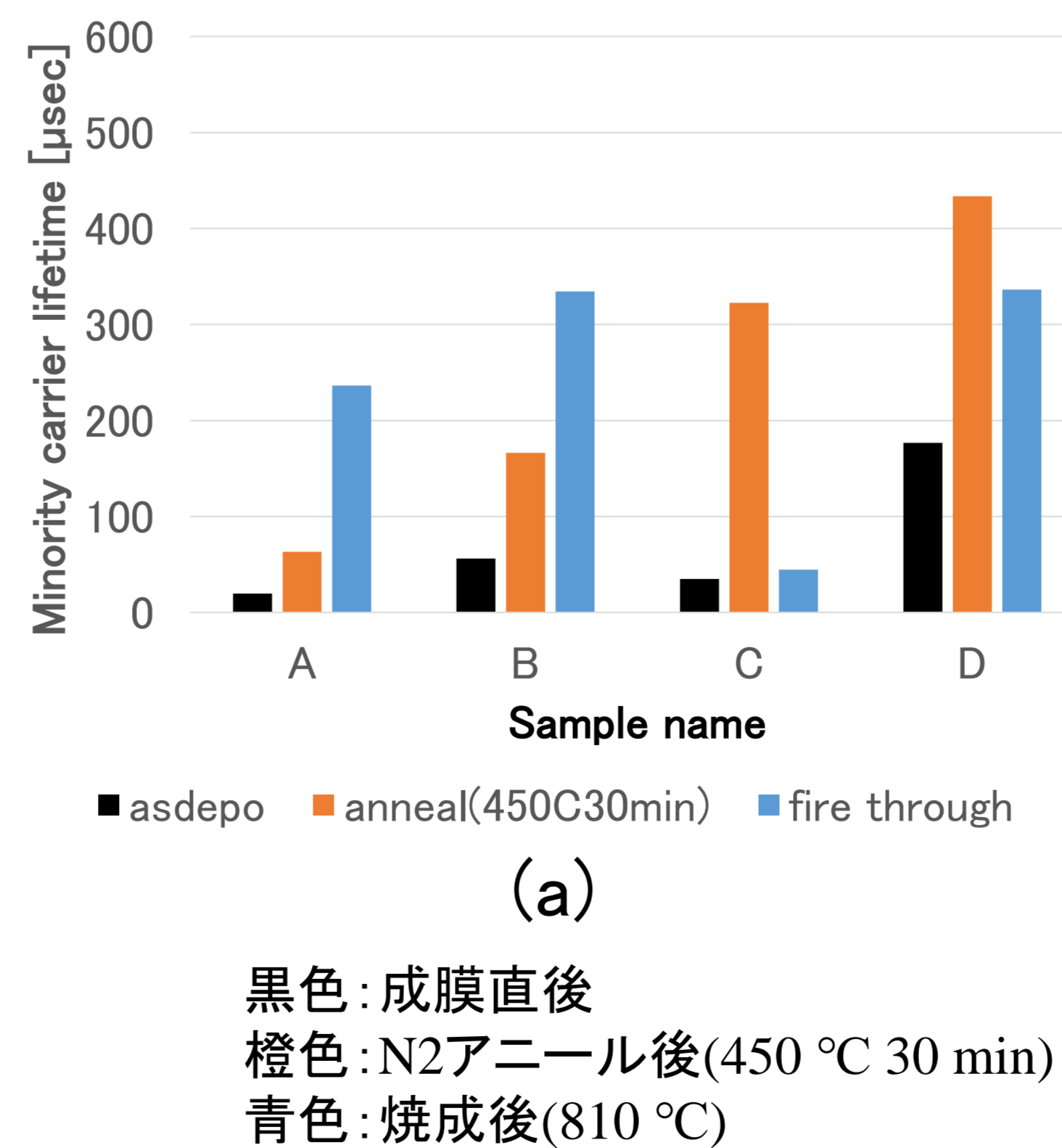
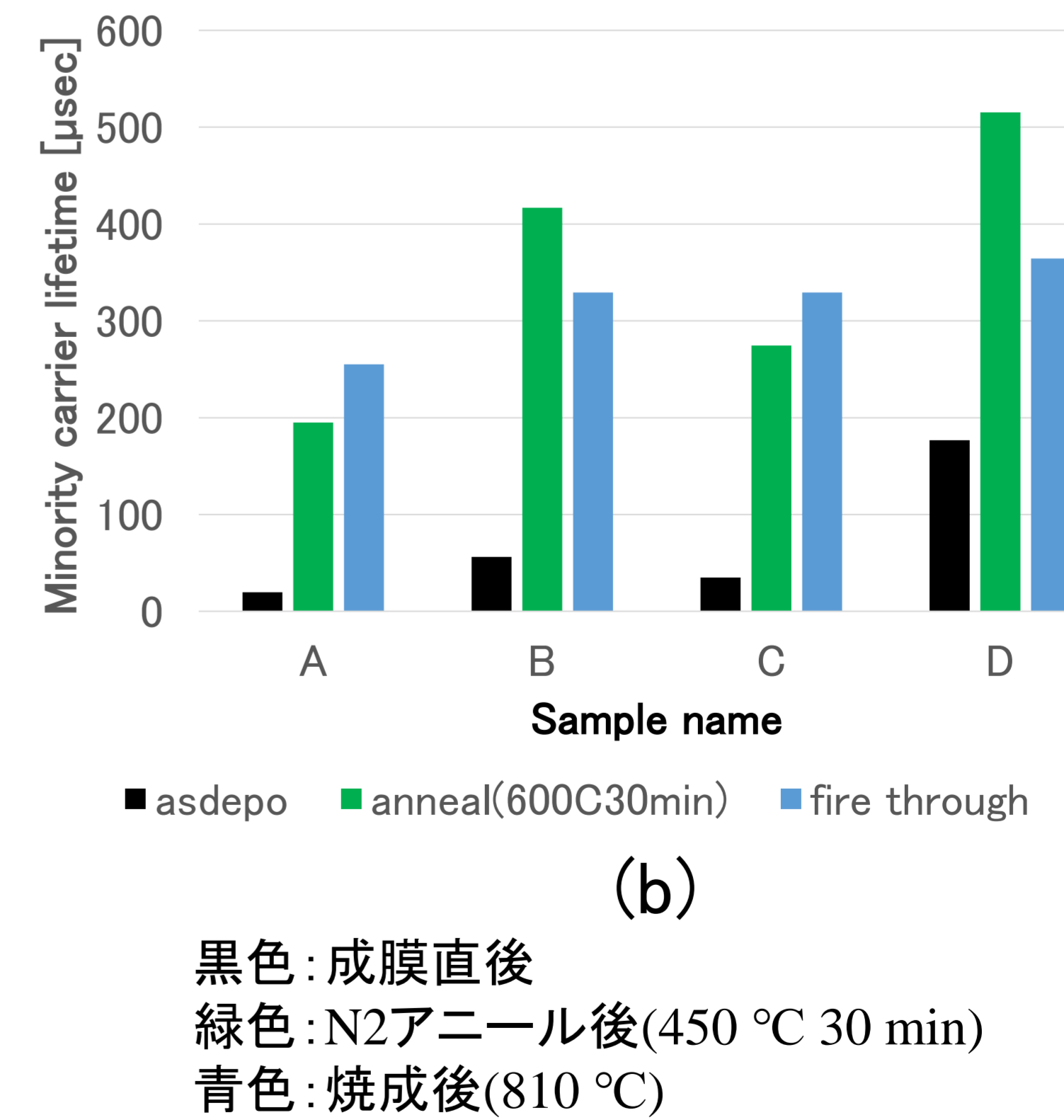


図.2 ALD-SiO₂/PECVD-SiN_x積層膜の成膜時、N₂アニール処理後、焼成後のLifetime測定結果



参考文献

- [1] Vasylyuk et al, "A model for predicting the thermal conductivity of SiO₂-Ge nanoparticle composites", Phys. Chem. Chem. Phys., 2015, 17, 13429-13441
- [2] Sang M Han, et al, "Detection of combinative infrared absorption bands in thin silicon dioxide films", Applied Physics Letters 70(24):3269-3271, 1997
- [3] Luis Fabián Peña, et al, "Atomic Layer Deposition of Silicon Dioxide Using Aminosilanes Disec-butylaminosilane and Bis(tert-butylamino)silane with Ozone", J. Phys. Chem. C 2016, 120, 10927-10935
- [4] Bo Han, et al, "On the Mechanisms of SiO₂ Thin-Film Growth by the Full Atomic Layer Deposition Process Using Bis(t-butylamino)silane on the Hydroxylated SiO₂(001) Surface", J. Phys. Chem. C 2012, 116, 947-952